

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



**Diseño de fábrica de bloques de cemento para aprovechar la cascarilla de
arroz en el departamento de Lambayeque**

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

AUTOR

Valerie Romina Serrano Quevedo

ASESOR

Maria Luisa Espinoza Garcia Urrutia

<https://orcid.org/0000-0002-7527-3834>

Chiclayo, 2025

**Diseño de fábrica de bloques de cemento para aprovechar la
cascarilla de arroz en el departamento de Lambayeque**

PRESENTADA POR

Valerie Romina Serrano Quevedo

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Maximilino Rodolfo Arroyo Ulloa
PRESIDENTE

Carla Mercy Flores Sanchez
SECRETARIO

Maria Luisa Espinoza Garcia Urrutia
VOCAL

Dedicatoria

A mi madre, Blanca Lila, que me apoyó durante todo este recorrido universitario, siendo mi incentivo diario a ser mejor persona y estudiante. En memoria de mi padre, Juan Antonio, que fue el que me motivó a estudiar la carrera de ingeniería industrial, y me acompañó de manera espiritual.

Agradecimientos

Agradecer a Dios, por guiarme en el camino en mi vida académica y brindarme la salud necesaria para seguir. A la ingeniera María Luisa, mi asesora, por su paciencia y su compromiso para conmigo a lo largo del desarrollo del presente artículo.

Diseño de fábrica de bloques de cemento para aprovechar la cascarilla de arroz en el departamento de Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

23% INDICE DE SIMILITUD	22% FUENTES DE INTERNET	7% PUBLICACIONES	10% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	5%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	1%
5	revistas.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	9
Materiales y métodos	15
Resultados y discusión	16
Conclusiones	33
Referencias	33
Anexos	34

Resumen

El presente estudio se enfocó en la evaluación de viabilidad del diseño de una fábrica de bloques de cemento para aprovechar la cascarilla de arroz en la región Lambayeque, en la composición del producto se encontraba la CCA en un porcentaje de 20% de su agregado fino. En primer lugar, se determinó la oferta y demanda del bloque, para encontrar la ventana introductoria necesaria para su comercialización, la cual se enfocó en tomar como mercado el crecimiento porcentual en toneladas del sector de construcción, para ello, se consideró el 20% de esta para la evaluación posterior económica y financiera. Por su parte se analizó la ubicación de la fábrica, evaluando dos regiones como Lambayeque y La libertad, en base a diferentes factores, obteniendo como resultado la región más idónea a Lambayeque en el distrito de Lambayeque, con la finalidad de que el proceso se maneje en un ambiente que permita que sea eficiente y productivo, por otro lado, se realiza la distribución de planta, teniendo en cuenta la tecnología necesaria para la fabricación de los bloques de cemento y asimismo los operarios imprescindibles para cada operación, además, se describió el perfil de cada uno de los puestos de trabajo de la parte administrativa. Finalmente, se ejecutó el análisis económico y financiero dónde se obtiene una tasa interna de retorno de 19,8% y un VAN de S/. 48 841,93, lo que concluye que el diseño de la fábrica de bloques es viable para su desarrollo posteriormente.

Palabras claves: Bloques de cemento, ceniza de cascarilla, viabilidad

Abstract

The present study focused on the evaluation of the feasibility of the design of a cement block factory to take advantage of rice husk in the Lambayeque region; in the composition of the product, CCA was found in a percentage of 20% of its fine aggregate. Firstly, the supply and demand of the block will be determined, to find the necessary introductory window for its commercialization, which focused on taking as a market the percentage growth in tons of the construction sector, for this, 20% of this for subsequent economic and financial evaluation. For its part, the location of the factory was analyzed, evaluating two regions such as Lambayeque and La Libertad, based on different factors, obtaining as a result the most suitable region for Lambayeque in the district of Lambayeque, with the purpose of managing the process in an environment that allows it to be efficient and productive, on the other hand, the plant layout is carried out, taking into account the technology necessary for the manufacture of cement blocks and also the essential operators for each operation, in addition, the profile of each of the jobs in the administrative part. Finally, the economic and financial analysis was carried out, obtaining an internal rate of return of 19,8% and an NPV of S/. 48 841,93, which concludes that the block factory design is viable for subsequent development.

Keywords: Cement blocks, husk ash, viability

Introducción

El arroz desempeña un papel crucial en la alimentación de millones de personas en todo el mundo, siendo cultivado en la mayor extensión de tierra dedicada a su producción. Actualmente, se estima una producción de arroz en cáscara de un total de 502 millones de toneladas, esto implica un aumento del 1,6%, alcanzando así un volumen de 185 millones de toneladas. [1], asimismo, se produce 20% de su peso en cascarilla, desperdicio que, debido a sus propiedades abrasivas y su elevado contenido de cenizas y sílice, oscila alrededor del 18-20% y 15-20% respectivamente, este no es apta para el consumo humano o la alimentación de los animales siendo quemadas de manera descontrolada, ocasionando contaminación al medio ambiente y afectando a la salud humana debido a los gases producidos y las partículas que se mantienen en el aire, o depositadas en botaderos [2].

En el Perú, el stock del año 2020 de arroz llegó a 409 mil toneladas, donde se pudo identificar que los rendimientos por hectárea suceden en las regiones de Arequipa, Ancash, La libertad, Piura y Tumbes con 14 toneladas por hectárea, porcentajes de 11,8%, 10,6%, 8,7% y 8,3% respectivamente [3]. En el 2022 sembraron 379 900,15 ha con un rendimiento de 8, 16 t/ha, produciendo así 2 979 498,77 t de arroz, por lo tanto, generó, 595 899,74 t de cascarilla de arroz como residuo del proceso de pilado [4].

En la región Lambayeque, en el año 2022 se produjo 391 955,6 t de arroz el cual generó consigo 78 391,12 t de cascarilla de arroz, siendo esta cantidad mayor con respecto al año 2021 en un 4,1% de este residuo [4], actualmente, existen 90 molinos de arroz, los cuales se dedican al pilado de este y a su comercialización, siendo considerado el departamento con mayor participación en la agroindustria [5], por ello, es la locación productora en su mayoría de arroz blanco y, por tanto, de su residuo, siendo este abundante y poco comercializado. Por su parte, la cascarilla de arroz es comercializada en diferentes formas, prensada para actividades de granja, no obstante, debido a la abundancia de este residuo gran parte de esta es incinerada principalmente por su constitución físico – química, la cual hace difícil su biodegradación [6], produciendo un impacto nocivo al medio ambiente y a la salud humana, debido a que genera gases que afectan a la atmosfera, asimismo, partículas en suspensión presentes en el aire, los cuales son sancionados por la OEFA basándose Resolución de Consejo Directivo N° 017-2019.

Sin embargo, para aprovechar este residuo, existen diversos estudios que recomiendan su uso en materiales de construcción, esto debido a su contenido de sílice en su composición [7], en donde se encontró al biogás, tipo de energía, la cual es 100% renovable [8], briquetas, producto renovable y ecológico, tiene el objetivo de generar calor [9] y bloques de cemento, están hechos con diversos materiales como el cemento portland, árido y agua [10], obteniendo

como resultado que el mejor producto para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz es el último, ya que, este tiene un mayor porcentaje de utilización, el cual está relacionado con los criterios mencionados como la utilización (20%) y la demanda nacional, donde este destaca. Para ello se evaluó a través del método Analytic Hierarchy Process (AHP) (Anexo 1), que ayuda a la toma de decisiones multicriterio, tomando en cuenta tres aspectos que se creyeron importantes para la elección, estos son: Porcentaje de utilización, precio de venta y la demanda nacional existente. Además, se sabe que esta utilización es viable, debido a su alto contenido de sílice el cual mejora la resistencia a la compresión y durabilidad [11].

Con respecto al sector de construcción se presentó un aumento de producción de un 6,02% en el año 2022 referente a 2021, el consumo interno de cemento y productos similares obtuvo un crecimiento de 2,27%, debido a la ejecución de obras privadas, evidenciando que la demanda de los bloques de concreto dependerá del crecimiento del sector de construcción [12]. Por otro lado, Según el Banco Central de Reserva del Perú, a inicios de 2021 acrecentó el despacho del cemento en un 58,5% interanual, en consecuencia, a la reactivación del sector referente al 2020, después de verse afectado ante la pandemia del COVID-19 [13]. Asimismo, en el 2017, en el censo nacional por INEI, se manifiestan resultados positivos con respecto al crecimiento de viviendas censadas elaboradas con material noble (ladrillo o bloques de cemento), siendo este crecimiento de 43,7%. Es importante destacar que el incremento en el departamento de Lambayeque fue de un 3,7% respecto al censo nacional del año 2007 [14].

Por lo expuesto anteriormente, se formula la siguiente pregunta: ¿En qué medida el diseño de una fábrica de bloques de cemento aprovecharía la cascarilla de arroz en el departamento de Lambayeque?, por ello, la investigación presentada pretende resolver esta interrogante, planteando como objetivo general, diseñar una fábrica de bloques de cemento para aprovechar la cascarilla de arroz en el departamento de Lambayeque, para el logro de ello, objetivos específicos como ,determinar la oferta y demanda de los bloques de cemento a través de un estudio de mercado, realizar el diseño técnico y tecnológico de la fábrica de bloques de cemento y ejecutar un estudio económico, financiero y ambiental del diseño propuesto.

Por último, el trabajo de investigación brinda soluciones para aprovechar la cascarilla de arroz a través del diseño de una fábrica de bloques de cemento, lo que contribuye con la comunidad académica debido a que da a conocer una alternativa para aprovechar este residuo agrícola, además, de convertirlo en un activo económico, por otro lado, favorece al medio ambiente, debido a que la propuesta disminuye la contaminación evitándose la incineración indiscriminada del residuo agrícola, por último, socialmente contribuirá a desarrollar nuevos puesto de trabajo los cuales favorecerán a los pobladores de la región de Lambayeque.

Revisión de literatura

La cascarilla de arroz constituye una parte de la granza de arroz producido por el proceso de pilado del arroz en cáscara traído de las tierras de cultivo. Se ubica en el exterior del grano formada por dos glumas llamadas “palea” y “lemma”, es caracterizada por su naturaleza fuerte y abrasiva, es por ello, no es apta para el consumo humano y animal [15]. Dentro de su composición química, tenemos, carbono (39,1%), hidrógeno (5,2%), nitrógeno (0,6%), oxígeno (37,2%), azufre (0,1%) y cenizas (17,8%).

Este residuo tiene múltiples usos, que incluyen la transformación de biomasa para obtener azúcares convertibles en diversos productos químicos orgánicos, como etanol y furfural. Además, se emplea en la producción de fertilizantes y sustratos para el cultivo de hongos, así como en la fabricación de papel. También se está utilizando en la creación de materiales de construcción, como cemento, bloques y aditivos, entre otros.

En relación con la ceniza, esta se genera como residuo durante la incineración de la cascarilla de arroz. Aunque la composición química de la ceniza de cascarilla de arroz puede variar, suele contener cantidades significativas de sílice y otros minerales. La ceniza de cascarilla de arroz presenta un contenido de SiO_2 en un 91,39%, así como, K_2O en un 2,17% el porcentaje restante incluye CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO y MnO [16].

En el artículo [16] se caracteriza residuos agrícolas y se evalúan su potencial para ser usado como materiales puzolánicos. Este estudio se realizó a través de técnicas experimentales, se prepararon 14 muestras, considerando uno sin ceniza de ningún residuo, y muestras con ceniza entre 10% y 30%, realizándoles ensayos de comprensión y durabilidad. Estos ensayos se realizaron en residuos agrícolas como la cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz, asimismo, se demostró que las cenizas de la cascarilla y de hoja de maíz tienen el potencial necesario para ser usados como sustituto del cemento portland de manera parcial, siendo uno de los factores su gran porcentaje de sílice. Asimismo, para que el producto a elaborar sea de buena calidad, el porcentaje de sílice debe ser alto, lo cual mejora las propiedades y características del cemento, es por ello, que en esta investigación resaltan la ceniza de cascarilla de arroz, como el material de mayor potencialidad, con poco más del 80% de sílice en su composición en comparación de otros materiales como la hoja de maíz, y la ceniza de bagazo de caña, las cuales presentaron en su composición un 48% y 36% respectivamente. Como punto importante se considera que el porcentaje ideal de sustitución de cascarilla de arroz es de 20%, lo que mejora la estabilidad química y la durabilidad del cemento.

Asimismo, en el trabajo realizado por [17], trata acerca del sector construcción y las grandes cantidades de desechos que genera originando un efecto negativo al medio ambiente, es por ello

por lo que en esta investigación se basa en la elaboración de morteros ligeros con cáscara de arroz. Se realizó el análisis foliar y de conductividad eléctrica de la cáscara de arroz, además de realizar un ensayo granulométrico de la arena, asimismo, determinó la fluidez del mortero (índice el aumento porcentual en el diámetro de la base de un cono truncado de mortero). La metodología utilizada es experimental, ya que se manipula las dosificaciones volumétricas de los morteros, como la variabilidad de la arena, la ceniza de cascarilla de arroz y el agua. En relación con la producción de morteros, se evaluó el contenido de agua, incluyendo la absorbida por la ceniza de cascarilla y la necesaria para alcanzar la plasticidad requerida para el moldeado. Se establecieron las siguientes proporciones para los diferentes morteros. Como resultado, se obtuvieron morteros ligeros con densidades en el rango de 1,1 a 1,3 g/cm³ y resistencias mecánicas que oscilan entre 2 y 4 MPa. Se concluye que las cenizas de cascarilla de arroz pueden utilizarse como sustitutos parciales del cemento Portland en la elaboración de morteros.

Además, [18] tiene como objetivo analizar diferentes residuos no aprovechados en la elaboración de bloques ecológicos para poder implementarlo en el sector construcción. Teniendo como metodología ensayos experimentales con la adición y mezcla de la cascarilla de arroz con el cemento, la arena y el agua, siendo utilizado del 10 al 40% del total de cemento utilizado. En la cual, se obtuvo mejores resultados con la cascarilla de arroz al 10% ya que en términos de rendimiento es la mejor opción, asimismo, está compuesto por celulosa, lignina y materia orgánica, lo que lo hace muy bueno para el uso en bloques de cemento, porque es muy resistente al desgaste, permitiéndoles ver como una alternativa de reutilización de residuos, además de las ventajas medioambientales que tiene el uso de la ceniza de cascarilla. Se concluye que, los beneficios del aprovechamiento de los residuos permiten reducir el impacto sobre el medio ambiente de los transporte y procesamiento de materiales, disminuir el costo de proyectos para áreas de depósito de residuos y compra de nuevos materiales, mejorar la imagen pública de empresas y organizaciones que reducir la producción de residuos y conservar el área que se destinaría a su depósito para otros que no se puede reutilizar.

Hilas y Pérez [19] prueban de manera experimental la influencia de la ceniza de cascarilla de arroz en el diseño de los ladrillos alveolares, esta investigación se realizó mediante diversas pruebas a 48 ladrillos los cuales fueron elaborados con diferentes proporciones de ceniza de cascarilla de arroz como 0%, 3%, 6% y 9%, donde se aplicó fichas técnicas como instrumentos, los resultados fueron favorables con respecto a la muestra del 3% de ceniza de cascarilla de arroz donde visualizó una mejor resistencia con un promedio de 95,35 kg/cm², y una absorción de 16,32% y finalmente un costo de S/ 44,79 por m², evidenciando la viabilidad de estos ladrillos y además el mejoramiento de sus propiedades mecánicas del ladrillo ecológico.

Mafla [20] menciona la demanda del cemento Portland para la construcción de diferentes edificaciones, además, del interés que existe por los materiales que mejoren sus propiedades funcionales y reduzcan sus costos de producción, por ello, estudia a la ceniza de la cascarilla de arroz, la cual cuenta con SiO_2 en su composición química. La metodología empleada en este estudio es el método descriptivo, el cual es el más utilizado en cuanto a analizar, organizar y presentar los resultados luego de las indagaciones recopiladas durante un determinado periodo de tiempo.

Este componente fue obtenido a través de un proceso de reflujo, que separó la parte orgánica e inorgánica de la cascarilla, asimismo, realizó ensayos mecánicos con respecto a la resistencia a la compresión, por su parte consideró que el mejor porcentaje para la adición de la ceniza de la cascarilla de arroz es de un 5 – 10% del peso del cemento, proporción que mejora notablemente la resistencia y calidad de los productos a base de cemento, como el aumento de la resistencia a la compresión. Por último, concluyó que la cascarilla de arroz puede usarse como alternativa de construcción siempre y cuando esta sea tratada químicamente.

Por otro lado, [21], desarrolló un estudio con la finalidad de reducir costos en la fabricación del hormigón, mediante diversas proporciones de la ceniza de la cascarilla de arroz, reforzadas con 1,5% de fibra de polipropileno y 0,5% de fibra de yute. Por su parte, los resultados, señalan que la proporción de reemplazo puede ser hasta un 10% del peso de la mezcla, esto debido a que si se adiciona más de esta cantidad puede ocasionar un desplome en los valores de resistencia, también, comparan el hormigón reforzado y el que se desarrolló, obteniendo valores de deflexión menores. Por lo tanto, se concluye que se puede reemplazar la utilización de minerales dentro de la fabricación, ya que, otorgan un aumento en las propiedades del hormigón, como una elevada resistencia a la compresión y permeabilidad al agua del producto hasta 15% porcentaje siendo este comparado con el hormigón reforzado y no afectando a sus propiedades mecánicas, sino mejorándolas.

Los bloques de cemento son productos creados mediante la combinación de cemento, agregados y agua, con la finalidad de construir muros o paredes. Estos se emplean en sistemas constructivos como la mampostería o la albañilería. El producto principal de este estudio de mercado es el bloque de cemento, el cual estará compuesto de manera parcial con respecto al agregado fino en un 20%, asimismo, este será un bloque no portante, perteneciente a la familia de bloques no estructurales (bloque 9), y tendrá características como, peso (9,5 kg), resistencia a la compresión ($40,8 \text{ kg/cm}^2$), absorción (<15%), unidades por m^2 (12,5).

Se distinguen dos categorías de bloques: los no portantes, empleados en muros diseñados para soportar únicamente su propio peso y cargas horizontales perpendiculares a su plano, y los

portantes, capaces de sostener directamente las cargas de techos y entresijos. Es importante señalar que la resistencia a la compresión de los bloques portantes supera la de los ladrillos huecos utilizados en cerramientos [23].

El bloque de cemento es un material de construcción versátil y ampliamente utilizado en proyectos de construcción de todo tipo, sin embargo, por su tipología, este producto será usado en mayormente para muros no portantes lo que significa que son usados preferentemente como divisorios internos o de fachada, por lo tanto, son utilizados preferentemente en tabiques divisorios, ya que, no soportan cargas adicionales, solo las que corresponden a cargas bajas [24]

Mattey *et al.* [22] presenta como objetivo crear una aplicación destinada a la ceniza de cascarilla de arroz generada a través del proceso de combustión en una empresa arrocera La Esmeralda. Determinan la factibilidad de la elaboración de bloques en concreto a partir de la ceniza de cascarilla de arroz, a través de ensayos experimentales de las proporciones que debería tener la mezcla para que este bloque sea mecánicamente viable, encontrando así que la cascarilla de arroz permitiría el reemplazo de hasta un 20% del agregado fino de la mezcla, logrando incluso mejores resultados con respecto a la resistencia de productos similares. Concluyendo que, mejora las propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión y la durabilidad del producto, resultando en bloques de cemento más fuertes y resistentes a las condiciones ambientales, además, La adición de cenizas de cascarilla de arroz puede ayudar a reducir la retracción del concreto durante el proceso de fraguado y curado. Esto es beneficioso para prevenir grietas y mejorar la durabilidad a largo plazo de los bloques de cemento.

Asimismo [25] trata sobre el impacto que generan los residuos de la industria molinera, como la cascarilla de arroz. Por ello, se tuvo como objetivo evaluar el potencial uso en reemplazo parcial del ligante en bloques de cemento, en la cual se hizo una evaluación en la resistencia, compresión al aire y absorción de agua. El programa experimental se basó en la producción de bloques con dos tipos de cemento (CPIV y CPV-ARI) y tres niveles de sustitución de este, por CCA: 5; 10 y 15%. Los resultados encontrados indicaron que la sustitución parcial de diferentes aglutinantes por ceniza de cascarilla de arroz (CCA) resultó en un material que cumple con los requisitos de las normas brasileñas, lo que posibilita su uso, dando un sesgo sustentable al residuo. Por lo tanto, haciendo una síntesis se comprobó que el reemplazo parcial del cemento Portland por la cascarilla de arroz tuvo cambios significativos en el comportamiento mecánico (resistencia a la compresión) así como el comportamiento físico (absorción de agua), cumpliendo con los requisitos brasileños, habilitando el uso de un sesgo sostenible al residuo, el cual es descartado en el ambiente.

En el trabajo de investigación [26] tiene como propósito realizar una revisión sistemática sobre la influencia de la cascarilla de arroz en la incorporación de bloques de cemento, además, se enfoca a incentivar la valorización de ladrillos elaborados con residuos agrícolas. Este trabajo se realizó mediante la revisión de literatura de las propiedades físicas y mecánicas de bloques de suelo de concreto elaborado a partir de la cascarilla de arroz, donde se logró recolectar y evaluar los alcances experimentales de diversos estudios. Por otro lado, al realizar las comparaciones, se encontró que los bloques de cemento que contenían un porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz aumentan la resistencia a la compresión, debido a la actividad puzolánica contenida en la ceniza de este residuo, por tanto, se demuestra que es factible técnica, económica y ambientalmente ser utilizado en la producción de mezclas de construcción.

En cuanto a los requerimientos de calidad, según la norma E.070 albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, artículo 5,2 para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas. Asimismo, existen dos normas vigentes las cuales permitirán su clasificación (Anexo 2).

En la investigación [27] en la producción de bloques de concreto no estructural, se incorporaron desechos agroindustriales. Se crearon bloques ecológicos sustituyendo un porcentaje de cemento con cascarilla de arroz, ceniza de cascarilla y ceniza volante, en proporciones del 10%, 15% y 20%, mientras se mantenía constante la cantidad de agua y arena. Como metodología se seleccionó los porcentajes de las adiciones y los días de curado para la construcción de los bloques de cemento. Una vez seleccionada las adiciones en reemplazo del cemento, se realizan los ensayos de densidad, masa unitaria, absorción, granulometría y contenido de humedad con el fin de saber si tiene las propiedades necesarias y optimas. Teniendo como resultados que los bloques de cascarilla de arroz presentan un mayor porcentaje de compresión en un 15%. A partir de este trabajo se logró obtener bloques de concreto no estructurado con densidades promedio de $1,30 \text{ g/cm}^3$, que presentan resistencias mecánicas que varían entre 0,358 y 1,439 MPa, siendo una alternativa para la reducción de cemento en la elaboración de bloques de cemento.

Por su parte, diversos estudios han probado que la producción de bloques de cemento tiene importantes limitaciones sobre todo en el aspecto ambiental, en el artículo [28] una de las principales es el elevado consumo de cemento y su producción la cual es asociado a las altas emisiones de dióxido de carbono lo cual impulsa la búsqueda de soluciones sostenibles como lo son los residuos industriales, los cuales permiten reducir costos y mitigar el impacto ambiental sin involucrar la calidad del producto final.

En el trabajo de investigación [28] tuvo como finalidad evaluar el uso de residuos como la cascarilla de arroz, para ser usado como aditivo en la elaboración de bloques en la construcción. En primera instancia se verificó la cantidad generada de este residuo dentro del cantón Rocafuerte en una semana, asimismo se usó una metodología experimental, la cual se desarrolló a través de muestras de dosificación de diferentes proporciones de ceniza de cascarilla de arroz (25%, 50%, 75% y 100%), por otro lado, estas muestras se sometieron a diversos ensayos de comprensión y resistencia a través de software, al realizarse las pruebas correspondientes después de 28 días de curado del bloque, se obtiene como resultado que la dosificación que tiene como sustitución una proporción de 25% es la que demuestra una mayor resistencia (36 kg/cm²), lo que concluye que el bloque cumple con los parámetros necesarios para ser usado como material de construcción. Asimismo, mejora la resistencia al concreto a la corrosión, lo cual es importante, ya que existen aplicaciones en las cuales los bloques de cemento están expuestos a ambientes agresivos.

Materiales y métodos

La investigación propuesta se desarrolló con un enfoque cuantitativo de carácter descriptivo – correlacional [29], además, es no experimental con diseño transversal, debido a que para la realización de la propuesta de diseño se recolectará datos de documentos histórico-estadísticos a fin de determinar la viabilidad del proyecto. Dentro de la población se encuentra todo aquel documento que contiene información que beneficiará el estudio del proyecto, asimismo se considerará como muestra artículos científicos, implementaciones referidas al diseño con una antigüedad no mayor a 10 años y que sean de fuentes confiables.

Se realizó un estudio de mercado basado en búsqueda de documentos para el análisis de datos históricos que demuestren la oferta y demanda de bloques de cemento a nivel nacional, por ello, la demanda se basó en las importaciones y exportaciones de bloques de cemento en el portal de TRADEMAP [30] sumando el porcentaje de crecimiento del sector construcción en el Perú recolectados del portal de Banco Central de Reserva [31], con respecto a la oferta, se tomó los resultados de la demanda antes de la suma del crecimiento económico, cabe recalcar que para las proyecciones necesarias para realizar el estudio se usó el método de regresión lineal [32], por otro lado, para la definición del producto, fue necesario comparar diferentes artículos experimentales de diversos portales de revistas académicas como SCIELO Y SCOPUS [33].

Para el diseño de la fábrica de producción de bloques de cemento se deberá tener en cuenta el marco normativo de los parámetros del sector construcción, para ello, se realizó una búsqueda de documentos bibliográficos que ayudarán al fin de bajo el criterio de análisis documental,

en consecuencia se eligió los parámetros adecuados con el fin de evitar sanciones más adelante, en segundo lugar, se tomó en cuenta la utilización de la cascarilla de arroz, para este procedimiento se hizo la búsqueda de artículos científicos experimentales dónde demuestre que el proyecto es factible para su producción, además, se usará los métodos de Guerchet [34]. para la correcta distribución de los espacios que se utilizarán para cada etapa del proceso productivo, asimismo, es imprescindible conocer el proceso productivo de los bloques de cemento.

Por último, se realizó un estudio económico con respecto a la viabilidad del diseño para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz, dónde se evaluó la utilidad con respecto a los costos y gastos financieros, asimismo, se hizo una comparación en referencia al uso actual de la cascarilla de arroz dentro del departamento de Lambayeque esto a partir de tablas de costos que cuantificó cada uno de los valores mencionados a partir de indicadores como el VAN, TIR y TMAR [35]. Por su parte, los costos y gastos considerados serán resultado de la búsqueda de gastos similares para la instalación de la fábrica, por otro lado, se realizará un estudio ambiental para determinar el impacto que generará el diseño propuesto a través de la matriz de aspectos e impactos ambientales basadas en la ISO 14001 [36] la cual definirá el impacto de la instalación.

Resultados y discusión

Resultados

Estudio de mercado de los bloques de cemento

En la presente investigación, el producto principal fue el bloque de concreto con ceniza de cascarilla de arroz como aditivo para mejorar sus propiedades.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del bloque

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO
	39 cm	9 cm	19 cm
TEXTURA	Liso - Rústico		
PESO SECO	9,5 kg		
RENDIMIENTO	12,5 und / m ²		
RESISTENCIA	40,8 kg / cm ²		
MÓDULO DE ROTURA - Promedio	10 MPa		
MÓDULO DE ROTURA - Unidad	7 MPa		
ABSORCIÓN DE AGUA	máximo 15%		
TOLERANCIAS	LONGITUD	± 2 mm	
	ALTO	1% máximo	
	ANCHO	1% máximo	

Fuente 1. NTP E.070

Dentro de sus especificaciones se toma como referencia al bloque no portante, dentro de sus características técnicas, se encuentran las dimensiones las cuales serán 39 cm x 9 cm x 19 cm, tendrá una textura lisa y su peso de 9,5 kg, además es elaborado con ceniza de cascarilla de arroz la cual representará el 20% del agregado fino de la mezcla [16]. Asimismo, estos bloques de cemento se venderán por millar y se comercializará el bloque estándar, a nivel nacional en transporte terrestre.

Ahora bien, este producto además de mejorar las propiedades como la resistencia y la durabilidad y ayudar a la reducción de contaminación ambiental, reduce el costo de su producción. Sin embargo, en el ámbito de la construcción, hay una variedad de productos fabricados con diferentes materiales, en la cual el consumidor puede optar para elegir en su construcción, como, el drywall, ladrillos de arcilla, y productos prefabricados como madera, paneles, etc [37].

Se seleccionó a Perú como mercado ideal debido a que ha experimentado un crecimiento económico sólido en los últimos años, lo que ha llevado a un aumento en la demanda de construcción y materiales de construcción. El sector de la construcción en el país se ha expandido considerablemente, lo que implica una mayor necesidad de bloques de cemento para proyectos residenciales, comerciales e infraestructura. Asimismo, Perú destaca como uno de los principales productores de arroz en América Latina, lo que implica un suministro continuo de cascarilla de arroz, un subproducto del procesamiento del arroz. La utilización de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de cemento presenta una huella de carbono reducida en comparación con los bloques convencionales, generando interés y demanda tanto entre los consumidores como en empresas que priorizan la sostenibilidad.

Entre los elementos que podrían restringir la comercialización se incluye la aceptación del producto, que posibilita alinear la oferta con la demanda y mejorar la propuesta de valor. Asimismo, se considera la competencia ya establecida en el mercado y la aparición de productos similares. Dado que la sostenibilidad es fundamental en el sector de la construcción, existe una amplia gama de productos que buscan satisfacer las mismas necesidades.

Conforme el paso de los años, en Lambayeque el uso de materiales nobles (ladrillo o bloque de cemento y piedra o sillar con cal o cemento) ha incrementado en un 9,5% con respecto al censo 2007, el cual es usado por viviendas particulares, exactamente para el uso de paredes exteriores, por ende, la demanda de bloques de cemento por parte de los clientes ha ido incrementando a comparación de otros materiales de construcción, como se puede observar en el anexo 3 , lo cual son datos obtenidos del censo realizado por la INEI [38].

La demanda histórica está enfocada en el crecimiento del mercado, asimismo, se presenta la producción, importación y exportación de los diferentes tipos de bloques de cemento durante el periodo comprendido entre el 2017 y 2021 con la partida arancelaria 68101100 la cual corresponde a bloques y ladrillos de cemento u hormigón.

Tabla 2. Demanda nacional (2017 hasta 2022) en toneladas

Demanda Nacional 2017 - 2022 (Toneladas)					
Año	2017	2018	2019	2021	2022
Producción	311 263	357 604	396 125	407 260	437 594
Importaciones	2 966	2 390	4 016	9 376	1 305
Exportaciones	76	4 204	2 924	1 865	63
Total	314 153	355 790	397 217	414 771	438 836

Fuente 2. Trademap [30] Midagri [5]

Por otro lado, se tomó como método de proyección la regresión lineal, debido a que permite calcular el promedio en una serie de tiempo gracias a un mecanismo de autocorrelación de modo que busque y ajuste los futuros datos en base a la data histórica. En donde se obtuvieron resultado que demuestra que la demanda estará en constante crecimiento, teniendo un coeficiente r aceptable con un valor de 0,947, por otro lado, se usaron porcentajes de crecimiento del sector de construcción para que se obtenga un resultado más cerca de la realidad.

En cuanto a la oferta histórica se toma como referencia la demanda, debido a que la oferta y demanda son iguales, por ello, esta se toma, sin considerar en la proyección los porcentajes de crecimiento, los cuales serán la ventana de introducción del producto presentado. De la misma manera que la demanda, la oferta se tomó como método de proyección la regresión lineal la que demuestra, así como la demanda un crecimiento constante en los próximos 5 años (Tabla 6). Por otro lado, es necesario identificar los competidores directos como oferta.

Tabla 3. Principales empresas con producción nacional

Empresa	Producción (und)	% Participación
LADRILLERA MAXX S.A.C	21 268 661	82%
TRANSPORTES ALAMEDA WORLD S.A.C	3 371 860,89	13%
LADRILLERA J MARTORELL SA	1 296 869,57	5%

Fuente 3. Siicex

La demanda insatisfecha se calculó como la diferencia entre la demanda y la oferta proyectada. Por lo tanto, según la tabla 9, se evidencia que tanto la demanda como la oferta aumentarán a un ritmo similar, indicando que la demanda insatisfecha crecerá de manera constante y ofrecerá una oportunidad comercial para la introducción del producto.

Por otro lado, la demanda del proyecto será calculada teniendo en cuenta que el porcentaje que se tomará de mercado será del 20%, basándonos en que no existe limitaciones por parte de la materia prima para la producción estimada, además de un incremento anual del 2%, el cual se irá ganando con la calidad del producto y la confiabilidad que se generará en el cliente.

Tabla 4. Demanda del proyecto (toneladas)

Años	Periodo	Demanda proyectada	Oferta proyectada	Demanda Insatisfecha (proyectada)	Porcentaje de participación 20%	Incremento anual 2%
2024	7	497 778	476 658	21 120	4 224,01	4 308,49
2025	8	534 963	507 492	27 470	5 494,08	5 603,96
2026	9	567 741	538 327	29 414	5 882,82	6 000,48
2027	10	602 025	569 162	32 863	6 572,62	6 704,07
2028	11	636 116	599 996	36 120	7 223,96	7 368,43

Fuente 4. Elaboración propia

Por otro lado, es necesario considerar la disponibilidad de la cascarilla de arroz durante los años, por ello, se toma en cuenta los años anteriores como referencia para la evaluación. Al calcular la generación de cascarilla de arroz (CCA) y compararlo con lo que se necesitará para los bloques de cemento (20%) (Tabla 5), se verifica que si se puede cumplir con la demanda proyectada. Con respecto a los precios de los bloques y ladrillos de construcción de cemento ha presentado variaciones en los últimos años, asimismo, se tiene que en el año 2019 hubo un incremento del 11,67%, pero para el 2020 decreció por motivos de la pandemia COVID – 19, que en este sector aún no ha podido estabilizarse.

De la misma manera la proyección del precio se realiza con el método de regresión lineal, se obtuvo que los precios irán disminuyendo paulatinamente tal como se puede apreciar en la tabla 9, asimismo se determina un método viable porque su coeficiente r es de 0,88.

Seguido con la planificación de venta; se toman los valores pronosticados tanto para la demanda del proyecto como para los precios pronosticados realizando su cambio a soles, con el mismo método aplicado, ya antes mencionado desde el periodo 2024, asimismo, se considera que la venta será por millares de bloques.

Tabla 5. Programa de ventas anuales estimadas

Años	Millares	CA necesitada para cumplir con la demanda (t)	Valor unitario S/ /millar	Ventas (S/)
2024	453,53	416,40	2 432	1 102 973,20
2025	589,89	541,60	2 356	1 389 783,14
2026	631,63	579,92	2242	1 416 112,57
2027	705,69	647,92	2 128	1 501 712,54
2028	775,62	712,13	2 052	1 591 581,87

Fuente 5. Elaboración propia

El presente proyecto se enfocará en la distribución a nivel local, es decir, en la región Lambayeque. La distribución de los bloques de cemento se realizará de la siguiente forma, mediante los siguientes canales:

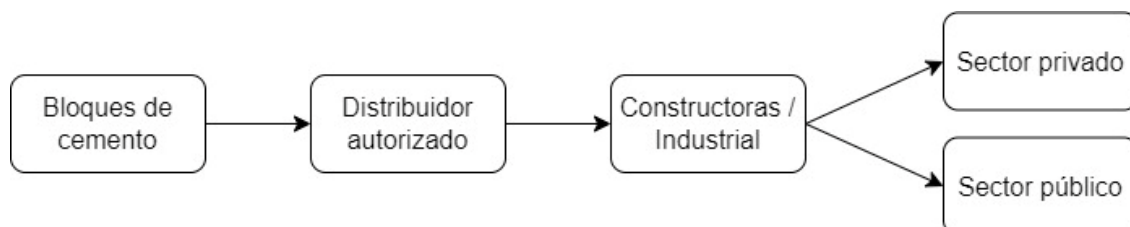


Figura 1. Sistema de distribución del producto

Fuente 6. Elaboración propia

Para la introducción del producto dentro del mercado, la acción comercial será llevada a cabo con las ventas personales, enfocándose sobre todo en las constructoras, es decir, manejar un equipo comercial calificado que tenga el primer contacto con el público objetivo, además, se pondrá en práctica la fidelización, ya que se llevará a cabo el aseguramiento de la utilización de los bloques de forma óptima a través de capacitaciones por el equipo ya mencionado.

Se determina la viabilidad comercial de la introducción del bloque de cemento para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz, lo cual se refleja en la demanda insatisfecha. Se observa que la oferta actual no cubre completamente los despachos de este producto. Además, la proyección de la demanda y el plan de ventas indican que la instalación de una planta de bloques es factible, ya que cumple adecuadamente con la mayoría de los indicadores seleccionados. También, presenta una demanda con una tendencia positiva para el próximo periodo de producción, lo que sugiere una considerable rentabilidad.

Diseño técnico y tecnológico de la fábrica de bloques de cemento

Macro y micro localización

En la **macro localización** se determina el departamento en el que se va a ubicar la planta de elaboración de bloques de concreto a base de cascarilla de arroz, esta ubicación es elegida en base a los factores a fin de elegir la que garantice una rentabilidad superior y que permita el desarrollo del producto con el valor añadido necesario para satisfacer las expectativas de los clientes. Dentro de los factores con los cuales se va a evaluar son: disponibilidad y costo de materia prima, costo de energía eléctrica, costo de abastecimiento de agua, disponibilidad de mano de obra, condiciones climáticas y costo de transporte.

En primer lugar, la disponibilidad de materia prima se evalúa la cantidad disponible que se tendrá de cemento y cascarilla de arroz para la producción de bloques de cemento. Es por ello,

que se va a evaluar la cantidad producida en cada departamento, tomando en cuenta los 2 principales departamentos con mayor producción en el Perú. La cascarilla de arroz es evaluada en La Libertad y Lambayeque donde cada uno tiene una generación de 26 723 y 50 286 toneladas respectivamente. Con respecto al costo de materia prima, se considera crucial, ya que en cada departamento del país los precios son diferentes, es por ello, se evaluó en cada departamento los precios del cemento y cascarilla de arroz. Donde se encuentra que el precio del cemento por tonelada es de S/ 380,00 y en Lambayeque el precio de la cascarilla de arroz prensada es de S/ 110,00.

Por su parte el costo de energía eléctrica será determinado por el plan tarifario impuesto en cada departamento por las respectivas empresas concesionarias de brindar la energía eléctrica. En la Libertad el costo en $\text{ctm}^*\text{s}/\text{kWh}$ es de 30,76 y en Lambayeque de 31,6 según el portal de Osinerming. Asimismo, el costo de abastecimiento de agua es determinado por el plan tarifario en cada departamento por las respectivas empresas concesionarias que brindan el servicio de agua. En la Libertad el m^3 está S/ 4,00 y en Lambayeque S/ 1,20.

La disponibilidad de mano de obra en un factor es muy importante, ya que de nada serviría instalar una planta sin tener el factor humano disponible para trabajar. Es por ello, que se evaluó la PEA desocupada en cada departamento. Según INEI en 2017, la población económicamente activa desocupada que además tenía secundaria completa en la Libertad era de 34 969 y en Lambayeque de 27 527.

Las condiciones climáticas condicionaran la asistencia de los trabajadores para realizar el trabajo, ya que pueden estar expuestos a altas temperaturas, lluvias, etc; además, es importante considerar, que mientras menos húmedo sea el clima, será mejor para la fabricación de los bloques de cemento, debido a sus procesos como el fraguado y el curado. Asimismo, se cree conveniente analizar el costo de transportar la cascarilla de arroz y los bloques de cemento, tomando como referencia que el costo de transportar cualquier sea el insumo por 30 toneladas es de S/ 3 500,00.

Se realiza una matriz de enfrentamiento entre cada factor para poder determinar cuál presenta una mayor importancia frente al resto y basándonos en los resultados elegir la localización de la planta de fabricación de bloques de cemento. Donde los porcentajes más altos por nivel de importante era de disponibilidad (26,92%) y costo (23,08%) de materia prima, además del abastecimiento de agua (15,38%).

En segundo lugar, con las ponderaciones obtenidas se evalúa los departamentos en base a sus conceptos (criterios), donde La libertad se denota como NO continuar teniendo una evaluación negativa a la de Lambayeque.

Por último, se usa una matriz de evaluación para los departamentos, determinando que Lambayeque es el departamento más adecuado para la ubicación de la planta debido a que tiene una puntuación de 3,38.

En la **micro localización** se determina en que distrito del departamento de Lambayeque se ubicará la planta de fabricación de bloques de cemento, considerándose para la evaluación los siguientes distritos: Lambayeque, Chiclayo y Pimentel, los cuales son los distritos que van acorde a la actividad industrial a desarrollar a partir del proyecto de investigación. Dentro de los factores con los cuales se va a evaluar se encuentra: cercanía al proveedor, costo de alquiler por m² y acceso vehicular.

En relación con la cercanía al proveedor, se tomará en cuenta que tan cercano está nuestro proveedor, el cual hemos considerado a Pacasmayo, debido a que, es una empresa especializada en la producción de cemento y Clinker. Se evalúa los distritos de Lambayeque, Chiclayo y Pimentel, donde las distancias son de 118 km, 119 km y 112 km respectivamente.

Se tomó en cuenta el costo de alquiler por metro cuadrado con la finalidad de comparar estos, asimismo, estos costos fueron establecidos a partir de anuncios de alquiler en las zonas industriales de los diferentes distritos, encontrando para Lambayeque S/ 12,95, en Chiclayo de S/ 17,60 y en Pimentel de S/ 11,74.

Para calcular el acceso vehicular, se considera la distancia que existe entre la zona industrial el distrito y el punto más cercado de la Panamericana Sur, debido a que, este será la primera vía de transporte del producto terminado, las distancias son de 1,9 km, 4,5 km y 6,9 km de la carretera a Lambayeque, Chiclayo y Pimentel respectivamente.

Se lleva a cabo una matriz de comparación de factores para calcular la valoración de cada factor. Es importante tener en cuenta que se considera que 1 es más relevante o igualmente relevante que, mientras que 0 es menos relevante que el otro factor. Asimismo, se establecen importancias porcentuales donde predomina la cercanía del proveedor (50%) y el acceso vehicular a la carretera panamericana norte (50%).

En segundo lugar, con las ponderaciones obtenidas se evalúa los distritos en base a sus conceptos, donde Chiclayo no pasa a la siguiente evaluación, por otro lado, Lambayeque y Pimentel pasan a la evaluación con puntajes. Por último, se usa una matriz de evaluación para los distritos que pasan a la siguiente fase como Lambayeque y Pimentel, determinando que Lambayeque es el distrito más adecuado para la ubicación de la planta debido a que tiene una puntuación de 4,0.

Especificaciones del proceso

La producción de la planta de bloques de concreto está condicionada al plan de ventas determinado con anterioridad desde el 2024 – 2028. Dicha planta, debe abarcar la demanda del año con mayor cantidad de ventas, además se debe tener en cuenta un stock de seguridad y cubrir algún pedido que no se encuentre previsto en caso de no tener una demanda no planificada, además este stock de seguridad se consideró en la producción de los primeros 2 meses de la proyección del primer año.

Los bloques de cemento cuentan con un sistema de producción de tipo continuo, asimismo, se describe su proceso de producción, considerando que existen dos procesos, el de transformación de la cascarilla de arroz a ceniza y el del bloque mismo. Es importante recalcar que se escoge una caldera para la obtención de la ceniza de cascarilla de arroz ya que esta aprovecha más la biomasa.

El proceso inicia con la recepción de la materia prima, que implica la inspección del cemento y la cascarilla de arroz, así como el pesaje y el almacenamiento temporal. La calidad óptima de la materia prima es crucial, sin alteraciones ni contaminaciones, para garantizar la excelencia del producto final. Posteriormente, se lleva a cabo la combustión, donde la cascarilla de arroz se transforma en ceniza a una temperatura superior a 800°C. Durante este proceso, los gases generados se purifican mediante un sistema integrado en el horno.

En cuanto al mezclado, se utiliza una mezcladora especial para concreto. Se sigue un procedimiento que implica la incorporación de la ceniza de cascarilla de arroz, el balastrillo y tres cuartas partes del agua en la mezcladora. Después de mezclar durante varios minutos, se añade el cemento, seguido del resto del agua y la arena para completar la mezcla. En la fase de moldeado, se verifica la condición y limpieza de los moldes. La mezcla se traslada desde la sección de mezclado a una tolva alimentadora, y los moldes se desplazan a través de una banda transportadora con un portillo de temporización automática. Al llenarse los moldes, se aplica vibración durante aproximadamente 30 segundos para compactar la mezcla. Posteriormente, se voltea el molde para que la bandeja quede debajo, y los martillos compactadores se bajan antes de aplicar vibración para garantizar la compactación adecuada.

Una vez moldeados, los bloques se ubican en una zona protegida del sol y el viento para permitir su fraguado sin secarse. Aunque el tiempo de fraguado es de 4 a 8 horas, se recomienda dejar reposar los bloques de un día para otro. Después de este periodo, se retiran los bloques y se colocan en pilas para su posterior curado. Durante cinco días, los bloques se riegan periódicamente, humedeciéndolos al menos tres veces al día para evitar que se sequen en los bordes. Además, se cubren con plásticos para prevenir la evaporación rápida del agua [18].

Para lograr la producción de los bloques de cemento, se realiza el cálculo de los requerimientos anuales de materia prima e insumos, basados en el índice de consumo por millar.

El índice de consumo fue calculado basado en el antecedente principal [22], además se considera las propiedades de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA). Por otro lado, como ya se mencionó no existe limitación por parte de la materia prima, por tanto, el plan de producción se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Índice de consumo

Insumo	Unidad Compra	Índice de consumo	Valor por und de compra	Monto por unidad
Cemento	kg	1 035,15	0,48	499,31
Agua	l	517,58	1,20	621,09
Arena	kg	776,36	0,03	23,21
Balastrillo	kg	6 987,28	0,01	83,85
CCA	kg	183,63	0,11	20,20
Costos de materiales por millar				1 773,88

Fuente 7. Elaboración propia

Tabla 7. Plan de producción (millares)

Periodo	Inv. Inicial	Producción	Inv. Total	Ventas	Inv. Final
1 Mes	-	75,59	75,59	37,79	37,79
2 Mes	37,79	75,59	113,38	37,79	75,59
3 Mes	75,59	37,79	113,38	37,79	75,59
Primer Trimestre	-	188,97		113,38	
2do. Trimestre	75,59	113,38	188,97	113,38	75,59
3er. Trimestre	75,59	113,38	188,97	113,38	75,59
4to. Trimestre	75,59	113,38	188,97	113,38	75,59
1 Año		529,11	529,11	453,53	75,59
2 Año	75,59	589,89	665,48	589,89	75,59
3 Año	75,59	631,63	707,22	631,63	75,59
4 Año	75,59	705,69	781,28	705,69	75,59
5 Año	75,59	775,62	851,21	775,62	75,59

Fuente 8. Elaboración propia

La materia prima como es el cemento será pedida a la distribuidora Pacasmayo la cual tiene una participación en el mercado de 21%, esta se ubica en Pacasmayo, con respecto a la cascarilla de arroz, se obtendrá de la región Lambayeque la cual es la región con mayor participación en la industria molinera, contando con 90 molinos aproximadamente [32], los cuales se dedican a la producción y comercialización de arroz, por lo que, entonces se produce en abundancia la cascarilla de arroz. Con respecto, a la arena y el balastrillo estos serán abastecidos por la cantera la Victoria la cual se encuentra ubicada en Pátapo.

Asimismo, se realiza el balance de masa de los dos procesos por separado, de la transformación de la cascarilla de arroz y la producción de bloques de cemento, considerando como lote 1 millar de bloques. Buscar mercado para el alquitrán, encontrar documento q me diga si es mejor gasificar o combustionar, evaluar gasificación.

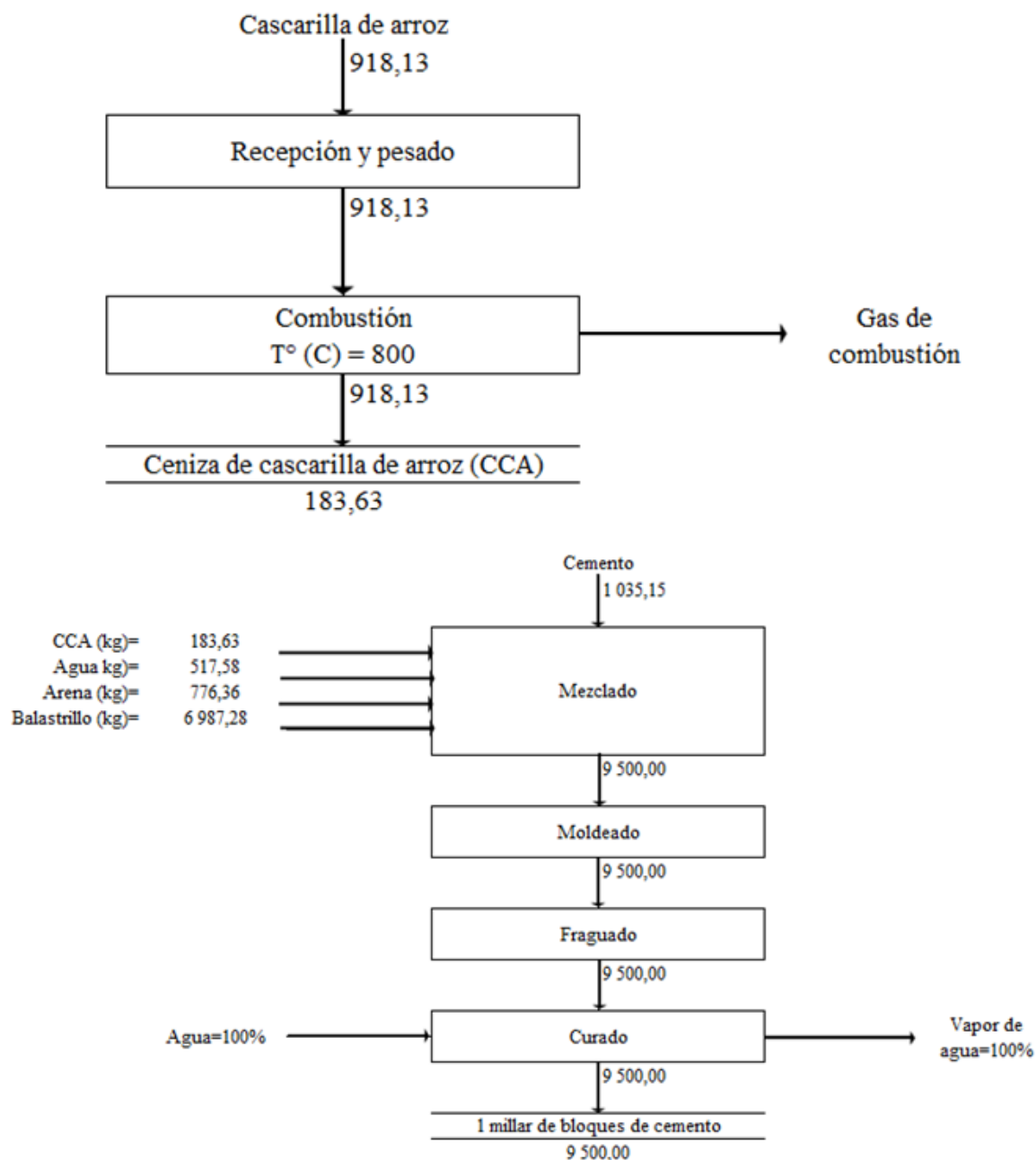


Figura 2. Balance de materia producción de bloques de cemento

Fuente 9. Elaboración propia

En lo que respecta a la capacidad de planta fue determinada tomando en cuenta el plan de producción más su 10%, por otro lado, se considera 8 horas al día, 26 días al mes y 12 meses al año, de modo que con respecto a la utilización en el último año es de 90,91%.

Tabla 8. Capacidad de planta

Periodo	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Producción	529,11	589,89	631,63	705,69	775,62
Capacidad de diseño (+10%)	853,19	853,19	853,19	853,19	853,19
Utilización de capacidad	62,02%	69,14%	74,03%	82,71%	90,91%

Fuente 10. Elaboración propia

Para la elección de la maquinaria que se usará para la fabricación de bloques de cemento se tendrá en cuenta la información brindada por el plan de producción y la capacidad diseñada determinada, al momento de decidir y seleccionar la maquinaria necesaria para la producción, que la maquinaria debe tener una capacidad superior a 2,49 millares por día. Con el objetivo de incrementar la eficacia de las máquinas a utilizar en el proyecto, es importante evaluar la alternativa técnico – económica más adecuada, por ello, para determinar las capacidades de cada máquina, se deben considerar diversos factores, tales como: la capacidad máxima de producción, las especificaciones técnicas de la máquina y los modelos disponibles tanto en el mercado nacional como internacional. Teniendo en cuenta un horno (\$ 6 000), el cual no tiene emisiones visibles de humo y polvo, cumple la norma GB813271 de emisión de humo y polvo, una bloquera (\$ 2 800) y un montacargas (\$ 7 000). En lo que respecta la energía, el requerimiento de energía eléctrica necesario para que cada maquina funcione de manera adecuada es de 0,4 y 9,5 kW/h para la incineradora y bloquera respectivamente.

Tabla 9. Especificaciones de maquinaria

Maquinaria	Horno	Bloquera	Montacarga
Procedencia	China	China	China
Marca		HF	Hyster
Modelo	DDSA-300W	QT4 - 40	H3.OUT
Dimensiones	4,21 x 1,730 x 3,85	1,35 x 1,46 x 1,8	4,8 x 4,026
Precio	\$ 6 000	\$ 2 800	\$ 7000
Consumo	7,8 kW	9,5 kW	GLP/ DSL/ DUAL
Capacidad	1 000 kg	2 500 pcs/8 horas	3 000 kg

Fuente 11. Alibaba

Con respecto al proceso de calidad este es basado en la norma técnica peruana E0.70 y las pruebas que establece para la aceptación del lote, este consiste en tomar una muestra de al menos 2 bloques por millar los cuales se someterán a ensayos como ala determinación a la resistencia de comprensión, variación dimensional y la absorción, siguiendo los procedimientos de la NTP 399.613 y 399.604, con respecto a las tolerancias, se muestran en el anexo 3. La fabrica contará con un laboratorio de calidad, el cual será usado para las pruebas de variación dimensional y absorción, sin embargo, para el vaso de la resistencia a la comprensión es necesario tercerizar debido a la poca frecuencia que se realiza.

Para el cálculo de la mano de obra se considera que se trabajará por turnos de 8 horas al día, tomando en cuenta 26 días al mes. Dando un total de horas (H) igual a 2 496 horas/ año.

Durante el proceso de fabricación, encontramos actividades manuales y automáticas. Por otro lado, dentro del turno de 8 horas, se designa 1 hora para el almuerzo, por ello, su factor de utilización es de 87,5%. Además, se determina un factor de eficiencia para actividades manuales de un 85% y para actividades automáticas un 90%. Por ello, se calcula una cantidad de operarios de 4 (Anexo 4).

Distribución de planta

Para la distribución de la planta se consideran 10 áreas con la finalidad de lograr la eficiencia de la línea de producción, por ello, se toma en cuenta el tipo de distribución de la planta por procesos, debido a que, existen dos procesamientos diferentes en el proceso productivo, se obtiene una totalidad de 740,06 m² a través del método de guerchet.

Para la producción, primero se considera una zona de carga y descarga con respecto a la materia prima e insumos del proceso, se toma en cuenta un montacarga obteniendo una dimensión de 88,2 m², asimismo, el almacén de materia prima, donde se toma en cuenta el espacio donde estará la misma materia, generando un total de 93,5 m²,

Con respecto a la primera estación del proceso productivo, que es el procesamiento de la cascarilla de arroz, se considera la maquinaria necesaria, como el horno y la tolva de almacenamiento necesaria para el almacenamiento de la ceniza hasta el momento de su uso en la fabricación de bloques, obteniendo una dimensión de 24,9 m².

Para la producción de bloques de cementos se considera la bloquera y las herramientas necesarias para realizar el trabajo de alimentar la máquina mencionada, considerando una dimensión de 25,5 m².

Para sus siguientes procesos, fraguado y curado, se considera 15 racks, donde reposaran los bloques de cemento, y se genera un dimensionamiento de 187,9 m², por otro lado, también se toma en cuenta la existencia de un almacén de producto terminado, el cual se determina que se usaran 60 parihuelas americanas, por ello se obtiene un espacio de 141,1 m² de área.

En producción se considera un laboratorio de calidad, donde se verificará que se cumplan con los parámetros necesarios para la comercialización del producto con un área de 35,7 m², que contará con una mesa de trabajo, máquinas de control y un escritorio. Además, en la zona de las oficinas administrativas, contará con 6 escritorios, 6 sillas, 6 archivadores, 1 sofá y 6 tachos de basura, siendo necesarios 115,0 m² de espacio. Para los servicios higiénicos se cuenta con 14 m². Por último, se cree necesario la existencia de una caseta de vigilancia, generando 13,8 m².

Por otro lado, para el plano de distribución (Anexo 5) también se considera los pasillos, por donde pasarán las personas, asimismo, el montacarga para hacer más fácil las operaciones de carguío.

Tabla 10. Especificaciones de maquinaria

N°	Áreas	Dimensión m ²
1	Zona de carga y descarga	88,20
2	Almacén de materia prima	93,45
3	Área de procesamiento de la cascarilla de arroz	24,89
4	Área de producción de bloques de cemento	25,49
5	Área de fraguado y curado	187,92
6	Área de almacén de producto terminado	141,12
7	Área total de zona de servicios higiénicos	14,05
8	Área total del laboratorio de control de calidad	35,70
9	Área total de la zona de oficinas administrativas	115,44
10	Caseta de vigilancia	13,80
Total		740,06

Fuente 12. Elaboración propia

Recurso humano

Para establecer la estructura de la empresa, es importante definir el tipo de organización que seguirá las normas. En el caso de la planta de producción de bloques de cemento adicionando cascarilla de arroz, se optará por una organización formal que se alinearán con los objetivos de la empresa y posicionará a cada uno de sus miembros de manera adecuada. Como resultado, se presenta el organigrama de la empresa, el cual detalla las diferentes áreas que existen en la organización.(Anexo 6).

Para el correcto funcionamiento de cada puesto de trabajo se debe contar con personal competente, con habilidades requeridas y necesarias en el área que realiza sus actividades. Por ello, en el anexo 7, se detalla cada una de las jefaturas considerando la formación requerida, experiencia laboral, competencias y funciones.

Dentro de los puestos administrativos, se cuentan 6 profesionales, en primer lugar, el gerente y su asistente, por otro lado, existencia de jefaturas en áreas como producción, control de calidad, finanzas y ventas, y, por último, marketing.

Análisis económico financiero y ambiental de la propuesta

Análisis económico financiero

Para el análisis económico, se consideró la inversión primordial del proyecto, donde se detalla la participación de cada una las partes potenciales, (Tabla 11), además, este consiste en dos partes, tangible e intangible, la tangible comprendiendo maquinaria y equipo de producción,

equipo de limpieza y oficina, además del transporte; en la intangible, se consideró los estudios y certificaciones.

Por su parte, es importante mencionar que la inversión es financiada por 3 socios en su totalidad, en primera instancia, el promotor del proyecto, el cual cabe recalcar puede ser cualquier consultora que le interese la propuesta del artículo de investigación, tomando el 5% de la inversión, un socio estratégico, el cual tomará el 90% de la totalidad, y por último, un socio financiero, quien se hará cargo de proporcionarnos el 5% de la totalidad de la inversión, es imprescindible mencionar, que este último socio, se consideró la presencia del Banco Pichincha, entidad que ofrece la menor tasa de interés.

Tabla 11. Inversión (S/.)

Descripción	Inversión Total	Promotor del Proyecto	Socio Estratégico	Financiamiento
CAPITAL DE TRABAJO	297 876,14		297 876,14	
<i><u>Inversión Tangible</u></i>				
Maquinaria	15 800,00			15 800,00
Equipo de Producción	29 791,00	14 895,50	14 895,50	
Equipos de Oficina	2 282,00		2 282,00	
Equipos de Limpieza	426,30			
Transporte	63 200,00	426,30		
Total Inversión Tangible	48 299,30	15 321,80	17 177,50	15 800,00
<i><u>Inversión Intangible</u></i>				
Estudios	3 412,20	3 412,20		
Gastos Pre operativos	3 412,20			3 412,20
Total Inversión Intangible	6 824,40	3 412,20	-	3 412,20
Imprevistos 5%	17 649,99		17 649,99	
INVERSION Total	370 649,83	18 734,00	332 703,63	19 212,20
Porcentaje	100%	5%	90%	5%

Fuente 13. Elaboración propia

Dentro de los costos de producción se considera, los materiales directos, mano de obra directa, suministros, como la luz, y por último, los alquileres, obteniendo en el primer año un costo de 726 645,58. Por su parte, en los gastos administrativos se considera el sueldo del gerente, así como materiales y comunicaciones, sumando 129 372,00. Dentro de los gastos de comercialización se puede encontrar a los colaboradores de estas áreas, sumando su sueldo anual a 144 960,00. Para el financiamiento se considera la tasa del Banco Pichincha de 9,24%, el cual va dirigida a medianas empresas que saquen préstamos a más de 360 días, teniendo un total de 5 617,65 en el primer año. El capital de trabajo es la recopilación de todos los costos ya detallados.

Por ultimo el flujo de caja, es imprescindible para saber en cuanto tiempo se recuperará la inversión y esta dará ganancias a la empresa.

Tabla 12. Flujo de caja (S/.)

FLUJO DE CAJA (PRESUPUESTO DE EFECTIVO)						
Items	0 Año	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	5 Año
Inversión						
Capital Social	297 876,14					
Préstamos a CP y LP						
Total Inversión	297 876,14					
INGRESOS						
Cobranzas ventas año (Contado)		1 102 973,20	1 389 783,14	1 416 112,57	1 501 712,54	1 591 581,87
TOTAL INGRESOS		1 102 973,20	1 389 783,14	1 416 112,57	1 501 712,54	1 591 581,87
EGRESOS						
Costos de Producción		726 645,58	919 570,62	978 620,17	1 083 401,38	1 182 339,45
Gastos administrativos		129 372,00	129 372,00	129 372,00	129 372,00	129 372,00
Gastos de comercialización		144 960,00	144 960,00	144 960,00	144 960,00	144 960,00
Gastos financieros		5 617,65	5 262,61	4 907,56	4 552,52	4 197,48
TOTAL EGRESOS		1 006 595,23	1 199 165,23	1 257 859,74	1 362 285,90	1 460 868,93
SALDO BRUTO (antes de impuestos)		96 377,97	190 617,91	158 252,83	139 426,64	130 712,93
Impuesto a la Renta		28 913,39	57 185,37	47 475,85	41 827,99	39 213,88
SALDO (despues de Impuestos)		67 464,58	133 432,54	110 776,98	97 598,65	91 499,05
SALDO FINAL (Deficit / Superavit)	-297 876,14	67 464,58	133 432,54	110 776,98	97 598,65	91 499,05
UTILIDAD ACUMULADA	-297 876,14	-230 411,56	-96 979,02	13 797,96	111 396,61	202 895,66
CORRIENTE DE LIQUIDEZ NETA	-297 876,14	67 464,58	133 432,54	110 776,98	97 598,65	91 499,05
Valor actualizado neto (VAN)	S/. 48 841,93					
Tasa Interna de Retorno (TIR)	19,8%					

Fuente 14. Elaboración propia

Análisis Ambiental

Dentro del impacto ambiental se revisa todos los aspectos que implican la producción de bloques de cemento, como la extracción de materias primas necesarias, como la piedra caliza, las cuales pueden requerir la explotación de canteras, causando deforestación, erosión del suelo y pérdida de biodiversidad, por otro lado, durante la trituración y molienda de las materias primas, se pueden liberar partículas finas al aire, lo que puede provocar emisiones de polvo, estas partículas pueden contener compuestos químicos tóxicos, como sílice.

Por su parte, se realiza la matriz de aspectos e impactos ambientales (Anexo 8) incluyendo cada una de las actividades del proceso de producción de los bloques de cemento, donde el incinerado se considera una actividad con impacto significativo y el llenado de la bloquera moderado. Es importante recalcar que la generación de residuos sólidos y líquidos es un problema importante en la fabricación de bloques de cemento, si estos residuos no se manejan adecuadamente, pueden contaminar el suelo y las fuentes de agua cercanas.

Tabla 13. Resumen de matriz de aspectos e impactos ambientales de proceso

#	Descripción de la actividad	Nivel de Significancia	Tipo de Impacto
1	Recepción de materia prima e insumos	0	No Significativo
2	Pesado	5	No Significativo
3	Transporte a almacén de MP	4	No Significativo
4	Transporte a estación de transformación	4	No Significativo
5	Llenado de incinerador con limpieza	4	No Significativo
6	Incinerado	13	Significativo
7	Transporte a la estación de producción de bloques	4	No Significativo
8	Llenado de maquina bloquera	7	Moderado
9	Mezclado	4	No Significativo
10	Moldeado	4	No Significativo
11	Transporte a la estación de fraguado y curado	4	No Significativo
12	Fraguado	0	No Significativo
13	Curado	0	No Significativo
14	Control de calidad	0	No Significativo
15	Transporte a almacén de producto terminado	4	No Significativo
16	Almacenamiento de bloques de cemento	0	No Significativo

Fuente 15. Elaboración propia.

Por lo tanto, las estrategias de mitigación planificadas están relacionadas con la selección de la composición de las materias primas, ya que esta elección condiciona la calidad de las emisiones liberadas en la atmósfera. Así, la emisión de SO₂ se reducirá al mínimo al optar por materias primas con bajo contenido de azufre. Además, la supervisión del funcionamiento óptimo del horno y la bloquera resulta crucial para evitar la emisión de gases; la eficiencia de estos procesos aumenta cuando se logra una homogenización adecuada de las materias primas, lo que contribuye a la disminución de la contaminación.

Discusiones

Objetivo 1:

En cuanto a los resultados de la oferta y demanda del producto en el ámbito nacional se toma la demanda del proyecto en un 20%, considerando que se toma el porcentaje de crecimiento del sector de construcción en toneladas como demanda insatisfecha, asimismo, se proyectó los precios para cada año desde el 2024. Por su parte [33], se toma un porcentaje del 0,08% de la demanda, debido a la disponibilidad limitada de su materia prima. Con respecto a la definición del producto, se evaluó diferentes productos posibles fabricados adicionando la cascarilla de arroz, como los briquetas, biogás y bloques de cemento, sin embargo, según [39] la cascarilla de arroz en ceniza, es el aditivo ideal para diferentes materiales de construcción, debido a su alto contenido de sílice, lo que indica que el último producto sería el idóneo para su fabricación debido a la viabilidad económica y de producción.

Objetivo 2:

Con respecto al proceso de producción de los bloques de cemento, se refleja la adecuación de la ceniza de cascarilla de arroz en el agregado fino para la mezcla del bloque, teniendo un porcentaje de este del 20%, asimismo, según [42] las mezclas que contienen un porcentaje de cascarilla de arroz muestran un aumento en la resistencia a medida que se prolonga el tiempo de curado. Además, se puede afirmar que la ceniza de cascarilla de arroz tiene una composición adecuada como material suplementario principal para adiciones que cumplen con los estándares establecidos, asimismo, debido a su rendimiento y a sus beneficios económicos y ambientales, puede emplearse en las mezclas destinadas a la fabricación de bloques de cemento, así como lo menciona Matthey en su artículo de investigación [16].

Objetivo 3:

El análisis económico financiero en el proyecto, se puede observar la obtención de un TIR de 15,7%, determinando así que es el diseño de la fábrica de producción de bloques de cemento con adición de ceniza de cascarilla de arroz es factible en el ámbito económico y tendrá un periodo de recuperación de la inversión de un año. Por otro lado, Esteban Molina Salas [35], en su evaluación económica de bloques de concreto con cascarilla de arroz, nos comunica que el costo es mayor a un 3% al usarla de manera natural, sin embargo, nos menciona, la factibilidad de usar su ceniza. En relación, a los impactos generados por la fabricación de los bloques de cemento, se obtiene que el procesamiento de la cascarilla de arroz es el aspecto significativo, esta operación se lleva a cabo a través de un horno con controlador de emisiones, por otro lado, la empresa Naylamp, usa calderas, produciendo emisiones de combustión por el combustible utilizado para el funcionamiento de calderas para la producción de alcohol y azúcar [44].

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se diseñó una fábrica de bloques de cemento para aprovechar la cascarilla de arroz, la cual será convertida en ceniza para su utilización, analizando la factibilidad y los beneficios que traería el diseño mencionado, se concluye la viabilidad del funcionamiento de la fábrica, asimismo, el aprovechamiento acompañado del incremento de ingresos por cascarilla de arroz.
- Se determinó la oferta y la demanda de los bloques de cemento en el Perú, encontrando una ventana introductoria para el producto en el porcentaje de crecimiento del sector de construcción, tomando como demanda de proyecto el 20% de la demanda insatisfecha, y estableciendo el precio, además, de los ingresos anuales desde 2024 a 2028.
- Se realizó el diseño técnico y tecnológico de la fábrica, donde la ubicación idónea fue Lambayeque – Lambayeque, debido a diversos criterios como el porcentaje de utilización, precio de venta y la demanda nacional existente, por otro lado, en el proceso de fabricación se consideró un horno de combustión para el procesamiento de la cascarilla, el cual tiene un sistema de acuerdo a las legislaciones ambientales.
- Se ejecutó el estudio económico y financiero y ambiental, tomando en cuenta todos los aspectos de fábrica, obteniendo como resultado un VAN de S/. 48 841,93 y un TIR de 19,8%, lo que indicaría la viabilidad económica del proyecto de investigación. Por su parte en el análisis ambiental, no se encuentran actividades significativas en su mayoría relacionados a los aspectos ambientales, sin embargo, la única etapa crítica fue la del horno, donde su medida correctiva es el funcionamiento de su sistema.

Recomendaciones

- Sería conveniente llevar a cabo un análisis de prefactibilidad para expandir la capacidad de la planta y penetrar en el mercado internacional, con especial atención en la exportación de bloques de cemento con aditivo de cascarilla de arroz para la construcción de infraestructuras en países cercanos.
- Se debería llevar a cabo un análisis de la viabilidad comercial extendido a las exportaciones hacia otros países, con el objetivo de demostrar un proyecto con un margen de rentabilidad económica y financiera más amplio.
- Por último, se recomienda impulsar la fabricación de bloques utilizando materiales alternativos incorporando residuos de origen local o agrícola. Esta alternativa reduce

considerablemente la necesidad de emplear cemento Portland, lo cual contribuye a abaratar los costos de construcción y a minimizar el daño ambiental.

Referencias

- [1] Pantaleon Santa Maria , Alberto Luis; Medina Cardozo, Ingrid Isabeñ; Montes Ninaquispe, José Carlos;, «Comportamiento de la producción e importación de arroz en el Perú 2016-2020,» *Tzhoecoen*, vol. XIII, nº 2, pp. 76-83, 2021.
- [2] G. A. Zambrano Zambrano, V. Garcia Macias , C. Cedeño Palacios y U. Alcivar Cedeños, «Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celusosa,» *Polo del conocimiento*, vol. VI, nº 4, pp. 415-437, 2021.
- [3] J. Puelles Reyes, *Mejora continua de los procesos de producción del pilado de arroz para aumentar la productividad en el molino Despensa Peruana*, Chiclayo, 2020.
- [4] Ministerio de desarrollo agrario y de riego (MIDAGRI), «Perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector,» 2022. [En línea]. Available: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNzEzNTU2MmUtY2EzZC00YjQ2LTg5YzUtYzJjODRhZjg5NGY5IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>. [Último acceso: 5 Abril 2023].
- [5] MIDAGRI, «IV Censo Nacional de Arroz, en molinos y almacenes,» 2019.
- [6] Cataño, Guzman y Perpiñan, *Efecto de la incorporación de cascarilla de arroz sobre las propiedades mecánicas de concretos y bloques de suelo cemento.*, Medellin, 2021.
- [7] A. Mafla, «Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo de la construcción.,» *Inventum*, nº 6, pp. 74-78, 2009.
- [8] E. Cornejo, *Producción de biogás a nivel de laboratorio, utilizando estiércol de ganado vacuno y residuos agroindustriales (torta de piñón, cascarilla de arroz y rumen de ganado vacuno) en la E.E.A. el Porvenir - distrito de Juan Guerra*”, Tarapoto, 2012.
- [9] F. R. Aguirre Castrejon y Costilla Ventura, Nestor, *Propuesta de una briqueta ecológica utilizando cascarilla y polvillo de arroz*, Trujillo, 2017.
- [10] «BECOSAN,» 4 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.becosan.com/es/bloques-de-hormigon-y-bloques-de->

cemento/#Bloques_de_cemento_diferencia_respecto_al_bloque_de_hormigon. [Último acceso: 12 Abril 2023].

- [11] Caballero Arredondo, Daminani Lazo y Ruiz Pico, «Optimización del concreto mediante la adición de nanosílice, empleando agregados de la cantera de añashuayco de arequipa,» *Revista ingeniería de construcción*, vol. 36, n° 1, pp. 71 - 87, 2021.
- [12] INEI, 15 Agosto 2022. [En línea]. Available: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-131-2022-inei.pdf>. [Último acceso: 5 Abril 2023].
- [13] Banco Central de Reserva del Perú, Lima, 2022.
- [14] Instituto Nacional de estadística e informática, 2017. [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/parte01.pdf. [Último acceso: 10 Abril 2023].
- [15] L. Vargas y P. Alavarado, «Caracterización del subproducto cascarilla de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos,» *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*, vol. XXIII, n° 1, pp. 86 -101, 2013.
- [16] P. Matthey, R. A. Robayo, J. Eveiro y S. Delvasto, «Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agroindustrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales,» *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* ; vol. 35, n° 2, pp. 285-294, 2015.
- [17] I. Aguila y M. Sosa , «Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos,» 2019. [En línea]. Available: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000400006.
- [18] F. Cabrera Montes , J. Herrera Valencia, G. Pesantez Cdeño, J. Cedeño, E. Santos y C. Aguirre, «Dosificación de mortero con cascara de arroz y comprobación de adherencia en paredes de bloques de concreto,» *Revista Científica Yachana*, vol. 2, n° 1, 2017.
- [19] F. Débora, L. Eduarda y C. Maria, «BLOCOS ECOLÓGICOS DE SOLO-CIMENTO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS,» Cáceres, 2018.
- [20] J. Hilas Chavez y J. R. Perez Julon, *Diseño de ladrillo alveolar ecológico comprimido con la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz para viviendas unifamiliares, en Carachupayacu*, Moyobamba, 2020.

- [21] A. Mfla, «Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción,» *Inventum*, vol. I, n° 6, pp. 74 -78, 2009.
- [22] Sudarsan y Nithiyantham, «Formation of high strength concrete through sustainable waste materials as a partial replacement of cement,» *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, vol. VII, n° 86, 2022.
- [23] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «NORMA E.070 ALBAÑILERÍA,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-ileria-sencico.pdf>. [Último acceso: Junio 2023].
- [24] Arquitectura Simple, [En línea]. Available: <https://arquitecturasimple.com/ladrillos-huecos-portantes-vs-no-portantes/>. [Último acceso: 1 Abril 2023].
- [25] S. A. padilha, C. M. Paliga y A. S. Torres, «POTENCIALIDAD DEL USO DE CINCÁSCARA DE ARROZ ZAEN BLOQUES DE HORMIGÓN PARAALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL: DE ACUERDO CON REGLAS DE BRAPLATAS,» *Estudios Ambientales*, vol. 21, n° 1, pp. 17-28, 2019.
- [26] J. D. Cataño Misas, K. Guzman Lopez y M. Perpiñan Peña, *Efecto de la incorporación de cascarilla de arroz sobre las propiedades mecánicas de concretos y bloques de suelo cemento.*, Medellin, 2021.
- [27] N. Fuentes Molina, O. Fragozo Tarifa y L. Vizcaino Mendoza , «RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO ADICIONES EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO NO ESTRUCTURAL,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 25, n° 2, pp. 99-116, 2015.
- [28] J. T. Corral, «EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN,» vol. XXXIII, n° <https://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf>, 2008.
- [29] S. Demera Centeno y B. Romero Rodriguez, *EVALUACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CASCARILLA DE ARROZ (Oryza sativa L.) COMO AGREGADO EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN*, Calceta, 2018.
- [30] C. Ramos Galarza, «Los alcances de una investigación,» *CienciAmérica*, vol. 9, n° 3, pp. 2-3, 2020.
- [31] «TRADEMAP,» [En línea]. Available: https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry.aspx?nvpm=3%7c604%7c%7c%7c%7c252329%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c%7c1.

- [32] Banco Central de Reserva del Perú, «BCRP Data,» [En línea]. Available: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM04979AA/html>. [Último acceso: Mayo 2023].
- [33] A. Carrasquilla Batista, A. Chacón Rodríguez, K. Nuñez Montero, O. Gómez Espinoza, J. Valverde y M. Guerrero Barrantes, «Regresión lineal simple y múltiple: aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas al crecimiento microalgal,» *Tecnología en marcha*, pp. 33-45, 2016.
- [34] «SCIELO,» [En línea]. Available: <https://scielo.org/es/>.
- [35] A. Cuba Inocente y L. Morales Salinas, “*Diseñar un sistema que permita optimizar la distribución de planta de una fábrica de producción de cerveza artesanal*”, Lima, 2019.
- [36] M. R. Mete , «Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión.,» *Fides et ratio*, vol. 7, pp. 67-85, 2014.
- [37] H. Roberts y G. Robinson, ISO 14001ems - Manual de Sistema de Gestión Medioambiental, 2003.
- [38] J. L. Vega Tamacho, Setiembre 2022. [En línea]. Available: <https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/17219/Vega%20Tamayo-Estudio%20de%20prefactibilidad%20planta%20de%20bloques%20diatomita%20mercado%20de%20Lima%20Metropolitana.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . [Último acceso: 1 Abril 2023].
- [39] INEI, [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib1538/parte01.pdf. [Último acceso: 5 Abril 2023].
- [40] S. D. Centeno, «EVALUACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CASCARILLA DE ARROZ COMO AGREGADO A LOS BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN,» Calceta, 2018.
- [41] J. Blast, «Ciudades del Perú,» Julio 2020. [En línea]. Available: <https://croydonurbanedge.com/ciudades-del-peru/cuantos-molinos-de-arroz-hay-en-lambayeque.html>. [Último acceso: 10 Abril 2023].
- [42] C. Sosa, «Propuesta de instalación de una planta productora de compost a partir de plumas de pollo en Lambayeque,» Chiclayo, 2022.
- [43] J. Cataño, «Efecto de la incorporación de cascarilla de arroz sobre las propiedades mecánicas de concretos y bloques de suelo cemento.,» 2021.

- [44] E. Molina, «Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto,» Costa Rica, 2010.
- [45] PRODUCE, [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2993505/rd%20155-2022-produce-dgaami.pdf.pdf?v=1649113568>. [Último acceso: Octubre 2023].
- [46] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019. [En línea]. Available: <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-ileria-sencico.pdf>. [Último acceso: 1 Abril 2023].
- [47] E. Salazar Sanchez, *Propuesta de aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz para incrementar la rentabilidad del molino y Cía. Semper S. A. C. utilizando el sistema de gasificación*, Chiclayo, 2019.
- [48] TRADEMAP, [En línea]. Available: https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c%7c681011%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c3%7c1%7c1. [Último acceso: 6 Abril 2023].
- [49] V. Ponce, «ACADEMIA,» 2011. [En línea]. Available: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33938635/59130474-La-Matriz-de-Leopold-Guia-Buenazo-docx-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1667458431&Signature=TmzNOx5OaJPKOrgLrYwT9UGFIFpDgMM2xZeheUZD3DFxoV5UgzvRHtnFw~qQ4DUqb0e6KxrozhZQUOKJHO6PiH~khUYrbgZwMUKlsUA-Uxs4>. [Último acceso: 28 Octubre 2022].
- [50] Climate Data, [En línea]. Available: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru-27/>. [Último acceso: 28 Mayo 2023].
- [51] R. Rosado, 15 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://gestion.pe/impresalurin-5-mil-hectareas-industria-vivienda-1344-noticia/?outputType=amp>. [Último acceso: 22 Mayo 2023].

Anexos

Anexo 1: Método Analytic Hierarchy Process

	% de utilización	Precio de venta [16]	Unidad	Demanda regional	Impacto Ambiental	Impacto social	Tecnología usada
Bloques de cemento	20%	\$ 68,00	Tonelada	Alta	Medio	Alto	Alta
Briquetas	15%	\$ 124,00	Tonelada	Media	Bajo	Medio	Baja
Biogás	30%	-	-	-	Bajo	Bajo	Media

En primer lugar, se comparó cada criterio para saber la importancia de cada uno, siendo la demanda nacional el mayor:

CRITERIOS	%de utilización	Precio de venta	Demanda nacional	Impacto Ambiental	Impacto social	Tecnología usada	Ponderación	%
% de utilización	1,00	0,50	0,33	0,50	0,33	2,00	0,09	9%
Precio de venta	2,00	1,00	0,25	3,00	0,25	0,50	0,11	11%
Demanda nacional	3,00	4,00	1,00	5,00	2,00	3,00	0,35	35%
Impacto Ambiental	2,00	0,33	0,20	1,00	0,33	2,00	0,10	10%
Impacto social	3,00	4,00	0,50	3,00	1,00	4,00	0,26	26%
Tecnología usada	0,50	2,00	0,33	0,50	0,25	1,00	0,09	9%
	11,50	11,83	2,62	13,00	4,17	12,50	1,00	100%

Asimismo, se comparó cada criterio teniendo una tabla de resultados:

		CRITERIOS	Cemento	Briqueta	Biogás	Suma	Promedio	%
Respecto al % de utilización	1	Bloques de cemento	1,00	0,50	0,33	0,48	0,16	16%
	2	Briqueta	2,00	1,00	0,33	0,76	0,25	25%
	3	Biogás	3,00	3,00	1,00	1,77	0,59	59%
			6,00	4,50	1,67	3,00	1,00	100%

		CRITERIOS	Cemento	Briqueta	Biogás	Suma	Promedio	%
Respecto al precio de venta	1	Bloques de cemento	1,00	5,00	2,00	1,64	0,55	55%
	2	Briqueta	0,20	1,00	5,00	0,90	0,30	30%
	3	Biogás	0,50	0,20	1,00	0,45	0,15	15%
			1,70	6,20	8,00	3,00	1,00	100%

		CRITERIOS	Cemento	Briqueta	Biogás	Suma	Promedio	%
Respecto a la demanda nacional	1	Bloques de cemento	1,00	4,00	4,00	1,48	0,49	49%
	2	Briqueta	2,00	1,00	5,00	1,31	0,44	44%
	3	Biogás	0,25	0,20	1,00	0,22	0,07	7%
			3,25	5,20	10,00	3,00	1,00	100%

		CRITERIOS	Cemento	Briqueta	Biogás	Suma	Promedio	%
Respecto al impacto ambiental	1	Bloques de cemento	1,00	0,50	0,50	0,59	0,20	20%
	2	Briqueta	2,00	1,00	0,50	0,94	0,31	31%
	3	Biogás	2,00	2,00	1,00	1,47	0,49	49%
			5,00	3,50	2,00	3,00	1,00	100%

		CRITERIOS	Cemento	Briqueta	Biogás	Suma	Promedio	%
Respecto al impacto social	1	Bloques de cemento	1,00	5,00	3,00	1,92	0,64	64%
	2	Briqueta	0,20	1,00	2,00	0,62	0,21	21%
	3	Biogás	0,33	0,50	1,00	0,46	0,15	15%
			1,53	6,50	6,00	3,00	1,00	100%

		CRITERIOS	Cemento	Briqueta	Biogás	Suma	Promedio	%
Respecto al uso de tecnología	1	Bloques de cemento	1,00	3,00	0,25	0,71	0,24	24%
	2	Briqueta	1,00	1,00	0,25	0,46	0,15	15%
	3	Biogás	4,00	4,00	1,00	1,83	0,61	61%
			6,00	8,00	1,50	3,00	1,00	100%

CRITERIOS	Promedio de % utilización	Promedio de Precio de venta	Promedio de demanda nacional	Promedio de impacto ambiental	Promedio de impacto social	Promedio de uso de tecnología	Priorización	%
ALTERNATIVAS								
Bloques de cemento	0,159259	0,548229	0,492308	0,197619	0,640468	0,236111	0,46	46%
Briqueta	0,251852	0,301312	0,435897	0,311905	0,205871	0,152778	0,31	31%
Biogás	0,588889	0,150459	0,071795	0,490476	0,153660	0,611111	0,24	24%
PONDERACIÓN	0,09	0,11	0,35	0,10	0,26	0,09	1,00	100%

Anexo 2: Normas técnicas vigentes para bloques de concreto

NTP		Bloque no estructural (Bloque 9)	Bloque estructural (Bloque 12, 14 y 19)
Definición y requisitos	y	NTP 399.600	NTP 399.602
Método de muestreo y ensayo		NTP 399.604	

Fuente 16. Norma E.070 [27]

Anexo 3: Viviendas particulares presentes según material predominante en las paredes

Material predominante	Censo 1993	Censo 2007	Censo 2017
Ladrillo o bloque de cemento	1 581 355	2 991 627	4 298 274
Piedra o sillar con cal o cemento	54 247	33 939	43 170
Adobe o tapia	1 917 885	2 229 715	2 148 494
Madera	310 379	617 742	727 778
Quincha	207 543	183 862	164 538
Piedra con barro	136 964	106 823	77 593
Triplay, calamina, estera y otro	219 144	236 423	239 053

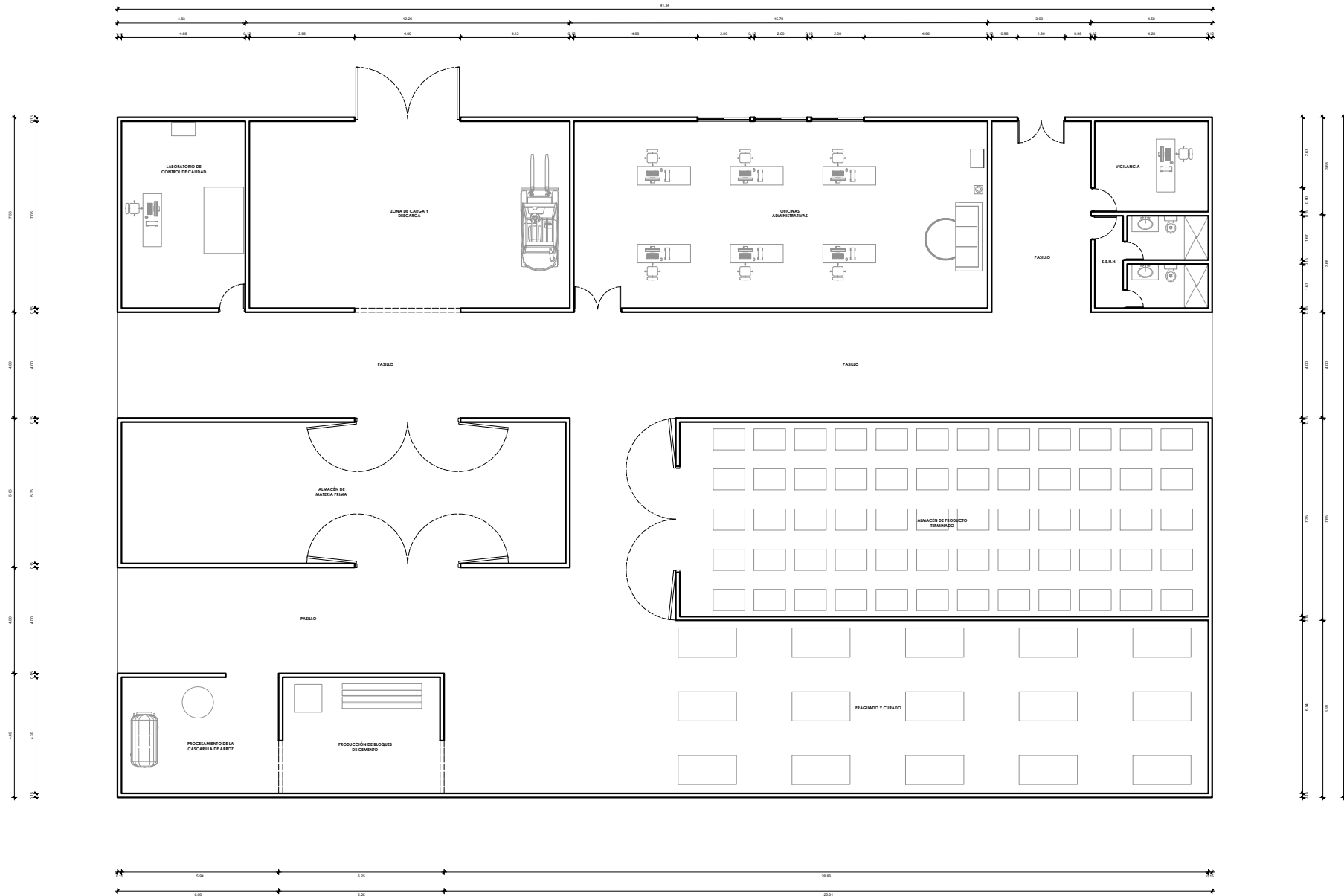
Fuente 17. INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993, 2007 y 2017

Anexo 4: Detalle de operarios en las estaciones

Descripción del proceso	Tiempo necesario	Tipo	Cantidad de operarios teóricos	Cantidad de operarios reales
Recepción de materia prima e insumos	24,86	Manual	0,05	A
Pesado	37,29	Manual	0,08	A
Transporte a almacén de MP	9,94	Manual	0,02	A
Transporte a estación de transformación	9,94	Manual	0,02	A
Llenado de incinerador con limpieza	32,32	Manual	0,07	B
Transporte a la estación de producción de bloques	9,94	Manual	0,01	B
Llenado de máquina bloquera	12,43	Manual	0,02	C
Transporte a la estación de fraguado y curado	9,94	Manual	0,02	C
Curado	447,48	Manual	0,93	D
Control de calidad	149,16	Manual	0,31	C
Transporte a almacén de producto terminado	9,94	Manual	0,02	D
Total				4

Fuente 18. Elaboración propia

Anexo 5: Plano de distribución



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



USAT

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO:
DISEÑO DE FÁBRICA DE BLOQUES DE CEMENTO PARA APROVECHAMIENTO DE LA CASCAVILLA DE ARROZ EN EL DEPARTAMENTO DE LA BARRANQUILLA

PLANO:
PLANTA

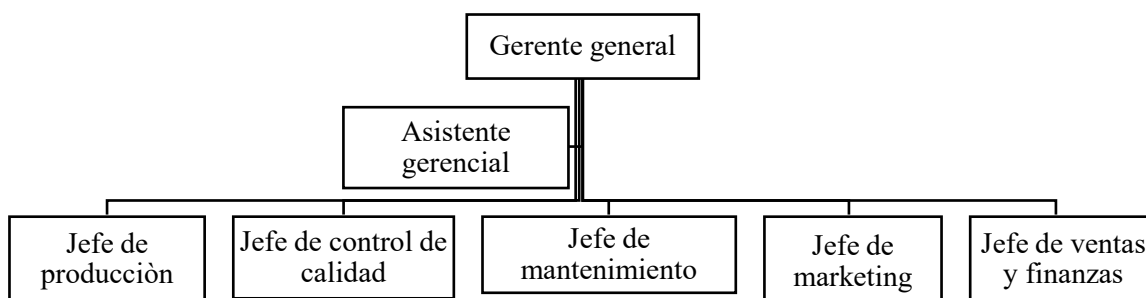
ELABORADO POR:
VALERIE ROMANA BERRANO QUEVEDO

ESCALA:
1/25

FECHA:
NOVIEMBRE 2023

IDENTIFICACION:
P.01

Anexo 6: Organigrama



Fuente 19. Elaboración propia

Anexo 7: Perfil de puestos de trabajo

Puesto	Formación necesaria	Experiencia laboral	Competencias	Funciones	Cantidad
Gerente general	Título profesional Estudios de maestrías concluidos	5 o más años de experiencia general	Capacidad de buena toma de decisiones Habilidades gerenciales, trabajo bajo presión	Dirigir y administrar el funcionamiento de toda la empresa y cada área que la compone. Representar a la planta de producción de bloques de cemento ante autoridades, instituciones, inversionistas, etc.	1
Asistente de gerencia	Egresado de administración, ingeniería industrial o afines.	1 o 2 años de experiencia de secretario o administrador	Puntualidad y responsabilidad Excelente nivel de redacción	Elaborar reportes de gerencia Realizar un seguimiento de las operaciones llevadas a cabo en cada departamento de la compañía.	1
Jefe de producción	Ingeniero industrial	2 años de experiencia en el área de producción	Conocimientos avanzados en el proceso productivo	Planear, programar y supervisar las operaciones realizadas en el sector de manufactura	1
Jefe de control de calidad	Estudios en ingeniería industrial, eléctrica.	Experiencia mayor a 3 años en la línea de control de calidad	Alta competitividad, responsable y buena aptitud	Garantizar el buen cumplimiento de los requisitos para que el producto final salga con los requerimientos establecidos.	1
Jefe de finanzas y ventas	Licenciado en administración, ingeniero industrial	2 años de experiencia en atención al cliente, Excel avanzado.	Conocimientos avanzados en estados financieros y elaboración de flujo de caja	Elaborar flujos de cajas, presupuestos, tabla de estados financieros, etc.	1
Jefe de marketing	Egresado de marketing, administrador, negocios internacionales o afines.	2 años de experiencia en el área de marketing	Creatividad, excelente habilidad comunicativa, capacidad de trabajo bajo presión	Realizar campañas publicitarias, elaborar un plan de branding	1

Anexo 8: Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales.

#	Descripción de la actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Situación	Criterios de valoración					Nivel de Significancia NS=(N+M+F+S)L	Tipo de Impacto
					Tiene Norma legal asociada?	Naturaleza (N)	Magnitud (M)	Frecuencia (F)	Severidad (S)		
1	Recepción de materia prima e insumos	-	-	Normal	Si	0	0	0	0	0	No Significativo
2	Pesado	Consumo de energía eléctrica (uso de balanza)	Agotamiento del recurso, calentamiento global.	Normal	Si	1	2	1	1	5	No Significativo
3	Transporte a almacén de MP	Consumo de combustible	Agotamiento del recurso no renovable.	Normal	Si	1	1	1	1	4	No Significativo
4	Transporte a estación de transformación	Consumo de combustible	Agotamiento del recurso no renovable.	Normal	Si	1	1	1	1	4	No Significativo
5	Llenado de incinerador con limpieza	Generación de residuos no peligrosos.	Contaminación de suelo.	Normal	Si	1	1	1	1	4	No Significativo

6	Incinerado	Emisión de gases de combustión	Contaminación atmosférica.	Normal	Si	2	4	4	3	13	Significativo
7	Transporte a la estación de producción de bloques	Consumo de combustible	Agotamiento del recurso no renovable.	Normal	Si	1	1	1	1	4	No Significativo
8	Llenado de maquina bloquera	Generación de residuos no peligrosos.	Contaminación de suelo.	Normal	Si	1	2	2	2	7	Moderado
9	Mezclado	Generación de residuos no peligrosos.	Contaminación de suelo.	Normal	Si	1	1	1	1	4	No Significativo
10	Moldeado	Generación de residuos no peligrosos.	Contaminación de suelo.	Normal	Si	1	1	1	1	4	No Significativo
11	Transporte a la estación de fraguado y curado	Consumo de combustible	Agotamiento del recurso no renovable.	Normal	No Aplica	1	1	1	1	4	No Significativo
12	Fraguado	-	-	Normal	Si	0	0	0	0	0	No Significativo

13	Curado	-	-	Normal	Si	0	0	0	0	0	No Significativo
14	Control de calidad	-	-	Normal	No Aplica	0	0	0	0	0	No Significativo
15	Transporte a almacén de producto terminado	Consumo de combustible	Agotamiento del recurso no renovable.	Normal	No Aplica	1	1	1	1	4	No Significativo
16	Almacenamiento de bloques de cemento	-	-	Normal	No Aplica	0	0	0	0	0	No Significativo