

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE LA PAJA DE ARROZ EN
LA ELABORACIÓN DE PAPEL EN EL DEPARTAMENTO DE
LAMBAYEQUE**

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

AUTOR

ANA LIDIA GUERRA VERA

ASESOR

EDITH ANABELLE ZEGARRA GONZÁLEZ

<https://orcid.org/0000-0002-6204-7379>

Chiclayo, 2021

**PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE LA PAJA DE
ARROZ EN LA ELABORACIÓN DE PAPEL EN EL
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**

PRESENTADA POR:

ANA LIDIA GUERRA VERA

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Annie Mariella Vidarte Llaja

PRESIDENTE

María Raquel Maxe Malca

SECRETARIO

Edith Anabelle Zegarra González

VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por haberme iluminado, dado vida y salud para lograr cada uno de mis objetivos.
A mi mamá, por ser mi apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria. Por su ejemplo de esfuerzo y perseverancia para nunca darme por vencida y enfrentar las adversidades.

A mis tíos, abuelos y familia, por siempre estar pendientes de mí y demostrarme que la familia siempre estará en todo momento.

Agradecimientos

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, por la buena formación profesional y en valores durante estos 5 años.

A mi asesora, Anabelle Zegarra González, por su constante apoyo y por brindarme la oportunidad de adquirir los conocimientos necesarios para la elaboración de la presente tesis. Especialmente los ingenieros Oscar Vásquez Gervasi y César Cama Peláez que me brindaron su asesoría desinteresada y por su contribución en la realización de la presente investigación. A Valeria y Julián por su por gran apoyo y por incentivar me cada día a mejorar a lo largo del desarrollo del presente artículo.

Índice

Resumen.....	5
Abstract.....	6
Introducción	7
Revisión de literatura	7
Materiales y métodos.....	9
Resultados y discusión.....	10
Conclusiones	26
Recomendaciones.....	26
Referencias.....	26
Anexos	29

Resumen

En la presente investigación se realizó el diseño de una planta procesadora de papel a partir de paja de arroz en la región Lambayeque, demostrando que es un proyecto de inversión viable de manera comercial, técnica y económica. Se desarrolló un estudio de mercado, en donde se analizó la viabilidad comercial del proyecto a través del comportamiento de la demanda y oferta del producto, obteniendo una demanda insatisfecha de 2 421 t de papel para el año 2025, de la cual se cubrirá el 48,1%. Mediante el diseño de ingeniería se analizó la viabilidad tecnológica, demostrando que la planta cuenta con una capacidad de utilización de 71,25%. Además, se determinó la ubicación, siendo la ciudad electa mediante una matriz de factores ponderados el distrito de Reque. Posteriormente, se diseñó el plano de distribución a través del método Guerchet y el Systematic Layout Planning. Finalmente, se analizó la viabilidad económica – financiera del proyecto, dando como resultado que es proyecto de inversión rentable pues se obtiene un VAN positivo de S/ 46 240,44 y un TIR de 17%, siendo este mayor al TMAR Global (15%). Además, el costo – beneficio es de 0,12 soles por cada sol invertido y el periodo de recuperación de la inversión de 1 año con 8 meses y 20 días.

Palabras claves: Papel de paja de arroz, pulpa, residuo, diseño de planta

Abstract

In the present investigation, the design of a paper processing plant from rice straw in the Lambayeque region was carried out, demonstrating that it is a commercially, technically, and economically viable investment project. A market study was developed, where the commercial viability of the project was analyzed through the behavior of the demand and supply of the product, obtaining an unsatisfied demand of 2,421 t of paper for the year 2025, of which 48,1% will be covered. By means of the engineering design, the technological viability was analyzed, demonstrating that the plant has a capacity of use of 71,25%. In addition, the location was determined, being the city chosen through a matrix of weighted factors the district of Reque. Subsequently, the distribution plan was designed using the Guerchet method and Systematic Layout Planning. Finally, the economic-financial feasibility of the project was analyzed, resulting in a profitable investment project, obtaining a positive NPV of S/ S/ 46 240,44 and an IRR of 17%, which is higher than the Global ARMT (15%). In addition, the cost - benefit is 0,12 soles for each sol invested and the period of recovery of the investment of 1 year with 8 months and 20 days.

Keywords: rice straw paper, pulp, residue, plant design

Introducción

En el mundo, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cada año se consume aproximadamente 5 billones de bolsas plásticas y solo una pequeña fracción es reciclada. [1] En el Perú, el consumo per cápita es de 30 kg/ciudadano aproximadamente, y cada año su consumo se incrementa aún más y a su vez la contaminación generada por este residuo. [2] Aunque, el plástico podría ser reemplazado por el papel y cartón, los cuales se producen utilizando fibras vegetales principalmente de los árboles. Sin embargo, esto genera otro tipo de contaminación debido a la tala indiscriminada. [3] Pero, a partir de materiales lignocelulósicos, como la cáscara de plátano, bambú, bagazo de caña de azúcar, cascarilla y paja de arroz se puede elaborar pulpa de celulosa, siendo esta la materia prima principal en la producción de papel. [4]

En la región Lambayeque, se cultivan este tipo de especies, y de acuerdo con el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), es el arroz es el cereal con mayor participación del subsector agrícola. [5] En el año 2017 la superficie cosechada en la región fue de 50 012 ha, con una producción de 400 575 toneladas de arroz. Una vez cosechado, se obtiene como residuo la paja, cuyo rendimiento varía entre 6 a 8 t. por hectárea sembrada. [6] Este residuo representa un costo elevado para ser retirado, tiene poco aprovechamiento, y es uno de los focos de contaminación más grandes en la región. Pues, por lo general se quema al aire libre después de la cosecha en un período de 15 a 20 días, generando grandes impactos negativos debido a las emisiones de gases producidos durante la combustión. [7] A pesar de la contaminación generada, la paja de arroz puede ser aprovechada para varios fines, por ejemplo, generación de energía, combustible, o como materia prima para producción de envases biodegradables o papel.

Frente a lo mencionado anteriormente, surge la interrogante ¿Cómo aprovechar la paja de arroz en la elaboración de papel en el departamento Lambayeque? El desarrollo de esta investigación tiene por finalidad el aprovechamiento de la paja de arroz para la elaboración de papel dirigido al sector de envases y embalajes. Teniendo como objetivo general diseñar una planta procesadora de papel a partir de paja de arroz en el departamento de Lambayeque. Para el cual, se planteó como objetivos específicos identificar la demanda insatisfecha de papel en el departamento de Lambayeque, proponer un diseño e ingeniería para una planta procesadora de papel a partir de paja de arroz y evaluar la viabilidad económica – financiera de la implementación de una planta procesadora de papel a partir de paja de arroz en el departamento de Lambayeque.

Revisión de literatura

Debido a la contaminación provocada por la quema de paja de arroz, estudios han demostrado que se puede utilizar para diversos fines. Esta investigación, se centró en el aprovechamiento de la paja de arroz para la elaboración de papel tipo kraft.

Para la producción de papel se pueden usar distintos tipos de materia prima, así como también diversos procesos de pulpeo. Además, de cada uno de ellos se obtiene un tipo de papel con características diferentes entre sí. estos se detallan a continuación:

Fibras para la obtención de papel

Se dividen en dos tipos: fibras madereras y no madereras. Las primeras son aquellas que provienen de un tronco y se clasifican en traqueidas, fibro-traqueidas y fibras libriformes; las dos últimas son las más utilizadas en la industria de papel, ya que, por lo general la longitud de la fibra varía entre 0,5 hasta 3,0 mm, siendo el promedio 1 mm. [8] (citado en [9, p. 14]). Las fibras no madereras, son toda materia prima obtenida de algunos árboles, plantas y desechos de animales, así como aquellas provenientes de la agricultura. [10] Las fibras no madereras representan el 8% de materia prima utilizada para la producción de la pulpa en el mundo y lo

clasifican en 3 categorías: los residuos agrícolas (bagazo de caña de azúcar, paja de arroz, cascarilla de arroz, etc), plantas silvestres, (bambú, la caña, etc) y plantas cultivadas, (cáñamo, el sisal, yute, etc). De acuerdo con Gonzales [11] en el Perú se podría extraer una pulpa de buena calidad del bagazo de caña de azúcar, paja de arroz y tallo de maíz.

Características de algunas fibras no madereras

Daljeet, Bhardwaj y Kumar, [12] realizaron una comparación de la paja de arroz con otras materias primas en su investigación basándose en algunas propiedades básicas a considerar en la industria de papel y cartón.

Tabla 1. Comparación de varias propiedades físicas y químicas de algunas materias primas no madereras utilizadas para la fabricación de papel

Propiedades	Unid.	Paja de arroz	Paja de trigo	Bagazo de caña de azúcar	Hierba de caña de azúcar	Bambú	Yute	Cáñamo	Kenaf
Longitud de fibra	mm	1,41	1,48	1,7	1,5	1,36-4,03	2,5	2	2,74
Diámetro de fibra	µm	8	13	20	20	8-30	18	22	20
% de celulosa	%	28-36	29-35	32-44	45	26-43	61	55-65	31-39
Lignina	%	12-16	16-21	19-24	22	21-31	11,5	2-4	15-18
Ceniza	%	15-20	4-9	1,5-5	2	1,7-5	1,6	5-7	2-5

Fuente: Daljeet, Bhardwaj y Kumar 2017

Como se puede observar en la tabla 1, la paja de arroz presenta características similares a las de algunas fibras utilizadas hace mucho tiempo en esta industria, como es el caso del bagazo de caña de azúcar. Daljeet, Bhardwaj y Kumar consideraron este residuo como base, debido a que la longitud de su fibra es comparada con la de las maderas duras [13]. Además, debido a la estructura abierta que posee, permite con mayor facilidad la penetración de productos químicos para la obtención de una pasta de buena calidad. De acuerdo con Saldívar [9], las normas técnicas para la evaluación de componentes químicos en la materia prima son: Cenizas (ISO R-1762), Lignina (TAPPI G.8), Sílice (TAPPI T-11m).

Procesos de pulpeo y características del papel

De acuerdo con Nuñez [14], se entiende por pulpeo o pulpado al proceso mediante cual se obtiene pulpa para elaborar papel a partir de material fibroso. El nombre que se le da los diferentes procesos depende de la clasificación por tipo de pulpa obtenida en cada uno de ellos. Rodríguez, Sánchez, Requejo y Ferrer [15] evaluaron la viabilidad de producción de papel y pulpa de paja de arroz mediante el proceso de sodaeantraquinona (SodaeAQ). El autor determinó que las variables óptimas para la elaboración de una pasta de buena calidad son temperatura (158,8 °C), tiempo (37,5min), concentración de soda (20%), ya que la pasta resultante posee características similares a las conseguidas con otras materias primas, rendimiento del 45,3%, índice de estirado (3,23%), índice de estallido (2,4 kN/g) y índice de desgarró (0,61 mNm²/g).

Moral, Cabeza, Aguado y Tijero [16] evaluaron las propiedades de las hojas de papel a partir de paja de arroz utilizando el proceso de pasteado Organosolv con Etanolamina. Para ello se utilizó una temperatura de 160°C, un tiempo de 30 min y 60% de dietanolamina. De las 15 muestras realizadas en la investigación, la propiedad más importante para la fabricación de papel es la longitud de las fibras, pues a mayor longitud y número, aumenta las propiedades mecánicas del producto.

También, se han llevado investigaciones para determinar la caracterización física, óptica y mecánica del papel a partir de paja de arroz, como es el caso de Udomdeja, Boonyaratakalin y Wichiranon, [17] quienes utilizando un proceso de pulpeo con soda, demostraron que la composición química óptima para un papel a partir de paja de arroz de buena calidad es con un

tiempo de fabricación de pasta de 2 horas, una temperatura de 110°C, disolvente en 2% en peso de NaOH y pulpa sin blanquear. Con la que se obtuvo una pasta con las siguientes características: peso (62,27 g/m²), espesor (259,3 μ), humedad (10,78%), brillo (46,19%), opacidad (93,34%) y resistencia a la tensión (95,33 N.m/g).

Saldívar [9] realizó un estudio para la elaboración de papel con paja de arroz nativa de la región Lambayeque. Al caracterizar la materia prima se demostró que este material ofrece buenas propiedades para ser transformado en una pasta. Todos los autores de la bibliografía analizada emplean un proceso de pulpeo diferente, sin embargo, obtuvieron como resultado un papel similar al de la presente investigación.

Influencia de los reactivos químicos en la producción de papel

Udomdeja, Boonyaratakalin y Wichiranon [17], mencionan que a medida que el hidrógeno aumenta, las propiedades mecánicas y ópticas del papel disminuyen. Asimismo, Saldívar [9] señala que el exceso de hidrógeno afecta la resistencia de las fibras, volviéndola más sensible, reduciendo la resistencia al desgarro y la rotura. Y que principalmente se debe al efecto que tiene la soda en los carbohidratos de bajos pesos moleculares, como la hemicelulosa, que conforma gran parte de la paja de arroz.

Consumo de agua en la industria papelera

De acuerdo con Greenpeace [18] las plantas de pulpa de papel utilizan grandes cantidades de agua dentro de su proceso, por lo que siempre se busca un balance en la eficiencia tanto medioambiental como económica. En Perú, el precio por m³ de agua para uso industrial es de S/. 8,68, según EPSEL, siendo este muy excesivo para la cantidad que se necesita. Herrera, Orozco y Mujica [19] en su artículo realizado demuestran que la captación del agua subterránea a través de pozos es una estrategia de manejo de agua factible y puede suplir tanto al consumo humano como industrial. Vargas [20] en su investigación menciona que la construcción un pozo con sistema eléctrico es una inversión rentable para la mejor explotación de aguas subterráneas, y que además a corto plazo es fácil de ser recuperada. El costo construcción de un pozo para un caudal de 47 l/s es de aproximadamente S/169 613,49.

Materiales y métodos

Para el diseño de una planta industrial es necesario realizar lo siguiente:

Estudio de mercado. Se realizó un estudio de mercado considerando factores como el producto, la zona de influencia, la oferta y demanda, y precio; con el cual se determinó el plan de ventas. Para el papel de paja de arroz, la demanda se analizó en base a la situación actual de la industria de papel a nivel nacional y regional y se hizo énfasis en el sector de bolsas de papel. La oferta se determinó tomando como base al papel kraft, debido a que tanto este como el papel de paja de arroz se destinan a la producción de bolsas. Posteriormente, se usaron los métodos de proyección con el fin de conocer el movimiento de la oferta y de demanda en 5 años posteriores a la data histórica y finalmente se determinó la demanda del proyecto.

Determinación de la localización de planta. Una vez realizado el estudio de mercado, se analizó a un nivel macro y micro el punto estratégico para localizar la planta. A nivel macro se consideró factores como la disponibilidad de materia prima, mano de obra, proximidad del mercado consumidor, competencia, costo de suelo, condiciones climáticas y geológicas y vías de acceso. A su vez, a nivel macro los factores a considerar fueron los anteriormente mencionados, pero se agregó las vías de acceso y las condiciones de vida de la comunidad. Finalmente, se determinó el lugar apto para la instalación de la planta.

Especificación del proceso y tecnología. Se estimó en el plan de producción teniendo en cuenta la demanda del proyecto con el fin de determinar el requerimiento de materiales necesarios para la elaboración del papel. Posteriormente, se describió el proceso con el cual se identificó la maquinaria necesaria para cada etapa y a su vez se calculó la capacidad de planta y los indicadores de producción. Una vez especificado todo lo anterior, se seleccionó la

tecnología adecuada para el proceso, mediante una matriz de ponderación, considerando a la marca, procedencia, capacidad, dimensiones, potencia y precio como los factores utilizados.

Diseño y distribución de planta. Una vez descrito el proceso y la tecnología, se diseñó la planta en base al método Guerchet; a fin de conocer el dimensionamiento y el Systematic Layout Planning (SLP); para reducir los recorridos innecesarios y los posibles costos por un flujo de materiales deficiente. Debido a que en el proceso se obtiene como residuo el licor negro, también se realizó el diseño de un sistema de tratamiento para la disposición de este residuo.

Determinación del recurso humano. Se determinó los puestos de trabajo necesarios y las funciones básicas de cada uno para el desarrollo y funcionamiento de una planta de producción de papel a partir de paja de arroz.

Evaluación de la viabilidad económica – financiera. Se analizó la inversión para la implementación de la planta teniendo en cuenta materiales, mano de obra directa e indirecta, gastos administrativos y comerciales y el financiamiento. De esa manera, se realizó la evaluación la económica y financiera a fin de evaluar la tasa de rentabilidad del proyecto y la viabilidad correspondiente, así como el retorno de la inversión.

Resultados y discusión

Estudio de mercado

Se realizó un estudio de mercado para la comercialización de papel de paja de arroz en bobinas de 0,6 x 100 metros, considerando factores como el producto, la zona de influencia, la oferta y demanda, y precio; con el cual se determinó el plan de ventas.

Por lo tanto, primero se debe conocer ciertas características del producto a comercializar. En la presente investigación es un tipo de papel con un gramaje de 59,64 g/m², un espesor de 157 μm y una opacidad de 98,9%. Estos datos son importantes, pues los clientes necesitan conocer si el producto cumple con los parámetros deseados para su uso. El papel obtenido a partir de paja de arroz posee características similares al papel kraft, pues presenta un color amarillento resultante debido al uso de pulpa sin blanquear, ya que a medida que aumenta el uso de hidrógeno en el proceso, pierde algunas propiedades como la resistencia a la tensión o al estallido. Saldívar [9] menciona que las condiciones de este tipo de papel son óptimas para la producción de papel para envases y embalajes, gracias a la elevada rigidez de sus fibras.

Por otra parte, su uso depende de la categoría en que se encuentren, según Reátegui [21], el papel kraft natural (sin blanquear) posee características bastante elevadas, su gramaje oscila entre 60 g/m² y 125 g/m² y se usa por lo general en sacos con contenidos de 25kg a 50kg, para harina, cemento, etc. El papel kraft intermedio, tiene aplicaciones similares, sin embargo, no exige un desempeño técnico riguroso, por lo que su gramaje oscila entre 28 g/m² y 125 g/m². En la tabla 2 se demuestra que el papel a fabricar se encuentra dentro de los parámetros:

Tabla 2. Comparación de papel de paja de arroz y kraft

Test	Norma	Papel de paja de arroz	Papel kfrac	Unidad
Gramaje nominal	EN-ISO 536	59,69	≥ 28 ≤ 115	g/m ²
Espesor	ISO 534	157	≥ 110	μm
Resistencia estallido	ISO 2759	1,15	≤ 2,5	kPa.m ² /g
	ISO 2758			
Resistencia al desgarrar	ISO 1974	3,04	≥ 1,51	(mN-m/g)
Blancura	ISO 2470/1	30,10	30	%
Opacidad	ISO 2471	98,90	≥ 80	%

Fuente: Elaboración propia. En base a ContainerBoard, Aduanas, Obel Holding, OberGroup

Una vez definida las características y el tipo de producto por ofrecer, se determinaron los factores a considerar para seleccionar el área de mercado, en este caso se ha tenido en cuenta a la demanda, la disponibilidad de materia prima y la ausencia de empresas fabricantes de un producto similar en el departamento. Por lo tanto, el área geográfica para el presente estudio se encuentra principalmente en la ciudad de Lambayeque, ya que durante el año 2017 según el MINAGRI [6], la superficie cosechada de arroz fue de 50 012 ha. Posteriormente, se determinó la demanda insatisfecha de papel en el departamento, Revilla [22] en su investigación, demostró que las empresas productoras de bolsas de papel adquieren la materia prima (papel Kraft) principalmente de la ciudad de Lima, pues es donde se concentra el 80% de ellas, 6% en Arequipa y el resto otras ciudades del Perú.

Para analizar la situación actual de la demanda, se consideró el papel kraft para bolsas, cuya superficie es rugosa o plana y sus gramajes oscilan entre 20 a 250 g/m². De acuerdo con el Ministerio de la Producción [23], en el Perú durante el año 2018 la fabricación de papel y cartón aumentó en 29,62%. En donde las bolsas de papel tuvieron una participación del 2,41%. En la región Lambayeque no existe un registro de la demanda de papel, sin embargo, se puede estimar el consumo acorde con la generación de residuos sólidos por departamento. El Ministerio del Ambiente (MINAM) [24], menciona que este representa el 8,81% de los residuos generados. Además, considerando que el 2,41% del consumo de productos de papel y cartón, pertenece a las bolsas de papel a nivel nacional y asumiendo que cada región consume la misma cantidad de bolsas de papel, se proyectó el consumo de bolsas de papel, llegando a alcanzar en el año 2025 un consumo de 597 toneladas/año (ver anexo 2).

La oferta se consideró teniendo en cuenta que la producción a nivel nacional no es suficiente para abastecer la demanda y como consecuencia de este déficit, el Perú importa de otros países. En el año 2020 esta cantidad fue de 45 270 toneladas, siendo el principal país del cual se adquirió este producto, Chile (26 982 toneladas). [25] El tipo de papel que se ha considerado para realizar el análisis es el utilizado para sacos "bolsas", sin estucar ni recubrir, en bobinas "rollos" (ver anexo 2).

De acuerdo con la proporción de población de Lambayeque (3,92%) con respecto a la nacional, se calculó la cantidad de toneladas importadas que corresponderían al departamento, llegando a ser esta de 2 421 toneladas de papel Kraft para sacos "bolsas". De manera que, la demanda del proyecto se determinó en base a los países de menor participación en el mercado sin incluir a Chile y Brasil, pues son los países con mayor participación. [25], el porcentaje total a sumar sería de 18,1%. Sin embargo, debido a que se cuenta, con materia prima disponible suficiente, se podría llegar a ocupar cierto porcentaje extra de demanda insatisfecha, en este caso se considerará un 30% más debido a la cantidad de paja de arroz disponible en la región. Por lo tanto, el porcentaje de demanda insatisfecha a cubrir es de 48,1% (ver anexo 2). Para la elaboración del plan de ventas, se consideró que el papel de paja de arroz no se comercializa a gran escala dentro del mercado. Por lo tanto, por conveniencia se ha considerado el precio de un producto similar, en este caso el papel kraft para bolsas de papel. El cual osciló entre los S/. 2 408 y S/. 3 199,20 por tonelada del año 2016 al 2020, al proyectarlo para el año 2025 el precio de este producto será de S/. 2 569 por tonelada. En la tabla 3 se muestra el plan de ventas para el papel de paja de arroz, desde el 2021 hasta el 2025 basado en los años pronosticados y en la demanda del proyecto:

Tabla 3. Plan de ventas de acuerdo con la demanda del proyecto

Año	Demanda insatisfecha (t)	Demanda del proyecto (t)	Total de ingresos (S/.)
2021	1 725	830	2 131 278,75
2022	1 899	913	2 346 278,05
2023	2 073	997	2 561 277,35
2024	2 247	1 081	2 776 276,65
2025	2 421	1 164	2 991 275,95

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el sistema de comercialización o distribución que tendrá el producto será mediante canales directos. El proceso comienza desde el enrollado de las bobinas de papel hasta ser distribuido a las fábricas productoras de bolsas de papel para su uso. Además, en cuanto a la política de ventas que tendrá el producto, el precio oscilará en relación con los años proyectados y se estima que las ventas serán el 40% en efectivo y el 60% en un plazo máximo de 30 días.

Determinación de la localización de planta

Existen muchos factores determinantes del éxito o fracaso de un proyecto, uno de estos es la localización de la planta. Una selección acertada de la localización influye en la rentabilidad del proyecto. Por tal motivo el proceso de selección es muy riguroso, el lugar seleccionado debe disponer de los recursos y servicios necesarios, para cumplir con las exigencias de la organización. Para el cual se ha considerado primero un análisis a nivel macro, en donde se enfrentaron 3 localidades: Lambayeque, Ferreñafe y Chiclayo, siendo la ciudad de Chiclayo la localidad a nivel macro seleccionada. Posteriormente, se estimó el lugar a nivel micro, para este caso se consideró como alternativas a la ciudad de Pomalca, Tumán y Reque, siendo la ciudad de Reque la localidad a nivel micro seleccionada. Por lo tanto, la planta productora de papel de paja de arroz estará ubicada en provincia de Chiclayo, distrito de Reque. Es así que, el terreno propuesto se ubica frente a la panamericana Reque – Chiclayo, con carretera de acceso asfaltado, disponibilidad de luz trifásica y agua. Además, cuenta con resolución dada por OSINERGMIN y con un estudio de impacto ambiental aprobado. (ver anexo 4)

Especificación del proceso y tecnología

Para determinar la tecnología necesaria para la planta de papel de paja de arroz, primero se estimó el plan de producción en base al plan de ventas (ver tabla 3), con el cual se determinó que la producción en unidades de proyecto, considerando que cada bobina pesa 300 kg; para el año 2021 será de 2 765 bobinas, llegando en el año 2025 a una producción de 3 881 bobinas. Luego, se estableció el índice de consumo de materiales por unidad, teniendo así que por cada bobina producida se necesitan: 0,997 toneladas de paja de arroz, 0,225 kg de hidróxido de sodio, 82,27 m³ de agua y 1 tubo o bobina para el enrollado final del papel. En la tabla 4 se detalla el requerimiento de materiales por año.

Tabla 4. Requerimientos de materiales del proyecto

	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Directos					
Paja de arroz	2756,7	3034,8	3312,9	3591,0	3869,1
Hidróxido de sodio	497,8	548,0	598,2	648,4	698,6
Indirectos					
Bobina	2 765	3 044	3 323	3 602	3 881
Total	6020,1	6627,4	7234,7	7842,0	8449,3

Fuente: Elaboración propia

También se tiene que considerar la cantidad de materia disponible para abastecer la producción demandada. Por lo que, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) [6], las regiones con mayor cosecha de arroz son San Martín (26%), Piura (13%) y Lambayeque (12%) y para poder estimar la disponibilidad de materia prima, se debe conocer la superficie cosechada en la región. Ya que, una vez cosechado el arroz, se obtiene como residuo la paja. En el año 2017, a nivel departamental, la superficie cosechada fue de 50 012 ha, con una producción de 400 575 toneladas de arroz y según Suarez, Sagástegui, Seminario, Llanto, y Vergara [26] el rendimiento de paja de arroz varía entre 6 a 8 t. por hectárea sembrada. Es decir, considerando un promedio de 7 toneladas, se obtendrían 350 084 toneladas de paja de arroz seca. De modo que se tomaron dichos datos para calcular el rendimiento del arroz cáscara y su proyección en los próximos años, teniendo en cuenta que la paja de arroz utilizada en el artículo en mención corresponde a la región Lambayeque. Como resultado se obtuvo que para el año 2025 la disponibilidad de paja de arroz será de 492 433 toneladas por hectárea sembrada.

Una vez calculado el plan de producción y el requerimiento de materiales se describió el proceso productivo para obtener papel de paja de arroz:

Acopio de materia prima: La paja de arroz es llevada en presentación de pacas para facilitar su traslado a la empresa y concretar su posterior transformación en papel, ya que al estar en pedazos más cortos permiten un mejor aprovechamiento de ella en el proceso. Saldívar [9] utilizó una muestra de paja de 5 cm de longitud pues se realizó a escala de laboratorio. Sin embargo, de acuerdo con el técnico agrario Perla [27] la longitud de corte de la paja en la cosecha oscilan entre 10 a 15 cm aproximadamente y este valor puede disminuir debido a su compactación en pacas. La presente investigación se proyecta a escala industrial, por lo tanto, los valores mencionados se encuentran dentro de un rango aceptable.

Selección: Al proceso ingresa la paja de arroz, esta pasa por un proceso de selección para eliminar las impurezas como polvo, ramas, tallos y demás. Aucapuma [28] señala que en este proceso se elimina un 1,65% de impurezas.

Lavado: Posterior a la selección, la paja se somete a un proceso de lavado con el fin de hidratar la paja y evitar el exceso de agua en consumo en la digestión. Por cada kg de paja que entra en esta etapa se usan 20 litros de agua.

Digestión de paja de arroz: Para obtener la pulpa de paja de arroz, la materia prima es sometida a un proceso de alto rendimiento con hidróxido de sodio (NaOH) a presión atmosférica. Aucapuma [28] utilizó para su investigación un tiempo de digestión de 75 minutos, a temperatura de 170°C y una solución de NaOH al 15%. Sin embargo, de acuerdo Udomdeja [17] las condiciones óptimas para obtener una pulpa de buena calidad son: un tiempo de digestión de 2 horas, a temperatura de 100°C y con una solución al 2% en peso de NaOH. Pues, como se mencionó en párrafos anteriores las concentraciones altas de hidróxido afectan algunas características físico-mecánicas de la pulpa, así como su rendimiento.

Lavado: La pasta de paja de arroz obtenida durante la digestión, se lava dos veces con agua hasta obtener la neutralidad. En esta etapa se utiliza 1,14 litros de agua por cada kg de paja entrante al lavado, obteniéndose también una relación de licor negro de 4:1. [28]

Centrifugado: Posteriormente pasa por un proceso de centrifugación, para eliminar el exceso de agua (5%) [28] procedente de la operación anterior.

Tamizado: En esta etapa se separan los haces fibrosos presentes en la pasta. En donde se elimina un 5% de ellos. [28]

Refinado: La pasta procedente de la operación anterior, se refina, es decir se cortan las fibras con la finalidad de adaptarlas al tipo de papel deseado. Ya que, es este proceso el que define el grado de resistencia que tendrá el producto al plegado, reventado y rasgado. En esta etapa de acuerdo con Auccapuma [28] se obtienen un 5% de pérdidas.

Desgote: El producto del refinado pasa por una mesa plana que a través de unos rodillos que hacen la función de un tamiz al escurrir el agua sobrante de los procesos anteriores, la pasta a este proceso llega con un 70,31% de humedad [28], además permite que las fibras se entrelacen. Al pasar posteriormente por los desagotadores, los cuales son unos rodillos debajo de la mesa plana, elimina un 40% de agua y aplana el papel.

Prensado: Este proceso elimina el agua aún presente en la hoja al salir de los desagotadores, es decir se retira un 50% de humedad más. [29] A esta etapa el papel llega con un 42,19% de humedad. Aquí se comprimen las capas de las fibras para aumentar la superficie de contacto entre ellas, logrando el espesor y homogeneidad deseada en la superficie.

Secado: El papel pasa por unos cilindros previamente calentados para absorber la humedad restante presente en las paredes y el exterior de la fibra, aproximadamente un 3% más, dejando el producto con una humedad final de 5%.

Bobinado: El papel se enrolla en bobinas de 300 kg, con dimensiones de 0,6 x100 metros.

Embalaje y etiquetado: Para evitar daños en el producto terminado, las bobinas se embalan con una envoltura impermeable y se etiquetan, listas para su almacenamiento o para su entrega final.

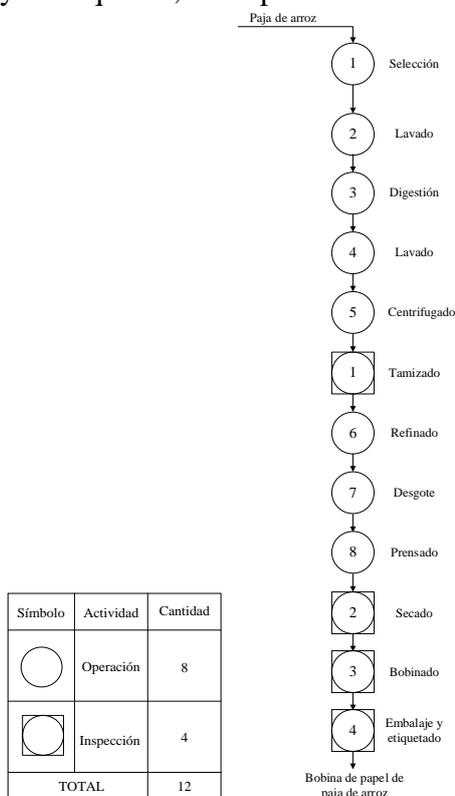


Figura 1. Diagrama Operaciones para el papel de paja de arroz

Fuente: Elaboración propia

El balance de materia se detalla en la figura 2 a fin de establecer las dimensiones de la maquinaria necesaria para la ejecución del proceso.

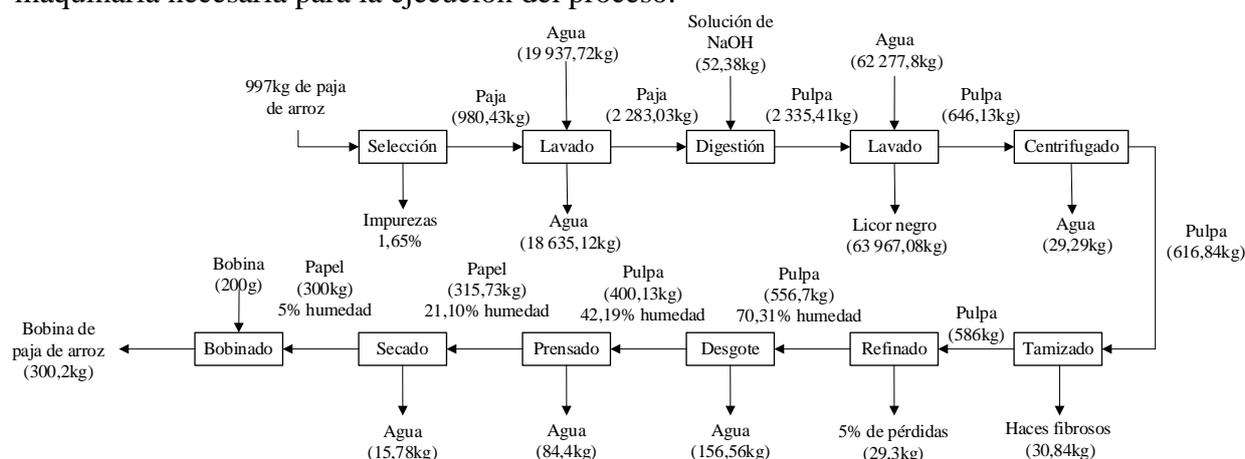


Figura 2. Balance de materia prima para el papel de paja de arroz

Fuente: Elaboración propia. En base a Auccupuma 2018

Asimismo, se calculó la capacidad de planta y los indicadores de producción en base a la demanda del proyecto. Para la capacidad de diseño se tuvo en cuenta la demanda de proyecto del año 2025, pues la empresa llegará a producir 1 164 t/año de papel. Considerando una jornada laboral de 26 días/mes y 12 meses/año, se obtuvo como resultado una capacidad de 4,48 t/día de papel, que en bobinas es una cantidad de 15 unidades/día. Por otro lado, para la capacidad real se tomó el primer año de proyección el cual es de 830 t de papel, siendo esta de 3,191 t/día, que en unidades es una capacidad de 11 bobinas/día. De modo que, la capacidad utilizada de la planta para el primer año de producción es de 71,25%. Para hallar la productividad del proceso, se calculó en base a la cantidad de materia prima utilizada (997 kg de paja de arroz) y la producción obtenida (300 kg de papel), siendo esta de 30,09%.

Una vez especificado todo lo anterior, se seleccionó la tecnología adecuada para el proceso, mediante una matriz de ponderación, considerando a la marca, procedencia, capacidad, dimensiones, potencia y precio como los factores utilizados. Así mismo, se determinó la eficiencia de la planta al calcular el número de estaciones y los tiempos de ciclo de cada etapa del proceso a partir de las capacidades de cada máquina escogida. Como resultado se obtuvo un tiempo de ciclo de 0,52 min por cada kg de papel producido y cuello de botella de 0,096 min/kg, de modo que la cantidad de estaciones mínima en la línea producción es de 6. Por lo tanto, los resultados obtenidos muestran que la planta industrial trabajará con una eficiencia de 90,5%. También, con los datos mencionados se determinó el requerimiento de mano de obra mínima en el área de producción, siendo este de 4, considerando un tiempo disponible operativo de 480min/día. En la tabla 5, se detalla la maquinaria seleccionada con su respectiva capacidad y potencia.

Tabla 5. Maquinaria para el proceso de producción de papel de paja de arroz

Maquina	Tiempo de ciclo (min/kg)	Capacidad (t/h)	Potencia (kW)
Selectora	0,06	1	75
Lavadora 1	0,03	1,88	75
Digestor	0,01	1,8	100
Lavadora 2	0,01	4,17	160
Centrifugadora	0,04	1,5	6,18
Tamizadora	0,05	1,25	30
Refinado	0,05	1,25	37
Desagotador	0,05	1,25	5,5
Prensado	0,07	0,92	3,5
Secador	0,10	0,63	9,6
Bobinadora	0,06	1,03	7,5

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba, Made In China

Diseño y distribución de planta

Después de conocer el proceso y la tecnología necesaria para llevarlo a cabo, se diseñó la planta en base al método guerchet y las normativas del Reglamento Nacional de Edificaciones para el cálculo del tamaño mínimo de las áreas. Los parámetros por considerar para el uso de esta metodología son: un coeficiente de superficie evolutiva de 0,5, altura promedio de elementos móviles y fijos, cantidad de elementos, número de lados utilizados y las superficies estática, gravitacional, evolutiva y total. A continuación, se detallan las áreas con sus respectivos tamaños.

Almacén producto terminado: De acuerdo con la norma A.060 se toma como referencia para almacenes un área de 40m² por persona. Para calcular las dimensiones se ha considerado las dimensiones de cada bobina, las cuales son: 0,6 x 100 m, también se tuvo en cuenta la posición en las que serán apiladas, es decir de manera horizontal, para mayor seguridad de los trabajadores. Considerando tener un almacén para un despacho de cada 3 días, las dimensiones de acuerdo con el Guerchet serían de aproximadamente 157,72 m².

Almacén de materia prima (Paja de arroz): Para este almacén se tuvo en cuenta las medidas de las pacas de paja de arroz, las cuales son las siguientes: longitud 150 cm, ancho 60 cm y altura de 50 cm, considerando un peso de 70 kg. Se debe considerar que por bobina se necesitan aproximadamente 997 kg de paja de arroz, para un día de producción se necesitan 10 965kg de paja equivalente a 157 pacas al día. Una paca ocupa un área de 0,176 m², por lo tanto, el área a ocupar por día es de 27,63 m². El almacén estará distribuido por 6 zonas y el pedido se hará cada 4 días, en donde se tendrá en cuenta una base de 15 pacas y estarán apiladas de 7 una encima de otra, considerando los 6 espacios, da un total de 630 pacas. Y a través del método guerchet, considerando los operarios, montacargas, balanza para camiones y las medidas de las pacas, el área aproximada de 180,89 m².

Almacén de materia prima (NaOH y Cal): Para determinar el área de este almacén se ha considerado las medidas de las bolsas de 25 kg de NaOH y Cal, las cuales son: longitud 35 cm, ancho 45cm y de altura 30 cm. Además, se tiene en cuenta la cantidad de operarios, los montacargas y la balanza para camiones. Por lo tanto, a través del método Guerchet es de 28,32 m².

Área de producción: Para el cálculo de esta área se tuvo en cuenta la maquinaria establecida previamente para la elaboración de papel de paja de arroz, así como también las maquinarias necesarias para la recuperación de químicos del licor negro. También, se consideró la cantidad de trabajadores en el área, dando un total de 297,49 m². (ver anexo 3)

Laboratorio de calidad: Esta área se calculó en base a las personas que estarán dentro de ella, es decir, en este caso el jefe de calidad, los operarios y el mobiliario necesario. La cual de acuerdo con el método Guerchet es de 43,80 m².

Área de mantenimiento: De acuerdo con la norma A.060 se toma como referencia un área de 5m² por persona. Esta área se determinó en base a las personas que circularán dentro de ella, es decir, en este caso el jefe de mantenimiento y el mobiliario necesario. La cual es de 12,65 m².

Área de seguridad: Esta área se calculó en base a las personas que estarán dentro de ella, es decir, en este caso el jefe de calidad, los operarios y el mobiliario necesario. La cual de acuerdo con el método guerchet es de 20,43 m².

Oficina de producción: Esta área se determinó en base a las personas que circularán dentro de ella, es decir, en este caso el jefe de producción y el mobiliario necesario. La cual es de 15,74 m².

Área de administración: Toda empresa debe contar con un área administrativa, misma que se encarga de gestionar y administrar todos los costos, recursos humanos, inversiones, etc. referentes a la producción de papel de paja de arroz, para que la empresa u organización se desarrolle de manera sostenible. Para esta área hemos considerado las siguientes subáreas: Gerencia, Secretaría, Logística, Finanzas y una sala de reuniones.

Para realizar el cálculo respectivo se ha tomado como referencia el artículo 6 de la norma A.080 Oficinas del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el que se especifican las medidas a considerar. Con el método Guerchet se pudo determinar que esta área tiene una dimensión de 161,18 m².

Servicios Higiénicos de Producción: Para realizar el cálculo respectivo se ha tomado como referencia el artículo 21 de la norma A.060 Industria del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el que se especifican la cantidad de servicios higiénicos dependiendo de la cantidad de trabajadores presentes en el área. Además, no deben tener una distancia mayor a 30 m del puesto de trabajo más alejado. De acuerdo con el reglamento se debe considerar: 1 lavatorio, urinario, inodoro y ducha tanto para hombres como para las mujeres. Además, cada uno cuenta con su propio vestidor, donde se preparan con todos los equipos de protección persona especializados para empezar la jornada laboral. Esta área tiene una dimensión de 72,41 m².

Servicios Higiénicos de Administración: Para realizar el cálculo respectivo se consideró el mismo artículo tomado para el cálculo de los SS. HH de producción. De acuerdo con el reglamento se debe considerar: 1 lavatorios urinarios, inodoro y ducha tanto para hombres como para las mujeres. Aunque para mayor confort de los trabajadores, se consideró un baño independiente para gerencia y 4 baños repartidos entre las demás oficinas. Esta área tiene una dimensión de 9,39 m².

Comedor: De acuerdo con la norma A.070 se considera 1,5 m² por persona, teniendo en cuenta la cantidad total de trabajadores. El área total de acuerdo con el Guerchet será de 36,21 m².

Caseta de seguridad: Personal encargado de recibir personas o materiales que deseen ingresar en las instalaciones de la empresa. Se encarga de velar por la seguridad de la empresa,

haciendo cumplir las normas y políticas que tiene la organización. Para este caso se contará con 2 vigilantes para la respectiva rotación cada 15 días. El área total de caseta es de 12,85 m².

Estacionamiento: Los estacionamientos se proponen de acuerdo con la norma A.010. Para lo que se tomará en cuenta, la cantidad de oficinas que se tenga en la empresa, teniendo en cuenta tanto trabajadores como directivos, así como las dimensiones de vehículos de materia prima y producto terminado. Además, de acuerdo con la norma técnica A.120 indica que deben reservarse espacios de estacionamiento exclusivo para vehículos que transportan o son conducidos por personas con discapacidad. Siendo el área total de 327 m².

Áreas verdes: De acuerdo con la norma A.010 se establece que el total de áreas verdes es igual al 30% del total de área de planta, por lo tanto, tenemos: 425,22 m².

Por lo tanto, la suma de todas las áreas da un total de 1 323,5 m², lo que indica que ese será el tamaño mínimo por considerar al momento de diseñar el plano (ver anexo 1), teniendo en cuenta que el tipo de distribución que tendrá la planta será con enfoque por producto debido a que este recorrerá toda la línea de producción sufriendo cambios de tamaño, espesor y calidad para terminar en la bobina de papel.

También, a través del Systematic Layout Planning (SLP) se determinó la relación de proximidad o intensidad de comunicación entre departamentos. Considerando la siguiente escala de valorización de relación de actividades: A: absolutamente, E: Especialmente, I: Importante, O: Ordinaria, U: Indiferente, X: Indeseable. Como resultado del análisis, se propuso el siguiente croquis como modelo base.

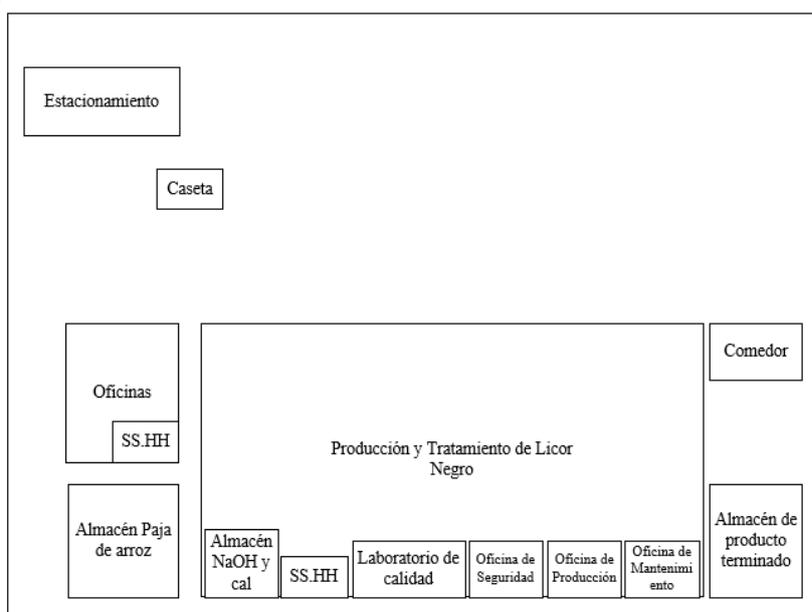


Figura 3. Croquis de la planta procesadora de papel de paja arroz
Fuente: Elaboración propia

Debido a que en el proceso se obtiene como residuo el licor negro, también se realizó el diseño de un sistema de tratamiento para la disposición de este residuo. El tratamiento propuesto consiste en la recuperación de químicos utilizados dentro del proceso de digestión, es decir del Hidróxido de Sodio. A continuación, se describe el proceso necesario para llevarlo a cabo:

Evaporación: Al proceso ingresa el licor negro proveniente de la etapa de lavado. Este es sometido a un proceso de evaporación, según Fernández [30] a 90°C y baja presión (vacío) con el fin de disminuir su humedad hasta un 40%, obteniéndose el licor concentrado, de acuerdo con Becerra [30] el licor negro se concentra hasta un 24% de su peso inicial.

Combustión: De acuerdo con Fernández [30] en la caldera de recuperación a 950 °F (510°C) y a una presión de 1 850 psi (12,6MPa), el licor negro reacciona con el O₂, dando paso a la combustión de la materia orgánica, en donde se quema generando 1 parte de vapor por cada 2

partes de licor negro concentrado, mismo que puede ser aprovechado para generar energía eléctrica a través de una turbina de vapor. La materia inorgánica restante se recupera en forma de material fundido, aproximadamente un 20%. [31]

Disolución: El material fundido proveniente de la combustión se descarga en un tanque de disolución, en donde se disuelve formado el licor verde. Este material contiene impurezas orgánicas, principalmente Ca y Fe.

Clarificación: El sedimento insoluble del licor verde se elimina mediante la decantación y se lava con agua. Se dosifica 17% de agua por cada parte de fundidos. [31]

Caustificación: Al proceso de caustificación ingresa el licor verde clarificado y la cal (se usa 5% de cal respecto de la masa de fundidos) [31], mismas que son bombeadas al tanque caustificador a temperaturas muy altas (70 – 120°C) entre 10 a 20 minutos [32] que permiten la reacción de la cal a hidróxido de calcio Ca(OH)_2 . Finalmente, el licor que sale del apagador fluye hacia unos tanques de agitación, ayudando a completar la reacción de caustificación, convirtiendo al carbonato de sodio en hidróxido de sodio (NaOH), sosa activa. Por cada 1 000 kg de licor verde que ingresan al proceso se obtiene 1,93kg de NaOH. [30]

Calcinación: Del proceso se anterior se obtiene el carbonato cálcico (CaCO_3) formado en la reacción de caustificación, este ingresa a un horno en donde se retira el agua y se descompone emitiendo CO_2 , permitiendo recuperar de esa manera la cal para volver a ser utilizada dentro del proceso.

En la tabla 6, se detalla la maquinaria seleccionada con su respectiva capacidad y potencia.

Tabla 6. Maquinaria para el proceso de recuperación de químicos del licor negro

Maquina	Capacidad (t/h)	Potencia (kW)
Evaporador	0,23	50
Caldera	15	8,1
Tanque de disolución	5,5	1,5
Clarificador	10	8
Tanque de mezcla de soda cáustica	5,5	11
Horno de cal	8	135

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba, Made In China

Luego de definir todo el proceso tanto para la producción de papel de paja de arroz como para el tratamiento del licor negro, así como sus máquinas respectivas y área que ocupan. Es necesario definir el control de calidad necesario dentro del proceso productivo y en la verificación del producto terminado. Para el primero, se sabe que este es semiautomatizado, por lo tanto, es necesario realizar mantenimiento periódico a las máquinas para evitar paradas dentro del proceso y desperfecto en el producto final por averías o ausencia de calibración en las máquinas. Por lo otro lado, la etapa de digestión de la pulpa, es una de las más importantes, pues se debe inspeccionar correctamente la cantidad de químicos y los parámetros correctos de temperatura, presión y tiempo a utilizar para obtener un producto de calidad. Finalmente, el control del producto terminado debe ser realizado constantemente para asegurar la conformidad de los clientes con el producto. Para esto se realizan dos tipos de evaluaciones, la primera es un control de los aspectos superficiales tales como la medición de sus dimensiones y parámetro

del color (claridad, opacidad y transparencia); y el segundo control se basa en la evaluación de sus propiedades como su resistencia a la rotura, tracción, desgarro, plegado y rigidez, así como también la longitud de rotura y alongamiento. Además, se debe verificar que el espesor y gramaje están dentro de los parámetros establecidos en la ficha técnica del producto.

Determinación del recurso humano

La estructura organizacional que tendrá la empresa estará compuesta por los siguientes puestos de trabajo:

Gerente General: Su función es dirigir y supervisar las actividades de las distintas áreas de la empresa. Así como también, asegurar la rentabilidad y el cumplimiento de los objetivos estratégicos establecidos.

Jefe de Producción: Es el responsable de velar por la eficiente fabricación del producto a lo largo de todo el proceso. Además, debe gestionar de manera equilibrada la utilización de los materiales.

Jefe de Seguridad: Se encarga de la implementación y cumplimiento de los planes de seguridad dentro de la empresa. En el Anexo 5, se detalla de manera general, lo necesario para la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. Además de asesorar e inspeccionar de acuerdo con la legislación y normas vigentes.

Jefe de Calidad: Supervisa y evalúa todo lo relacionado a la calidad de producto con el fin de mejorar continuamente los procesos en beneficio de la empresa.

Jefe Logística: Responsable de garantizar un adecuado control y gestionamiento del proceso de gestión logística, abarcando desde la adquisición de las materias primas, insumos y/o materiales hasta el hacer llegar los productos terminados hacia el cliente.

Jefe Mantenimiento: Su función es conservar el estado de todas las máquinas y equipos presentes en la línea de producción, a fin de conseguir un producto de calidad.

Jefe de Finanzas: Gestiona y fiscaliza los recursos económicos y financieros de la empresa con el fin de incrementar su utilidad y rentabilidad.

Evaluación de la viabilidad económica – financiera

Para el desarrollo del proyecto, es necesario establecer la inversión a realizar para llevarlo a cabo.

Primero, se debe realizar una evaluación de la inversión fija (tangibles). Para lo cual se tiene en cuenta lo siguiente:

Terreno: El costo por metro cuadrado del terreno para la planta productora de papel es de S/ 160,39. Para el proyecto se necesitan aproximadamente 1 323,5 m², sin embargo, considerando que la producción puede aumentar en los años posteriores, el terreno destinado tiene un área de 6 858 m², con 70 m de fondo y 104 m de frente y acceso asfaltado. Por lo tanto, el costo del terreno es de S/. 1 099 954,62.

Edificios y construcciones: Para el cálculo de la inversión destinada a la construcción de la planta, se tuvo en cuenta el costo m² dados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [33].

Instalaciones: Otro costo por considerar es el de las instalaciones eléctricas y sanitarias. De acuerdo, con diario El Peruano [33] existen costos para cada región, teniendo en cuenta la Costa, el monto a considerar es de S/. 82,21 por m², el cual incluye agua fría, agua caliente, corriente trifásica y teléfono.

Maquinaria y equipos: Para la fabricación de papel de paja de arroz es necesario el uso de cierta maquinaria (ver tabla 5 y 6) y equipos para el proceso productivo. También, se tiene que considerar los equipos necesarios para el transporte, almacenamiento y demás actividades auxiliares al proceso productivo.

Mobiliario y equipo de oficina: Los costos incluidos en esta parte son los mobiliarios y equipos de oficina necesarios para las oficinas (área administrativa), oficina de producción, mantenimiento y laboratorio de calidad. Tales como escritorios, sillas, mesa, estantes, etc.

Equipo de laboratorio de calidad: Esta área debe estar equipada para realizar las pruebas respectivas a la verificación de la calidad tanto de la materia, como del producto en proceso y el final.

Vehículos para transporte: Costos de los vehículos necesarios para el transporte de la materia prima y la distribución del producto terminado.

Todos estos costos de inversión fija dan una suma total de S/ 5 060 505,70, los cuales se resumen en la tabla 7.

Tabla 7. Resumen de costos de la inversión tangible

Inversión tangible	Total (S/)
Terrenos	S/ 1 099 954,62
Construcciones	S/ 665 414,55
Infraestructura industrial	S/ 225 68133
Instalaciones	S/ 188 120,31
Maquinaria	S/ 2 142 149,94
Equipo de producción	S/ 188 990,40
Equipos de oficina	S/ 25 161,60
Equipos de laboratorio	S/ 4 072,93
Transporte	S/ 520 960
Total	S/ 5 060 505,70

Fuente: Elaboración propia

Luego se debe realizar una evaluación de los costos incluidos en la inversión diferida (tangible). Los cuales son las licencias y permisos necesarios para el funcionamiento, construcción e instalación de la planta (S/ 4 135), el flete de la maquinaria y equipos (S/ 44 624,92) y adicional a ellos también se tiene que considerar los impuestos aduaneros, por lo que el monto total a pagar en la inversión diferida es de S/ 428 905,80.

Otro punto a considerar es el capital de trabajo, donde se tiene en cuenta los costos de producción, en donde se tiene en cuenta el costos de materiales directos (paja de arroz e hidróxido de sodio) e indirectos (tubos de cartón), costos de materiales para tratamiento (cal), costos de mano de obra directa e indirecta; para el cálculo de los sueldos de cada se tuvo en cuenta los beneficios sociales asignados a cada empleado (asignación familiar, gratificaciones, Compensación por Tiempo de Servicios, EsSalud y Seguro de vida) y costos por suministros eléctricos; para el cual se consideró el consumo de energía de la maquinaria utilizada al año y costos de 0,22 S//kW, dando así un total de S/1 022 938,64 en el primer año. También, se suma a este capital los gastos de comercialización en donde se encuentra, el sueldo de jefe de logística, así como los gastos por papelería, movilidad, comisiones y todos lo invertido en transporte, siendo así una suma de S/ 39 350,27. A esto se le suma los gastos administrativos, en donde se considera todo lo invertido en materiales, útiles de oficina, así como el consumo eléctrico de los equipos de oficina, servicios de internet, telefonía y agua, dando un total de S/ 250 651,99. Finalmente, se adiciona los intereses y amortizaciones considerados en los gastos financieros, estos son un punto importante para determinar la adquisición de activos fijos y del capital de trabajo, mismos que son lo que permiten demostrar el sustento económico que tiene el proyecto para poder realizar sus actividades. Para el presente proyecto la tasa utilizada para realizar el financiamiento es dada por la Superintendencia de Banca y Seguros a la fecha 24 de septiembre del 2020 [34], la cual es del 14,45% pues es la que corresponde a prestamos mayores

a 360 días. Además, el préstamo solicitado para esta investigación tiene un periodo de recuperación de 15 años, tal y como se aprecia en la tabla 8.

Tabla 8. Gastos financieros

	Preoperativo	1 año	2 año	3 año	4 año
Préstamo A	S/. 4 489 104,26				
Largo Plazo					
Intereses		S/. 648 675,57	S/. 605 430,53	S/. 562 185,49	S/. 518 940,45
Amortizaciones		S/. 299 273,62	S/. 299 273,62	S/. 299 273,62	S/. 299 273,62
Total		S/. 947 949,18	S/. 904 704,15	S/. 861 459,11	S/. 818 214,07

Fuente: Elaboración propia

Por ende, en la tabla 9 se resumen el capital de trabajo requerido para la ejecución. Sin embargo, como se puede observar, la utilidad acumulada desde el primer año hasta el segundo año no es suficiente para cubrir los egresos. Entonces, para este caso el capital de trabajo sería el último año negativo, es decir S/ 7 020,58.

Tabla 9. Capital de trabajo

	1 año	2 año	3 año	4 año
Ingresos	S/. 2 131.278,75	S/. 2 346 278,05	S/. 2 561 277,35	S/. 2 776 276,65
Total	S/. 2 131.278,75	S/. 2 346 278,05	S/. 2 561 277,35	S/. 2 776 276,65
Egresos				
Costos de producción	S/. 998 568,64	S/. 1 053 350,89	S/. 1 108 133,13	S/. 1 162 915,38
Gastos administrativos	S/. 250 651,99	S/. 250 651,99	S/. 250 651,99	S/. 250 651,99
Gastos de				
comercialización	S/. 39 350,27	S/. 39 350,27	S/. 39 350,27	S/. 39 350,27
Intereses	S/ 648 675,57	S/ 605 430,53	S/ 562 185,49	S/ 518 940,45
Amortizaciones	S/ 299 273,62	S/ 299 273,62	S/ 299 273,62	S/ 299 273,62
Total	S/. 2 236 520,08	S/. 2 248 057,29	S/. 2 259 594,50	S/. 2 271 131,71
Saldo (déficit/superávit)	-S/. 105 241,33	S/. 98 220,76	S/. 301 682,85	S/. 505 144,94
Utilidad Acumulada	-S/. 105 241,33	-S/. 7 020,58	S/. 294 662,27	S/. 799 807,21

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el cálculo de todos los costos ya mencionados, se arma el cronograma de inversión para la implementación del proyecto. En donde el 22% del proyecto lo asumirá el promotor y el 78% será financiado. Este se detalla en la tabla 10.

Tabla 10. Cronograma de inversiones

Descripción	Inversión total	Promotor del proyecto	Financiamiento
Capital De Trabajo	S/ 7 020,58	S/ 7 020,58	
Inversión tangible			
Terrenos	S/ 1 099 954,62	S/ 164 993,19	S/ 934 961,43
Construcciones	S/ 665 414,55		S/ 665 414,55
Infraestructura industrial	S/ 225 681,33		S/ 225 681,33
Instalaciones	S/ 188 120,31	S/ 188 120,31	
Maquinaria	S/ 2 142 149,94	S/ 214.214,99	S/ 1 927 934,95
Equipo de producción	S/ 188 990,40		S/ 188 990,40
Equipos de oficina	S/ 25 161,60		S/ 25 161,60
Equipos de laboratorio	S/ 4 072,93	S/ 4 072,93	
Transporte	S/ 520 960,00		S/ 520 960,00
Total	S/ 5 060 505,70	S/ 571 401,43	S/ 4 489 104,26
Inversión intangible			
Gastos preoperativos	S/ 428 905,80	S/ 428 905,80	
Total	S/ 428 905,80	S/ 428 905,80	
Imprevistos (5%)	S/ 274 470,57	S/ 274 470,57	
TOTAL	S/ 5 763 882,07	S/ 1 164 571,18	S/ 4 489 104,26
%	100	22	78

Fuente: Elaboración propia

Después de desarrollar todo lo anteriormente mencionado se debe conocer el punto de equilibrio, ya que de esa forma la empresa podrá determinar en qué punto empezará generar utilidades o en su defecto conocer la cantidad mínima a vender para no presentar pérdidas. Siendo el punto equilibrio económico del primer año de S/ 2 329 298,18 y en unidades de 3 022 bobinas, llegando a ser en el quinto de S/ 1 796 155,81 y de 2 330 bobinas respectivamente.

Finalmente, se realizó la evaluación económica financiera basada el flujo de caja (ver tabla 11). A través de los indicadores como la Tasa Mínima Aceptada de Rendimiento (TMAR), el Valor Actualidad Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio/Costo (B/C), es que se evalúa si el proyecto será o no viable. Para hallar el TMAR es necesario la tasa de inflación en el país y lo que el porcentaje que el inversionista piensa obtener como beneficio del proyecto. De acuerdo con el diario El Peruano, la tasa de inflación en los últimos meses del año 2020 es de 1,86% [35]. Sin embargo, la Cámara de Comercio el rango meta de tasa de inflación establecida es entre 1% y 3% [36] y para evitar variaciones al momento de realizar los cálculos se ha considerado para la presente investigación una tasa del 2%, siendo así el TMAR global de 15%. Con ayuda del VAN se comprueba si un proyecto es rentable o no, en este caso su valor es de S/ 46 240,44 con un TIR de 17%, y al ser este mayor al TMAR Global indica que el proyecto es aprobado. A esto, se le adicionó el análisis costo-beneficio como complemento de la investigación, el cual trajo como resultado S/ 1,12, lo que significa que por cada S/ 1,00 invertido, se ganará aproximadamente S/ 0,12. Además, se estimó el periodo de recuperación de la inversión, mismo que se obtiene a partir del flujo de caja acumulado. Dando como resultado un tiempo retorno de inversión de 1 año con 8 meses y 20 días. Así mismo, se realizó un análisis de sensibilidad, para determinar qué tan susceptible es el proyecto a las fluctuaciones del mercado, específicamente a la demanda. Dando como

resultado, que esta no puede disminuir más del 13%, pues el proyecto de inversión se consideraría no viable, con un TIR de 13,38%, siendo este menor al TMAR Global de 15%.

Tabla 11. Flujo de caja anual

	0 año	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Inversión						
Capital Social	S/ 1 164 571,18					
Préstamos a CP y LP	S/ 4 489 104,26					
Total	S/ 5 653 675,44					
Ingresos						
Ventas al Contado		S/ 1 278 767,25	S/ 1 407 766,83	S/ 1 536 766,41	S/ 1 665 765,99	S/ 1 794 765,57
Ventas a crédito (30 días)		S/ 781 468,87	S/ 931 344,58	S/ 1 017 344,30	S/ 1 103 344,02	S/ 1 189 343,74
Total		S/. 2 060 236,12	S/. 2 339 111,41	S/. 2 554 110,71	S/. 2 769 110,01	S/. 2 984 109,31
Egresos						
Costos de producción		S/ 998 568,64	S/ 1 053 350,89	S/ 1 108 133,13	S/ 1 162 915,38	S/ 1 217 697,63
Gastos administrativos		S/ 250 651,99				
Gastos de comercialización		S/ 39 350,27				
Gastos financieros		S/ 947 949,18	S/ 904 704,15	S/ 861 459,11	S/ 818 214,07	S/ 774 969,03
Total		S/ 2 236 520,08	S/ 2 248 057,29	S/ 2 259 594,50	S/ 2 271 131,71	S/ 2 282 668,92
Depreciación		S/ 590 476,78				
Saldo Bruto (antes de impuestos)		-S/ 766 760,74	-S/ 499 422,67	-S/ 295 960,58	-S/ 92 498,49	S/ 110 963,60
Impuesto a la renta (30%)		-S/ 230 028,22	-S/ 149 826,80	-S/ 88 788,17	-S/ 27 749,55	S/ 33 289,08
Saldo (después de impuestos)		-S/ 536 732,52	-S/ 349 595,87	-S/ 207 172,41	-S/ 64 748,94	S/ 77 674,52
Depreciación		S/ 590 476,78				
Saldo Final (déficit/superávit)	-S/ 1 057 343,18	S/ 53 744,26	S/ 240 880,92	S/ 383 304,38	S/ 525 727,84	S/ 668 151,31
Utilidad Acumulada	-S/ 1 057 343,18	-S/ 1 003 598,91	-S/ 762 718,00	-S/ 379 413,62	S/ 146 314,23	S/ 814 465,53

Fuente: Elaboración propia

Discusiones

Respecto al estudio de mercado, Baca [37] en su libro menciona que desarrollarlo dentro de un proyecto de inversión es de suma importancia. Pues, permite establecer el posible éxito o fracaso de la venta de determinado producto, así como también la demanda de proyecto, política de ventas y la forma más adecuada de comercializarlo. El presente artículo consideró abarcar el 48,1% de la demanda insatisfecha, y aunque el porcentaje que se asume es alto, otros investigadores como Revilla [22] en su investigación realizada para la instalación de una planta de producción de bolsas a base papel reciclado, plantea atender el 100% de la demanda potencial insatisfecha; pues cuenta con materia prima suficiente. Además, menciona que empezará por cubrir el 50% de la demanda existente el primer año llegando al 100% al final de la demanda proyectada. Otro caso similar es el de Manobando [38] quien en su estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de bio-papel a base de desechos naturales de caña de azúcar (bagazo) plantea cubrir el 43,09% de la demanda insatisfecha de su proyecto, pues debido a la encuesta realizada demostró que existe demanda que no está siendo atendida y que además cuenta con suficiente materia prima disponible. A pesar de ser mercados nuevos, debido a la insatisfacción de la oferta, ambos proyectos abarcan grandes porcentajes de sus respectivas demandas. Tal y como sucede con el papel de paja de arroz, pues es un producto nuevo en el mercado. Sin embargo, cada día se incrementa aún más la necesidad de trabajar con productos eco amigables con el medio ambiente.

Respecto a la determinación de la localización de planta, Córdova [39] en su investigación elaborada para la instalación de una planta productora de bolsas biodegradables en la provincia de Piura, demostró a través de una matriz de factores ponderados que, al tomar las mismas variables usadas en la presente investigación, la ubicación de su proyecto era el distrito 26 de octubre. Pues, cuenta con cercanía al mercado, mano de obra y vías de transporte disponibles para la comercialización del producto. Del mismo modo, la ciudad elegida en el presente artículo fue el distrito de Reque, ya que cuenta con todo lo necesario para llevar a cabo la ejecución del proyecto.

Respecto al diseño de ingeniería, Valdez, Parra, Madai y López [40] en su investigación realizada demostraron que con la aplicación del método Guerchet y el Systematic Planning Layout se pueden reducir los problemas ergonómicos relacionados con la mala distribución de un área de trabajo. En su caso, el puesto de un área pasó de 16,56 m² a 22,59 m², mejorando de esa manera el flujo de tareas y de personas. Por tal motivo, para el presente artículo se consideró aplicar las metodologías mencionadas. Además, Suhardini, Septiani y Fauziah [41] demostraron que a través del método SLP se logró aumentar la producción hasta en un 37,5% y además redujo el costo de flujo de materiales entre áreas en un 10,98% empresa P.T Gunaprima Budiwijaya.

Respecto al análisis económico financiero, Córdova [39] en su estudio de prefactibilidad obtuvo un TIR de 24,05% y un TMAR Global de 15,82% y siendo este mayor al TIR, se consideró un proyecto aprobado con un costo beneficio S/ 0,14. Otro caso similar es el de Revilla [22], quien obtuvo valores semejante al presente proyecto, con un TIR de 47,94% y un TMAR Global de 23,28%, dando como resultado un proyecto aprobado con un costo – beneficio de S/ 0,74 y un período de recuperación de 3 años con 2 meses y 19 días.

Estudio de sostenibilidad ambiental

Analizar el impacto ambiental generado en un proyecto de inversión es fundamental para poder llevar a cabo su ejecución. Debido a la globalización y el aumento del desarrollo industrial las empresas procuran cada vez más ofrecer alternativas de crecimiento sostenible dentro de sus fábricas, a fin de evitar o minimizar los residuos generados por estas a lo largo de su proceso productivo.

El proceso productivo de papel de paja de arroz genera ciertos residuos que podrían ocasionar impactos negativos al ambiente. Por lo tanto, es necesario considerar las medidas necesarias para poder minimizarlas.

Propuesta de minimización de impactos generados

A continuación, se detallan las medidas a tomar para minimizar cada uno de ellos:

Utilización de contenedores en oficinas: Esta es una manera de reducir los desechos generales producto de las distintas actividades realizadas en el área administrativa de la empresa, tales como papeles de oficina, desperdicios orgánicos, etc.

Utilización de contenedores en producción: Los contenedores en esta área servirán para la mejor disposición de los residuos generados en la etapa de selección (paja desecheda).

Tratamiento de recuperación de químicos del licor negro: El licor negro es una mezcla residual producto de la digestión ocurrida para elaborar la pulpa que posteriormente se convertirá en papel. Este residuo es uno de lo más contaminantes en este tipo de industria, sin embargo, puede ser aprovechado con diversos fines. Uno de ellos es la recuperación del hidróxido de sodio usado en los digestores, el proceso consiste en quemar el licor negro convirtiéndolo en una mezcla llamada “fundidos” que al combinarlo con agua este pasa a ser una sustancia llamada licor verde, mismo que posteriormente se trata con cal en unos causticadores formando así el licor blanco, el cual es químico usado en el proceso mencionado anteriormente. [42]

Conclusiones

El diseño de una planta procesadora de papel a partir de paja de arroz en la región resulta ser un proyecto de inversión viable de manera técnica, económica y comercial de acuerdo con el análisis desarrollado en cada uno de los objetivos planteados.

El estudio de mercado de mercado realizado ayudó a determinar la demanda insatisfecha del proyecto. Para analizar la demanda se consideró el consumo de bolsas de papel, siendo de 597 toneladas para el 2025. La oferta fue determinada en base a la cantidad de importaciones realizadas en la región, llegando a ser de 2 421 toneladas de papel para el 2 025, la misma que se consideró como demanda insatisfecha, de la cual se cubrirá el 48,1%.

Mediante el diseño de ingeniería propuesto, se concluyó que la planta productora de papel de paja de arroz cuenta con una capacidad de utilización de 71,25%. Además, se determinó que el distrito de Reque es la localidad seleccionada para la ubicación de la planta. Pues, está al alcance de la materia prima, cuenta con mano de obra accesible y vías de transporte disponibles.

El proyecto en mención requiere de una inversión de S/ 5 763 882,07, de la cual el 78% será financiada por el banco con una tasa promedio de 14,45%. De acuerdo, con el estudio económico financiero se concluyó que el proyecto es rentable pues se obtiene un VAN positivo de S/ 46 240,44 y un TIR de 17%, siendo este mayor al TMAR Global obtenido (15%).

Recomendaciones

Investigar sobre otras opciones de materia primas aprovechables en la región para la elaboración de papel.

Evaluar las características de los efluentes obtenidos en el proceso a fin de minimizar el impacto que los contaminantes presentes podrían ocasionar.

Investigar acerca de otros posibles tratamientos que puedan utilizarse para el aprovechamiento el licor negro obtenido del proceso de digestión de la pulpa.

Referencias

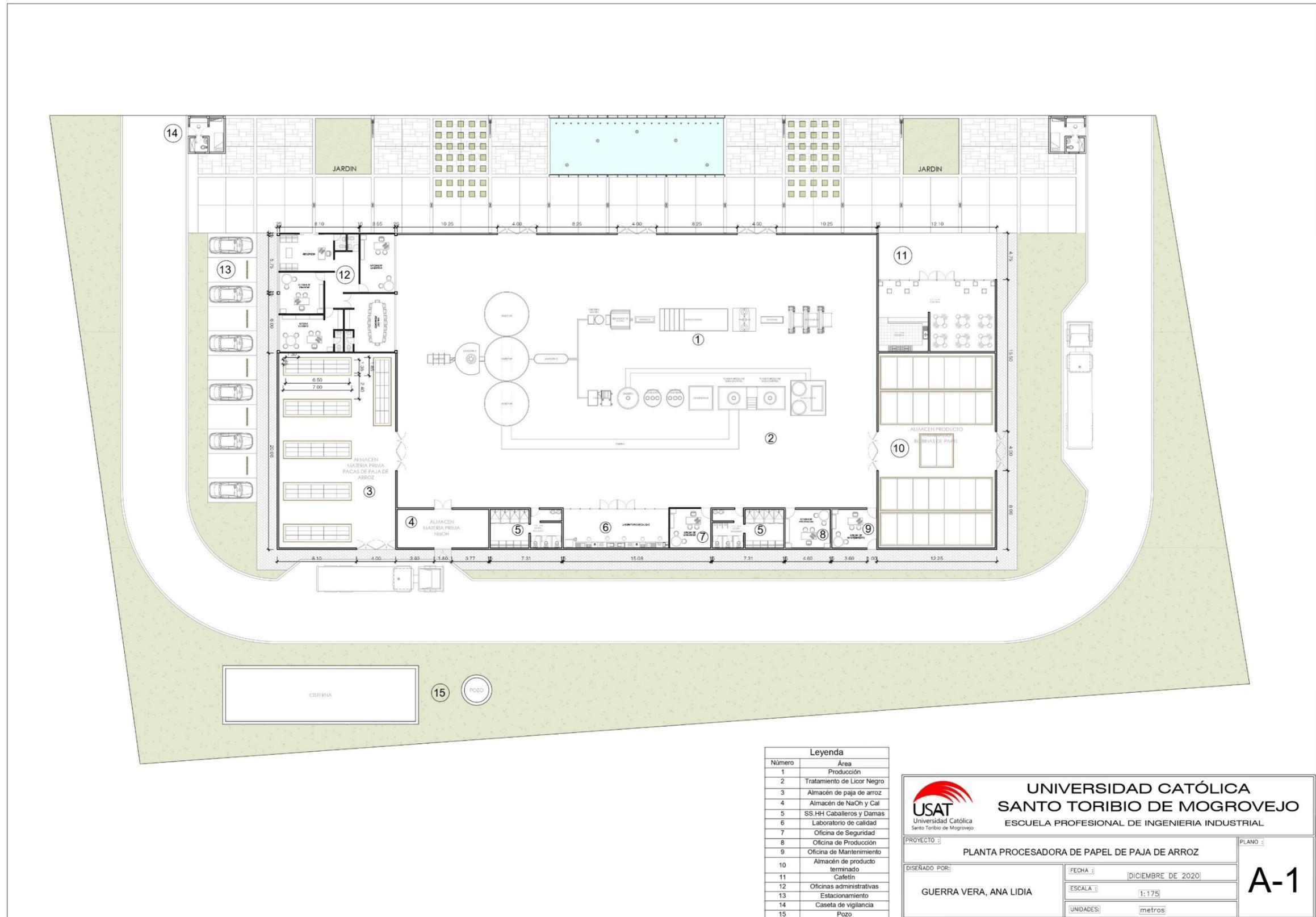
- [1] Diario Gestión, “El mundo consume 5 billones de bolsas de plástico por año,” p. 1, 2018.
- [2] Ministerio del Ambiente, “MINAM: El plástico representa el 10% de todos los residuos

- que generamos en el Perú,” 2018. bit.ly/3lBDn3d.
- [3] Cerem Internantional Bussines School, “JUEGA TU PAPEL,” *Cerem Communication*, 2018. <https://www.cerem.pe/blog/juega-tu-papel>.
- [4] A. Castillo *et al.*, “Aprovechamiento integral de los materiales lignocelulósicos,” *Rev. Iberoam. polímeros*, vol. 13, no. 4, pp. 140–150, 2012, [Online]. Available: <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/SEPT12/alvarez.pdf>.
- [5] L. Casaverde, V. Chávez, J. Lupú, and J. Ortiz, “LAMBAYEQUE: Síntesis de Actividad Económica Enero 2019,” *Banco Central de Reserva del Perú*, 2019. bit.ly/36ZM8zO.
- [6] Ministerio de Agricultura, “Plan Nacional de Cultivos (Campaña Agrícola 2018-2019),” 2018. <https://bit.ly/3dkfzhc>.
- [7] D. Abril, E. Navarro, and A. Abril, “La paja de arroz. Consecuencias de su manejo y alternativas de aprovechamiento,” *ResearchGate*, vol. 2, pp. 69–79, 2009.
- [8] W. Bublitz and J. Casey, *Pulpa y Papel, Química y Tecnología Química. Vol. 1*. 1990.
- [9] V. Saldívar, “Estudio de tres variables en la obtención de pulpa celulósica con proceso de alto rendimiento, a partir del tallo de arroz (*Orzya sativa* L.),” Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005.
- [10] W. Cortes Ortiz, “Tratamientos aplicables a materiales lignocelulósicos para la obtención de etanol y productos químicos,” *Rev. Tecnol.*, vol. 13, no. 1, pp. 39–44, 2014.
- [11] H. Gonzales, “Recursos fibrosos de plantas no madereras para la industria papelera,” Universidad Nacional Agraria La Molina, 2003.
- [12] D. Kaur, N. Bhardwaj, and R. Kumar, “Prospects of rice straw as a raw material for paper making,” *El Sevier*, vol. 60, pp. 127–139, 2017.
- [13] CEVAGRAF imprenta, “¿Porqué es importante el sentido de la fibra del papel?,” 2018. <https://www.cevagraf.coop/blog/sentido-fibra-del-papel/>.
- [14] C. Nuñez, “Introducción a la industria de la pulpa y el papel,” Argentina, 2008. [Online]. Available: <https://bit.ly/3dpMEse>.
- [15] A. Rodriguez, R. Sanchez, A. Requejo, and A. Ferrer, “Feasibility of rice straw as a raw material for the production of soda cellulose pulp,” *El Sevier*, vol. 18, pp. 1084–1091, 2010.
- [16] A. Moral, E. Cabeza, and R. Tijero, “Caracterización morfológica como método de predicción de las propiedades mecánicas del papel procedentes de residuos agrícolas,” *ResearchGate*, p. 9, 2016.
- [17] P. Udomdejaja and S. Boonyaratakalin, Thanapan Wichiranon, “Characterization of Physical and Mechanical Properties of Bleaching Paper from Rice Straw,” *Univ. Technol. Phra Nakhon*, vol. 891, no. 3–8, 2018.
- [18] GreenPeace, “La producción global de plásticos se ha disparado en los últimos 50 años, y en especial en las últimas décadas. De hecho, en los últimos diez años hemos producido más plástico que en toda la historia de la humanidad.,” 2016. <https://bit.ly/2FqzIpv>.
- [19] I. Herrera, E. Orozco, and A. Mujica, “Estrategia para el aprovechamiento del recurso hidrico subterráneo en una zona semiárida de Guatemala,” *Scielo Guatemala*, vol. 20, no. 3, 2011.
- [20] A. Vargas, “Evaluación de la rentabilidad de la explotación de aguas subterráneas en la cuenca llave del departamento de Puno - 2016,” Universidad Nacional del Altiplano, 2016.
- [21] J. Reátegui, “Elaboración de una Guía de envases y embalajes,” Lima, 2009.
- [22] H. Revilla, “Estudio de factibilidad para la instalación de una planta de producción y comercialización de bolsas a base de papel reciclado en la ciudad de Arequipa,” Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016.
- [23] Andina, “INEI: industria primaria creció 40.32 % en noviembre del 2018,” Peru, Feb. 04, 2019.

- [24] EVALUACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL S.A.C, “Cuarto informe nacional de residuos sólidos municipales y no municipales,” Perú, 2011.
- [25] TradeMap, “Importaciones de papel kraft por Perú,” 2020. <https://bit.ly/31E4quw>.
- [26] F. Suarez, V. Sagástegui, S. Seminario, D. LLanto, and J. Vergara, “Estudio de fibras vegetales no madera en el Peru como recurso celulosico para la producción de pulpas.”
- [27] A. Perla, “Entrevista sobre empaquetado de paja de arroz en pacas,” 2020.
- [28] D. Auccapuma, “Efecto de la temperatura, tiempo de cocción y la concentracion del hidróxido de sodio en el rendimiento y las propiedades fisico-mecanicas de la pulpa formada de paja de paja (*Stipa ichu* L.),” Universidad Nacional Jose María Arguedas, 2018.
- [29] CUTES Europe Ltd., “Fabricación de papel.” <https://bit.ly/2STytlG>.
- [30] P. Fernandez, “Recuperación de productos y calor en la industria papelera,” España. [Online]. Available: <https://bit.ly/315uxTw>.
- [31] A. Becerra, “Evaluación de la sustentabilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca – Colombia a partir del Análisis de Ciclo Vida,” Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.
- [32] J. García and J. Colom, *El proceso al sulfato Vol I*, Segunda. Catalunya: Publicacions de la Universidad Politecnica de Catalunya.
- [33] Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, *Aprueban Valores Unitarios Oficiales de Edificación para las localidades de Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao, la Costa, la Sierra y la Selva, vigentes para el Ejercicio Fiscal 2020 y dictan diversas disposiciones*. Perú, 2020.
- [34] Superintendencia de Banca y Seguros y AFP, “TASAS DE INTERÉS ACTIVAS DE MERCADO,” 2020. <https://bit.ly/370yyfK>.
- [35] -, “INEI: Inflación se situó en 0.46% en julio de este año,” *El Peruano*, Perú, Aug. 02, 2020.
- [36] -, “Inflación anualizada se mantiene dentro del rango meta del BCRP,” *La Camara*, Perú, Jul. 13, 2020.
- [37] G. Baca, *Evaluación de proyectos*, 7mo ed. Mexico: Mc Graw Hill Companies, 2013.
- [38] F. Manobando, “Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de bio-papel a base de desechos naturales de caña de azúcar (bagazo) y su comercialización en la provincia de Pastaza,” Universidad Nacional de Loja, 2015.
- [39] R. Córdova, “Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de bolsas biodegradables en la provincia de Piura,” Universidad Nacional de Piura, 2017.
- [40] L. Valdez, V. Parra, M. Madai, and S. López, “Redesign of the work area of modiste in Los Mochis Sinaloa, using the method Guerchet, S.L.P and ergonomics,” *Ergon. Ocup. Investig. y Apl.*, vol. 12, pp. 517–525, 2019.
- [41] D. Suhardini, W. Septiani, and S. Fauziah, “Design and Simulation Plant Layout Using Systematic Layout Planning,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 277, p. 9, 2017.
- [42] Magnetrol, “Licor negro, verde y blanco.” <https://www.magnetrol.com/es/licor-negro-verde-y-blanco>.
- [43] M. E. Guillén Cruces, “Propuesta de Implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo en una empresa Fabricante de Productos Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio basado en la Ley N° 29783 y D.S. 005-2012-TR,” Universidad Católica San Pablo, 2017.

Anexos

Anexo 1: Plano de la planta procesadora de papel a partir de paja de arroz



Leyenda	
Número	Área
1	Producción
2	Tratamiento de Licor Negro
3	Almacén de paja de arroz
4	Almacén de NaOH y Cal
5	SS HH Caballeros y Damas
6	Laboratorio de calidad
7	Oficina de Seguridad
8	Oficina de Producción
9	Oficina de Mantenimiento
10	Almacén de producto terminado
11	Cafetería
12	Oficinas administrativas
13	Estacionamiento
14	Caseta de vigilancia
15	Pozo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PLANO: **A-1**

PROYECTO: PLANTA PROCESADORA DE PAPEL DE PAJA DE ARROZ		FECHA: DICIEMBRE DE 2020
DISEÑADO POR: GUERRA VERA, ANA LIDIA	ESCALA: 1:175	UNIDADES: metros

Anexo 2: Cálculo de la oferta y demanda

Cálculo de la demanda

De acuerdo con las características del producto a ofrecer, este podría servir para la producción de bolsas de papel. Como se puede apreciar en la tabla, las bolsas de papel representan el 2,41% del consumo de productos de papel y cartón a nivel nacional.

Producto	2018	Participación en el mercado (%)
Caja de cartón	439 298	68,95
Cartones diversos	194 835	30,58
Papeles diversos	53 310	8,37
Papel corrugado	50 414	7,91
Papel bond	48 693	7,64
Bolsas de papel	15 369,5	2,41
Cartulina	2 055,24	0,32
Total		100

Fuente: Elaboración propia. En base a Ministerio de la producción

En la región Lambayeque no existe un registro de la demanda de papel. Sin embargo, se puede estimar el consumo según la generación de residuos sólidos por departamento. Teniendo en cuenta que los residuos sólidos tienen diferentes características, la composición dada por el Ministerio del Ambiente (MINAM), permitirá conocer el porcentaje proveniente de la industria de papel y cartón, en este caso es de 8,81%.

Tipos de residuos	Porcentaje (%)
Restos orgánicos, de cocina y alimentos	55,26
Plástico	6,17
Peligrosos	5,36
Escombros e inertes	5,3
Vidrio	4,64
Cartón	4,47
Papel	4,34
Chatarra ferrosa y no ferrosa	3,33
Madera, fibra dura vegetal y restos de jardín	2,94
Textiles	0,93
Tetrapack	0,76
Huesos	0,68
Jebe/caucho	0,52
Pluma, plástico, ceniza, textil, loza y otros NR	0,31
Cuero	0,25

Fuente: Elaboración propia. En base a Ministerio del Ambiente

Considerando la producción de residuos anual, y tomando como base que el papel y cartón representan el 8,81% de los residuos generados, se podría estimar el consumo a nivel regional.

Además, se sabe que el 2,41% del consumo de este tipo de productos, pertenece a las bolsas de papel a nivel nacional. Por lo tanto, asumiendo que cada región consume la misma cantidad de bolsas de papel, la demanda en el departamento de Lambayeque sería la siguiente:

Año	Demanda regional de papel y cartón (ton/año)	Demanda regional de bolsas de papel (ton/año)
2015	23 107	557
2016	22 884	552
2017	23 476	566
2018	23 241	560
2019	23 841	575

Fuente: Elaboración propia

Demanda proyectada

Se pueden observar en la tabla las proyecciones del consumo de bolsas de papel. Llegando a alcanzar en el año 2025 un consumo de 597 toneladas/año.

Año	Demanda regional proyectada (ton/año)
2021	579
2022	584
2023	588
2024	593
2025	597

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la oferta

Según el International Trade Centre [25], el Perú importa papel kraft para bolsas, ya que la producción a nivel nacional no es suficiente para abastecer la demanda. De acuerdo con la siguiente tabla la cantidad importada durante el 2020 fue 45 270 toneladas.

Año	Cantidad (t)	Variación anual (%)
2016	36 117	13,35
2017	34 674	-3,99
2018	37 665	8,63
2019	44 824	19,01
2020	45 270	0,99

Fuente: Elaboración propia. En base TradeMap

Oferta proyectada

La oferta nacional proyectada de acuerdo con las importaciones para los próximos 5 años se muestra en la siguiente tabla. Sin embargo, de acuerdo con la proporción de población de Lambayeque con respecto a la nacional, es decir 3,92%, se calculó la cantidad de toneladas importadas que corresponderían al departamento.

Año	Oferta nacional	Oferta regional
	proyectada (t/año)	proyectada (t/año)
2021	43 960	1 725
2022	48 394	1 899
2023	52 829	2 073
2024	57 263	2 247
2025	61 698	2 421

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Método Guerchet para Área de producción

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (A)	SS	SG	Altura (h)	SE	S	ST
Elementos móviles										
Operarios	4		0,5	1	0,5		1,65			
Elementos fijos										
Selectora	1	1	0,9	2,3	2,07	2,07	1,5	1,12	5,26	5,26
Lavadora 1	1	1	2,5	3,3	8,25	8,25	2	4,46	20,96	20,96
Digestor	3	1	4,57	1	4,57	4,57	7,53	2,47	11,61	34,83
Lavadora 2	1	1	3,5	1	4,375	4,375	2	2,37	11,12	11,12
Centrifugadora	1	1	1,33	0,94	1,25	1,25	1,15	0,68	3,18	3,18
Separador de Fibras	1	1	2,5	2,5	6,25	6,25	2	3,38	15,88	15,88
Refinadora	1	1	2	0,65	1,3	1,3	7	0,70	3,30	3,30
Desagotador	1	1	7	2,3	16,1	16,1	1,8	8,71	40,91	40,91
Prensa	1	1	2,35	1	2,35	2,35	2	1,27	5,97	5,97
Secadora	1	1	2,3	0,7	1,61	1,61	1,02	0,87	4,09	4,09
Bobinadora	1	1	3,5	2,8	9,8	9,8	1,5	5,30	24,90	24,90
Evaporador	1	1	2,5	1,6	4	4	3,2	2,16	10,16	10,16
Caldera de recuperación	1	1	2,23	2,23	4,9729	4,9729	4,83	2,69	12,63	12,63
Tanque de disolución	2	1	1,8	1,8	3,24	3,24	2	1,75	8,23	16,46
Clarificador	1	1	2,5	2,5	6,25	6,25	4	3,38	15,88	15,88
Tanque de mezcla de soda caustica	2	1	3,2	2,4	7,68	7,68	3,95	4,15	19,51	39,03
Horno de cal	1	1	3,6	3,6	12,96	12,96	22	7,01	32,93	32,93
									Superficie Total m²	297,49

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Localización de planta



Anexo 5: Costo de implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo

De acuerdo con Guillén [43] en su investigación realizada para la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) en una empresa Fabricante de Productos Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio basado en la Ley N° 29783 y D.S. 005-2012-TR. Señala que para diseñar un SGSST se debe tener en cuenta la Documentación necesaria de acuerdo con la Ley, Equipos de Protección Personal, Salud Ocupacional, Servicios, Señalización y además la protección en máquinas. Todo ello, se detalla en el siguiente cuadro con su respectivo costo, dando un total de S/. 67 731,00 aproximadamente.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
Documentación SGSST	Horas - Hombre invertidas en la Elaboración, Revisión, Aprobación y Difusión de Documentos	S/.30 000,00
	Impresión de Documentos y cartillas de difusión	S/.2 000,00
	Lente de Seguridad	S/.792,00
	Sobrelentes	S/.72,00
Equipos de Protección personal	Zapatos de Seguridad	S/.770,00
	Guantes de cuero (par)	S/.3 960,00
	Guantes de anticorte (par)	S/.2 613,00
	Guantes Protex (par)	S/.3 484,00
	Tapones de Oído	S/.880,00
	Prefiltro N95 (par)	S/.1 760,00
Salud Ocupacional	Exámenes médicos - exámenes específicos	S/.10 120,00
	Monitoreo de Agentes Ocupacionales - Empresa Especialista	S/.1 200,00
	Vigilancia Médico Ocupacional	S/.2 500,00
Servicios	Asesor Legal Externo	S/.560,00
	Auditor Externo	S/.3 000,00
	Seguro SCTR	S/.3 000,00
Señalización	Letreros	S/.420,00
	Tarjetas para equipos no operativos, tarjeta de inspecciones	S/.120,00
Protección en Máquinas	Guardas de Seguridad	S/.480,00
TOTAL		S/.67 731,00