

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



**Simulación del proceso de elaboración de tableros aglomerados a partir de
residuos agroindustriales para reducir desperdicios**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTOR

Jean Praxedes Araujo Obando

ASESOR

Marcos Gregorio Baca Lopez

<https://orcid.org/0000-0003-4741-0122>

Chiclayo, 2023

Trabajo de Investigación para el Bachillerato

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	revistas.uptc.edu.co Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	www.redalyc.org Fuente de Internet	1%
4	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	1%
5	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	revistas.unilibre.edu.co Fuente de Internet	1%
7	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
9	zagan.unizar.es Fuente de Internet	1%

Índice

Resumen	4
Abstract	5
Introducción.....	6
Marco teórico.....	7
Metodología.....	11
Resultados y Discusión	11
Conclusiones	21
Referencias.....	22

Resumen

La presente investigación ha sido desarrollada en base a trabajos experimentales a nivel de laboratorio, en la elaboración de tableros aglomerados a partir de residuos industriales. Se consideraron veinte trabajos experimentales, con resultados cuantificados, los cuales demostraban el problema del alto porcentaje de desperdicios en el proceso anteriormente mencionado, variaba entre un 60%-67%. Por ende, el objetivo del estudio, ha sido realizar la simulación en el proceso de elaboración de tableros aglomerados a partir de residuos industriales para poder reducir los desperdicios. Para ello es necesario hacer un diagnóstico actual en la elaboración de los tableros aglomerados a partir de residuos industriales e identificar las causas y poder dar una alternativa de solución que contribuya a la mejora del proceso con la finalidad que sea más rentable económicamente y se llegó a reducir hasta un 36% y pueda ser vista como una alternativa de negocio. La cual consistía en eliminar la estación de secado y tener una de termo-prensado, Por último, se determinó cuanto es el monto que se tendría que realizar para que la propuesta sea puesta en marcha y el proceso sea más rentable, debido a la baja de sus desperdicios que tiene actualmente.

Palabras claves: Experimentales, cuantificados, simulación, tableros aglomerados

Abstract

The present investigation has been developed based on experimental work at the laboratory level, in the elaboration of agglomerated boards from industrial waste. Twenty experimental works were considered, with quantified results, which demonstrated the problem of the high percentage of waste in the aforementioned process, which varied between 60% -67%. Therefore, the objective of the study has been to carry out the simulation in the process. production of chipboard from industrial waste in order to reduce waste. For this, it is necessary to make a current diagnosis in the elaboration of the agglomerate boards from industrial waste and identify the causes and be able to give an alternative solution that contributes to the improvement of the process with the purpose of making it more economically profitable and it was reached reduce up to 36% and can be seen as a business alternative. Which consisted of eliminating the drying station and having a thermo-pressing station. Finally, it was determined how much is the amount that would have to be made for the proposal to start up and the process to be more profitable, due to the reduction of your waste that you currently have.

Keywords: Experimental, quantified, simulation, chipboard
Keywords: Experimental, quantified, simulation, chipboard

Introducción

En la actualidad, el uso de la madera tomado gran importancia en la construcción de muebles, camas, puertas, etc. Además, su consumo en forma de rollos es liderado por las tres potencias mundiales; Estados Unidos con un (19%); China (12%) y Rusia (9%). [1] Cabe precisar, que el pronóstico de la demanda para los próximos años va en aumento, debido al crecimiento poblacional. Es así como, el Dr. Held afirma que para el año 2050 el mundo experimentará una duplicación en el consumo de sus recursos. Por otro lado, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) sostiene que en Latinoamérica Brasil fue el país que ha registrado a lo largo de los últimos 20 años pérdidas en su superficie forestal, registrando un 68% del total de hectáreas netas perdidas. [2]

En tal sentido, se busca sustituir este recurso natural con la finalidad de contribuir a la reducción de su consumo. Uno de los productos a base de madera, son los llamados tableros aglomerados. Son planchas hechas a base de pedazos de madera, las cuales están unidas entre sí, dicho de otra manera, se encuentran prensadas y están unidas por algún tipo de resina o cola. En el Perú, los tableros aglomerados se utilizaban básicamente para la construcción de espacios inmobiliarios como: cocinas, baños, espacios pequeños, etc., debido a su capacidad de resistencia. Para el año 2019 en el Perú hubo un incremento del 13,3% de importaciones de este material con relación al año pasado, lo que representa un aumento de USD 42,23 millones, siendo el principal importador el país de Ecuador. [3]

Es por ello en la actualidad existen diversas opciones como sustituto de la madera, específicamente para elaborar este tipo de productos, sin embargo, el problema viene a darse, cuando no son las adecuadas, debido a su excesivo porcentaje de desperdicio que se registra en su elaboración. Ante lo descrito anteriormente, surge la siguiente interrogante. ¿Cómo se puede reducir el porcentaje de desperdicios en la elaboración de tableros aglomerados a partir de residuos industriales? Por tanto, se definió como objetivo principal para este trabajo de investigación. Proponer la mejora en el proceso productivo de elaboración de tableros aglomerados a partir de residuos industriales para reducir los desperdicios a través de la simulación, utilizando el software ProModel. Teniendo como objetivos específicos, realizar un diagnóstico del sistema productivo actual de la elaboración de tableros aglomerados a partir de residuos industriales, asimismo simular una mejora del proceso productivo para disminuir los desperdicios. Y Finalmente, realizar un análisis costo benéfico de la mejora propuesta.

Marco teórico

Con el fin de tener un mejor conocimiento del tema en el presente trabajo de investigación, a continuación, se definen los principales términos empleados:

Tableros aglomerados. Son un tipo de planchas que se utiliza en las construcciones, elaboradas a base de fragmentos de madera que se encuentran unidas entre sí por la presión ejercida. [4] Residuos industriales es toda sustancia u objeto que resulta de los procesos de fabricación, transformación y utilización industrial, en otras palabras, es todo aquello que no sirve en el proceso y es eliminado. [5] ProModel es un software que tiene como finalidad la simulación de forma animada de los diferentes procesos de manufactura, servicio, transporte, etc. Donde busca la optimización de los mismos. Simulación. Es una representación que se hace acerca de un fenómeno o proceso y poder analizar las características del mismo. Para poder comprender el comportamiento o de evaluar una nueva estrategia.

Villalobos y Ocampo [6] en su trabajo de investigación realizado que lleva como título “Elaboración de aglomerados auto adheridos a partir de residuos agroindustriales” sostienen que los tableros aglomerados están en una creciente demanda mundial, sin embargo, su fabricación no se está llevando de manera sostenible. Es decir, se está empleando madera, recurso natural que cada vez es más escaso a nivel mundial. Ellos plantean la sustitución de esta materia prima, por el uso de residuos industriales, específicamente de raquis de palma aceitera y cáscara de coco. Debido a que cuenta con alto porcentaje de lignina, la cual actúa como adhesivo natural, haciendo que el producto pueda ser reutilizado y no es perjudicial para la salud. Dentro de los resultados obtenidos calculan la temperatura adecuada para evitar el endurecimiento y quema del producto, la cual es debe estar en un rango de 160-200 °C, pasado dichos valores vamos a tener un producto entumecido y quemado. Otro punto a tomar en consideración es tiempo, para una óptima fabricación se debe tener en consideración entre los 20-30 minutos para tamaños de espesor de 8 mm a 10 mm.

Mena [7] en su investigación que lleva como título “Análisis y Propuesta de Reducción de Desperdicio en el Proceso de Elaboración de Aglomerado en Novopan del Ecuador S.A.” Argumenta que la correcta elección de la materia prima para la sustitución de la madera afecta directamente en la calidad del producto final. Como resultados de su investigación evidencia que en dicha empresa existe desperdicios de tableros en más de un 40% por el factor de mala elección de materia prima, ello se basa en que las materias primas carecen de lignina, la cual hace más resistente al material para el proceso de prensado y evitar desperdicios.

Castro, Santana y Castillo [8] en su investigación realizada que lleva como título “Tableros a base de residuos procedentes de la cebada y adhesivos naturales” en su trabajo realizado en un laboratorio, utilizan una materia prima que ha sido poco estudiada, para ser más específicos es rastrojo de cebada, la cual es llevada a procesos para ver la viabilidad de sustituir a la madera como materia prima de los tableros aglomerados, en sus resultados presentados evidencias que el porcentaje de absorción es de 77.66%, relativamente bajo en comparación al almidón de papa que se encuentra en un 87,74%, ello perjudica directamente a la hinchazón del producto terminado. En síntesis, el rastrojo de cebada + se obtuvo materiales con mejor resistencia, estuvo en un rango de 180-200 °C mientras que el tiempo era un máximo de 10 minutos para ese proceso. La presión establecida fue de 5,2 MPa para lograr obtener un producto final con una humedad de 7% la cual es buena para evitar la hinchazón.

Herrera, Rojo, Parra y López [9] en su trabajo de investigación que lleva como título “Efecto de la temperatura de procesamiento sobre las propiedades mecánicas de tableros aglomerados sin resina sintética” la cual tuvo como objetivo general determinar el efecto que tiene la temperatura en el proceso de elaboración de tableros aglomerados y ver la relación existente entre las propiedades mecánicas del material. Como resultados obtenidos de la investigación realizada en laboratorio, dentro de las materias primas que se utilizaron estaban la fibra de plátano y café donde se determinó que para poder utilizar como materia prima la fibra de café se debe tener temperaturas no menos a los 300 °C debido a que es la temperatura donde produce una degradación en sus composición y pueda ser utilizada en el proceso, mientras que la de banano se encuentra dentro de los parámetros establecidos como 160- 200 °C teniendo como tiempo promedio para este proceso 10 min.

Oviedo, Valencia y Contreras [10] en su trabajo de investigación realizada que lleva como título “Caracterización físico-química de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros aglomerados” tiene como objetivo general, determinar si la mazorca de cacao es una alternativa de materia prima para la elaboración de los tableros aglomerados. En dicha investigación se emplea de forma experimental a a nivel de laboratorio, utilizando un tipo de cacao llamado; CCN 51. Como resultados obtenidos se tiene que la mazorca de cacao es una buena alternativa para la sustitución de la materia prima, además que tiene un beneficio adicional, debido a que económicamente no es muy costosa en comparación a lo que puede ser lo del banano o maní.

Bocanegra [11] en su trabajo de investigación que lleva como título “La broza de esparrago como insumo alterno sostenido en la fabricación de tableros aglomerados”. El objetivo de la investigación se centró en la aplicación de un nuevo proceso en la fabricación de tableros

aglomerados, teniendo como materia prima la broza de esparrago, como sustituto de la madera convencional. Cuyos resultados se evaluaron a nivel de eficiencia y eficacia del producto final, por sus características de peso, humedad, espesor y resistencia. Los resultados obtenidos son, la broza de esparrago es una opción para la sustitución en la fabricación de tableros, con un rendimiento del 75% dentro del proceso productivo. Cumple todos los factores de eficiencia y eficacia de producto final, sin embargo, es necesario la adición de otras sustancias como ácido esteárico, solución amoniacal, etc. Los cuales pueden ser perjudiciales para la salud en una fabricación futura.

De la cruz [12] es su investigación que lleva como título “Control estadístico de prensado del tablero aglomerado hecho de bagazo” como objetivo principal de la investigación fue la determinación del bajo control estadístico en el área de prensado para la elaboración de tableros aglomerados. Dentro de sus resultados obtenidos señalan que los tiempos pueden depender del grosor del tablero, lo determinado experimentalmente fueron los siguientes; los tableros que son considerados delgados son los que tienen una medida de 3mm, el tiempo de prensado varía entre los valores de 5 – 8 minutos. Por otro lado, para los tableros que son considerados robustos, tienen una medida de grosor de 12 mm en adelante y su tiempo varía entre los 15-19 minutos en el proceso de prensado.

Zambrano [13] en su investigación realizada que lleva como título “Tableros de partículas fabricados con residuos industriales de madera de *Pinus patula*” que tiene como objetivo principal elaborar tableros aglomerados de partículas homogéneos a nivel de laboratorio, para poder determinar la densidad adecuada de los mismos. El resultado obtenido en la investigación fue que la densidad de 767 kg. m⁻³ presentó las mejores características y la temperatura efectuada en un máximo de 200 °C.

Leiva [14] en su trabajo de investigación que lleva como título “Desarrollo de aglomerados de cáscara de arroz reforzados con fibra de yute” la cual tuvo como objetivo principal la elaboración de tableros aglomerados, de forma experimental a nivel de laboratorio teniendo como materia prima la cascarilla de arroz y el yute y evidenciar su viabilidad. Sumado a ello, mostraron las condiciones óptimas que se debe tener en consideración para que los productos terminados cumplan con las condiciones mínimas establecidas por la FAO, como es en aspecto de tiempo y temperatura. Dentro de sus resultados obtenidos corroboraron que, para la fabricación de los tableros, no se debe tener una temperatura mayor a los 200 °C debido a que, a temperaturas mayores, la cascarilla de arroz es inestable en su composición interna, lo cual puede contribuir de forma negativa al producto final, Por otro lado, tras la experimentación

en muestras, se concluyó que el tiempo ideal para el mezclado esta entre los 4,5 – 5 minutos para que la mezcla sea más homogénea y no se tenga problemas al momento del prensado.

Licona [15] en su trabajo de investigación realizado que llevo cómo título “Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento” en dicha investigación se tuvo como objetivo general. Obtener por medio de la combinación de fibra de coco y cemento un material cuyas propiedades puedan ser apropiadas para su uso en la construcción de vivienda. Los resultados que se obtuvieron, fueron las cantidades adecuadas para los tableros, las cuales deben estar en un 40 % de fibra 60% de cemento o viceversa, porque los resultados demostraron que en esas cantidades el producto final no varía. Sin embargo, si se desea para usos donde la resistencia es primordial, la cantidad de cemento debe aumentar de forma significativa, en relaciona a la de fibra de coco. Además, que la mejor resistencia que se obtuvo en tal experimentación fue de entre 5 y 6 N/mm².

García, Villena y Ortuño [16] en su investigación realizada que lleva como título “Caracterización de tableros de partículas sin adhesivos elaborados con rizoma de caña común”. En la investigación se tiene como objetivo principal realizar un trabajo experimental a nivel de laboratorio, realizada en 12 muestras y determinar si la caña de azúcar era buen sustituto para la materia prima de la elaboración de tableros aglomerados. Dentro de los resultados obtenidos se determinó las características optimas que se debe considerar para la elaboración de los tableros, como temperatura y presión, además se determinó que es un material con alto porcentaje de lignina que favorece al producto final.

Granero, et al [17] en su investigación que se titula “Determinación de la influencia del tamaño y forma de partículas de cáscaras de maní en paneles aglomerados”. El objetivo de la investigación era estudiar la influencia que tenía la cascara de maní en los tableros aglomerados como el tamaño, forma, elasticidad. Dentro de los resultados obtenidos, encontraron las densidades adecuadas para la fabricación de tableros con este tipo de materia prima, donde fueron de (ρ : 200 Kg/m³), paneles con cáscaras enteras (ρ : 81 Kg/m³) y dos combinaciones de las mismas.

Álvarez, Capanema, Rojas y Gañan [18] en su trabajo de investigación realizado que lleva como título “Desarrollo de tableros aglomerados auto enlazados a partir de fibra de la vena central de la hoja de plátano” en el trabajo realizado tenía como objetivo principal estudiara la fibra de vena central de la hoja de plátano para la elaboración de tableros aglomerados, el estudio se llevó a nivel de laboratorio para hacer las pruebas correspondientes. Los resultados que se obtuvieron fueron, la temperatura de 200 °C fue la que presento mejores características,

debido a que a 220 °C había una deformación en su composición interna, llegando a presentar un porcentaje de humedad del 7%.

Rivera, et al [19] en su investigación realizada que lleva como título “Evaluación físico-mecánicas de tableros a base del Aserrín de Pigüe (Piptocoma discolor) y bagazo de caña de azúcar en Pastaza” que tuvo como objetivo principal evaluar las propiedades físico-mecánicas de los tableros aglomerados a base de aserrín y bagazo de caña como una alternativa para sustituir la madera convencional. Dentro de los resultados obtenidos en dicha investigación se determinó las cantidades adecuadas, la cual fue de un 50 %, quien presentó las mejores características físico-mecánicas. Presentando un 9.36% de humedad, como consecuencia de ello su porcentaje de hinchazón era de 22,34%.

Metodología

Para la elaboración de la propuesta de mejora, es necesario realizar los siguientes pasos

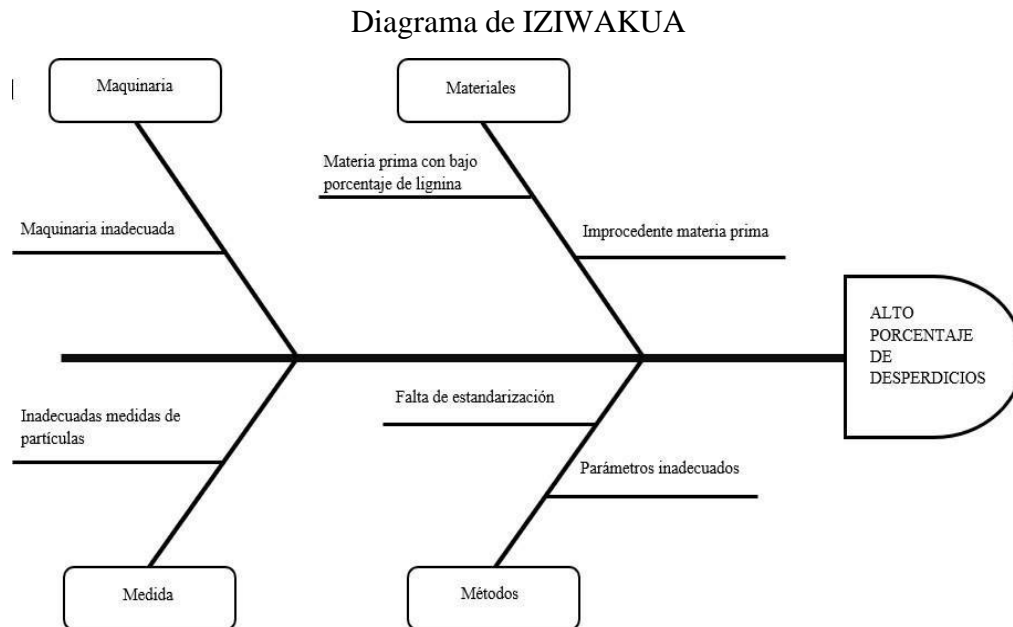
El diagnóstico de la situación actual consistió en la recopilación de información a través de artículos científicos realizados de manera experimental a nivel de laboratorio. De los cuales, dos se realizaron en una empresa dedicada a este rubro. Permitted elaborar el diagrama de análisis de procesos (DAP) y un diagrama de Ishikawa de las causas que incurren en el alto porcentaje de desperdicios en el proceso productivo. Seguidamente, bajo la consideración de los trabajos seleccionados, se determinó los parámetros óptimos para una correcta elaboración, que tenga como finalidad la reducción de desperdicios en su fabricación. Cabe resaltar que los parámetros establecidos fueron los tiempos para cada una de las estaciones, así como el grado de temperatura, densidad y presión, los cuales deben ser considerados. Con la ayuda del programa ProModel se simuló todo el proceso con la finalidad de la propuesta de mejora para la reducción de desperdicios. Y, por último, se realizó un análisis costo beneficio de la propuesta de mejora para lograr determinar la viabilidad económica a frente a la situación diagnosticada.

Resultados y Discusión

Diagnóstico de la situación actual en el proceso productivo

Para determinar las estaciones y los parámetros que conlleva el proceso, se recolectó información de veinte artículos científicos que redactaban todo el proceso productivo. En todos los trabajos se concluyó la existencia de un alto porcentaje de desperdicios, los cuales

estaban en un 60%-67%. Para ello, se hizo un registro de todos los problemas mencionados en los artículos, y se elaboró un diagrama de IZIWAKUA, después poder cuantificarlos.



Fuente Elaboración Propia

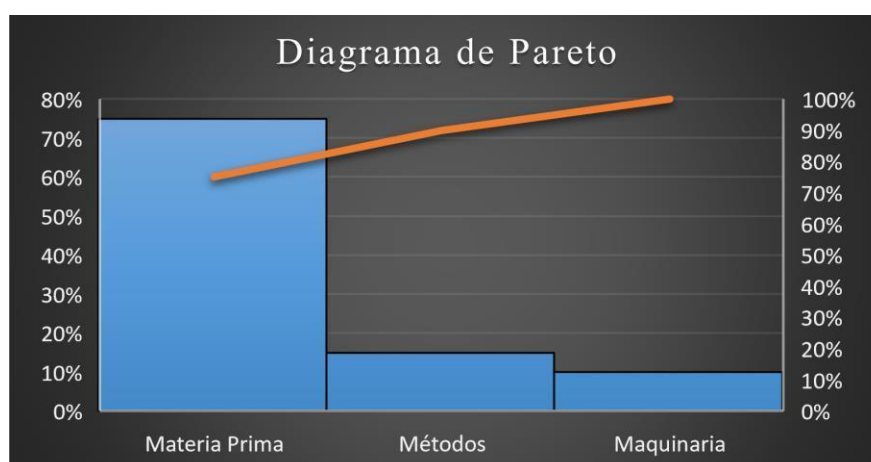
Los antecedentes estudiados fueron 20, de los cuales 14 fueron seleccionados como los mejores. Del total de las investigaciones realizadas de manera experimental a nivel de laboratorio, un 75% de estos trabajos, concluyó que la calidad de los tableros aglomerados dependía de la materia prima a utilizar, si bien es cierto existen muchos residuos industriales que se pueden emplear para su elaboración, muy pocos cumplen los estándares de calidad y las condiciones óptimas que se debe tener. Para lo cual se realizó un diagrama de Pareto para lograr evidenciar el máximo causante del problema de investigación.

ESTUDIOS	Maquinaria	Métodos	Materia Prima
1 estudio experimental			X
2 estudio experimental			X
3 estudio experimental			X
4 estudio experimental			X
5 estudio experimental	X		
6 estudio experimental		X	
7 estudio experimental	X		
8 estudio experimental			X
9 estudio experimental			X
10 estudio experimental			X
11 estudio experimental			X
12 estudio experimental		X	
13 estudio experimental		X	
14 estudio experimental			X
15 estudio experimental			X
16 estudio experimental			X
17 estudio experimental			X
18 estudio experimental			X
19 estudio experimental			X
20 estudio experimental			X
TOTAL	2	3	15

Característica	Frecuencia
Materia Prima	75%
Métodos	15%
Maquinaria	10%

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración Propia

Descripción del sistema productivo

Recepción: Las cascaras se reciben en sacos de 20 kg. En ella se encuentra los residuos que pueden ser: Palma aceitera, cáscaras de cocos, maní, plátano, cebolla, etc.

Pesado: La siguiente estación es la del pesado, donde se utiliza una balanza industrial, y saber la cantidad que va ingresar al proceso, en caso la materia prima sea de diferente origen, se debe determinar que los parámetros como tiempo, temperatura, sean los mismos, para que no haya fallas al momento de su elaboración, debido a las características fisiológicas que tiene cada residuo a emplear.

Triturado: En esta etapa lo que se hace es cortar en pedazos pequeños y medianos para que puedan ir a una etapa de secado y este sea más uniforme

Secado: Paso siguiente es ingresar a la etapa de secado, en ella se busca tener una mejor resistencia de la materia prima, sin alterar su composición interna. Lo máximo que se puede llegar es hasta los 200 °C pasado este grado de temperatura, los productos salen muy frágiles

Mezclado: Llegan a la etapa donde se hace un conjunto entre las partes que salen del horno y las resinas que se utilizan, para hacer un solo concreto

Formado: En esta etapa reciben toda la mezcla realizada y lo que se hace es hacer los moldes de acuerdo a las medidas establecidas por el fabricante y se tiene en consideración el ancho, alto largo que va tener los tableros finales.

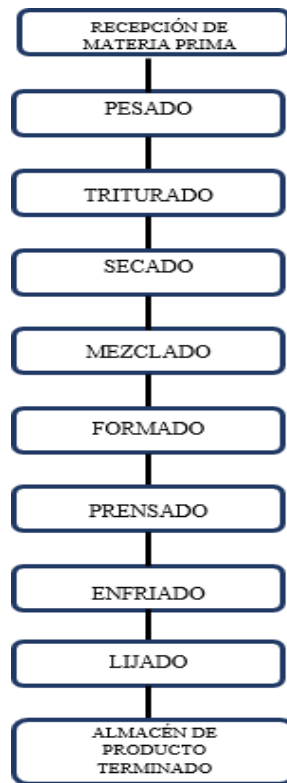
Prensado: Es la etapa más crítica del proceso, es donde se registra el alto porcentaje de desperdicios, es decir, los tableros ingresan a una maquina prensa que aplica una determinada fuerza y muchos de ellos llegan a quebrarse y como están con las resinas sintéticas que previamente se les adicionado, no pueden ser reutilizados para otro proceso.

Enfriado: Los tableros que salieron de la prensa, son llevados a un área en específico donde se coloca en una superficie y deja que se enfríen a temperatura ambiente.

Lijado: Se hace un lijado en toda la superficie para eliminar las partes ásperas que pudo haber quedado.

Almacén de producto terminado: Los tableros previamente lijados pasan al área de almacén de productos terminados, donde se guarda para su pronta distribución.

Diagrama de Procesos.



Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de actividades del proceso

Diagrama No.	Hoja No.	OPERARIO	MATERIAL	EQUIPO				
Objetivo: Revisión de elaboración de tableros aglomerados con residuos		RESUMEN						
		ACTIVIDAD	Símbolo	Numero				
Proceso analizado:		Operación	○	8				
		Transporte	⇒	1				
		Demora	D	2				
Metodo:		Inspección	□	1				
Actual ■ Propuesto □		Almacenamiento	▽					
Localización:		Distancia (m)						
		Tiempo (hr/hombre)						
Operario: Trabajador		Costo						
		Total						
Elaborado por: Jean Araujo	Fecha: 20/11/2022							
Aprobado por:	Fecha:							
Descripción	Tiempos (min)	Símbolo			Observaciones			
		○	⇒	D	□	▽		
Selección de materia prima	2						●	La materia prima es palma aceitera y cascara de coco
Recepción de materia prima	1	●						
Pesado de los residuos	6	●						
Triturado	7	●						
Inspección de tamaño	2						●	
Llevado a los hornos	1		●					
Secado de residuos Triturados	20	●						
Mezclado	12	●						
Formado de planchas	8	●						
Prensado de planchas	15	●						Es la etapa donde se dan la gran mayoría de desechos
Retiro de producto Inconforme	2						●	
Lijado	10	●						
Almacén producto terminado	2							●
TOTAL	88	8	1	1	2	1		

Fuente: Elaboración Propia

Simulación actual del proceso

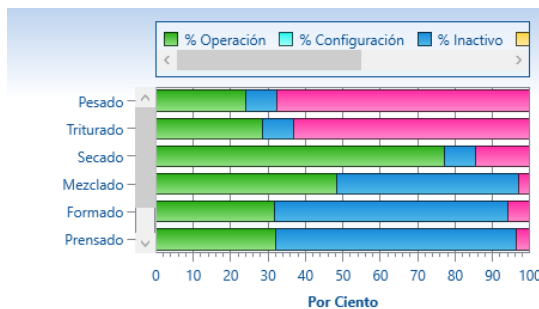
El proceso actual cuenta con 11 estaciones, de las cuales 1 es destinada al almacén de desperdicios, los cuales llegan de la etapa de prensado, es ahí donde los tableros que han pasado previamente por las etapas anteriores, llegan a romperse, rajarse y como tal ya no sirven para las siguientes etapas del proceso. Para realizar la simulación a través del software ProModel se tomó como tiempo base 200 horas, determinado los tiempos para cada estación, los mismos que se establecieron en el DAP y poner corroborar que los resultados sean iguales o semejantes a los que se han ido teniendo en los trabajos de investigación.

Simulación actual del proceso en el software ProModel



Fuente: Elaboración Propia

Indicadores actuales



Locacion Resumen								
Nombre	Tiempo Programado (Day)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% U
Fila recepción de materia prima	8.33	20.00	502.00	7.92	19.87	20.00	20.00	
Pesado	8.33	1.00	482.00	0.38	0.92	1.00	1.00	
Triturado	8.33	1.00	481.00	0.38	0.92	1.00	1.00	
Secado	8.33	1.00	480.00	0.38	0.92	1.00	1.00	
Mezclado	8.33	1.00	479.00	0.21	0.51	1.00	0.00	
Formado	8.33	1.00	479.00	0.16	0.38	1.00	1.00	
Prensado	8.33	1.00	478.00	0.15	0.36	1.00	1.00	
Enfriado	8.33	1.00	477.00	0.15	0.36	1.00	1.00	
Lijado	8.33	1.00	476.00	0.17	0.39	1.00	0.00	
Almacén de producto terminado	8.33	1.00	476.00	0.00	0.00	1.00	0.00	
Almacén de desechos	8.33	1.00	954.00	0.00	0.00	1.00	0.00	

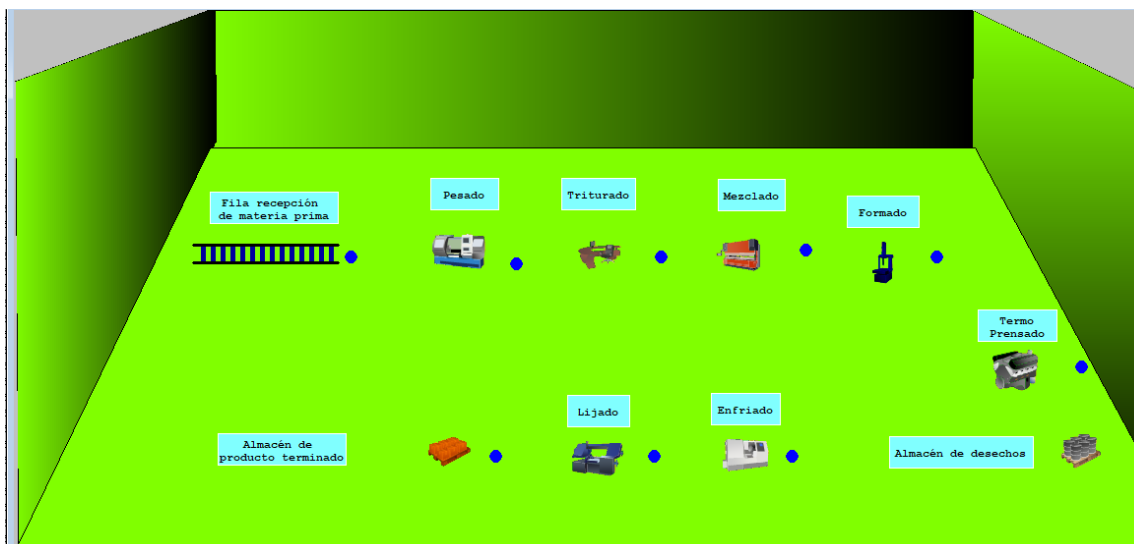
Fuente: Elaboración Propia

$$\begin{aligned} \text{Producción mensual} &= 1,430 \text{ tableros } \frac{\text{aglomerados}}{\text{mes}} \\ \text{Tableros desechos} &= 954 \\ \% \text{ desperdicios} &= \frac{954 \text{ tableros deesechos /mes}}{1,430 \text{ producción mensual}} = 67\% \end{aligned}$$

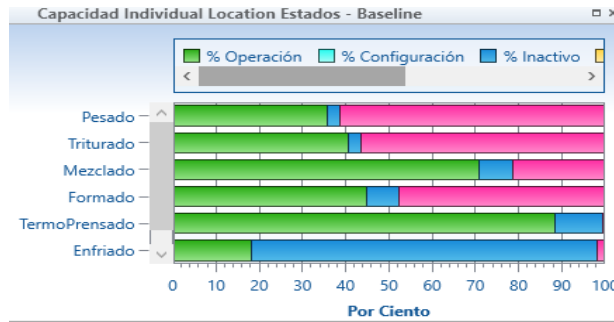
Propuesta de mejora 1

En la Investigación de Villalobos y Ocampo [6], señalan la importancia que es esta alternativa para reducir la demanda de madera a nivel mundial. Sin embargo, es un proceso que no ha sido investigado de forma adecuada, como consecuencia, se está dejando de lado debido a que en su elaboración se encuentra un exceso de desperdicios, por productos no conformes. En ese sentido, realizaron una investigación que contribuyera de manera significativa esta problemática. Donde obtuvieron como resultado que los tableros llegan al área de prensado con un porcentaje de lignina bajo, debido a que pasan una etapa de secado previo, lo que hace que su estructura interna se vea afectada, viéndose afectada directamente la lignina. Lo que propusieron fue la creación de un área de termo prensado, con la finalidad que el producto llegue con el porcentaje adecuado de lignina y no pueda sufrir daños para los siguientes procesos.

Simulación con mejora en el proceso en el software ProModel



Fuente: Elaboración Propia



Locación Resumen								
Nombre	Tiempo Programado (Day)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Fila recepción de materia prima	8.33	20.00	732.00	5.38	19.69	20.00	19.00	95%
Pesado	8.33	1.00	713.00	0.27	0.97	1.00	1.00	100%
Triturado	8.33	1.00	712.00	0.27	0.97	1.00	1.00	100%
Mezclado	8.33	1.00	711.00	0.26	0.92	1.00	1.00	100%
Formado	8.33	1.00	710.00	0.26	0.93	1.00	1.00	100%
TermoPrensado	8.33	1.00	709.00	0.25	0.89	1.00	1.00	100%
Enfriado	8.33	1.00	451.00	0.09	0.20	1.00	0.00	0%
Lijado	8.33	1.00	450.00	0.17	0.38	1.00	0.00	0%
Almacén de producto terminados	8.33	1.00	450.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0%
Almacén de desechos	8.33	1.00	257.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0%

Fuente: Elaboración Propia

$$Producción\ mensual = 707\ tableros\ \frac{aglomerados}{mes}$$

$$Tableros\ desechos = 257$$

$$\% \text{ desperdicios} = \frac{257\ tableros\ de\ desechos / mes}{707\ producción / mes} = 36\%$$

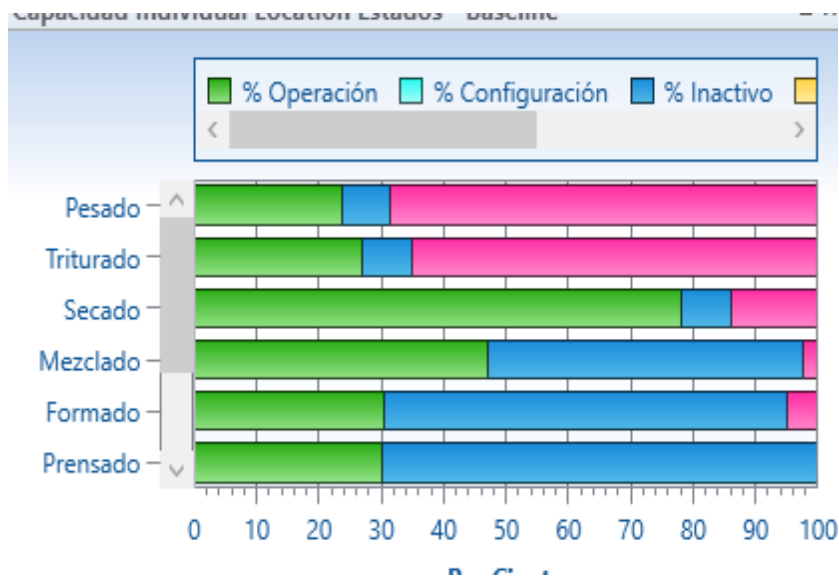
Propuesta de mejora 2

Simulación del proceso en el software ProModel



Fuente: Elaboración Propia

Indicadores Actuales



Locación Resumen								
Nombre	Tiempo Programado (Day)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% U
Fila recepción de materia prima	8.33	20.00	487.00	8.16	19.87	20.00	20.00	
Pesado	8.33	1.00	467.00	0.40	0.92	1.00	1.00	
Triturado	8.33	1.00	466.00	0.39	0.92	1.00	1.00	
Secado	8.33	1.00	465.00	0.40	0.92	1.00	1.00	
Mezclado	8.33	1.00	464.00	0.21	0.50	1.00	0.00	
Formado	8.33	1.00	464.00	0.15	0.35	1.00	1.00	
Prensado	8.33	1.00	463.00	0.13	0.30	1.00	0.00	
Enfriado.1	8.33	1.00	387.00	0.15	0.29	1.00	0.00	
Enfriado.2	8.33	1.00	76.00	0.26	0.10	1.00	0.00	
Enfriado	16.67	2.00	463.00	0.17	0.20	2.00	0.00	
Lijado	8.33	1.00	463.00	0.17	0.39	1.00	0.00	
Almacén de producto terminado	8.33	1.00	463.00	0.00	0.00	1.00	0.00	
Almacén de desechos	8.33	1.00	926.00	0.00	0.00	1.00	0.00	

Fuente: Elaboración Propia

$$Proudcion\ mensual = 1,389\ tableros \frac{aglomerados}{mes}$$

$$Tableros\ deschos = 926$$

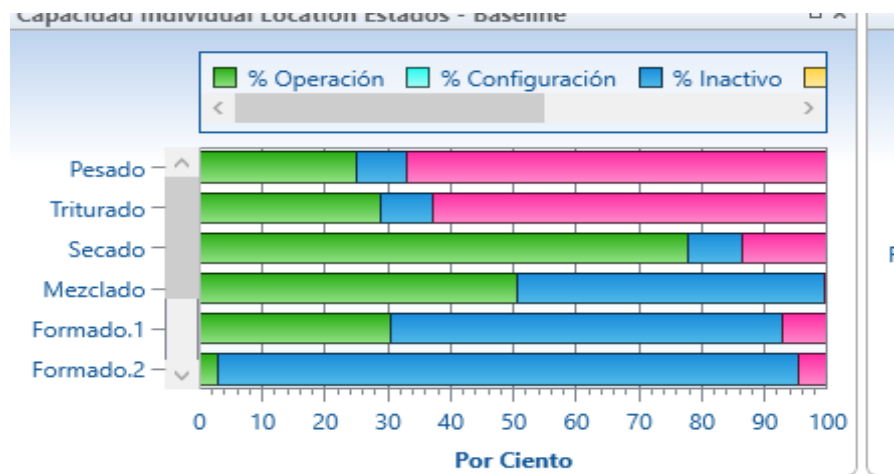
$$\% \text{ desperdicios} = \frac{926 \text{ tableros deesechos /mes}}{1,3389 \text{ producción/mes}} = 66\%$$

Propuesta 3



Fuente: Elaboración Propia

Indicadores Actuales



Locación Resumen								
Nombre	Tiempo Programado (Day)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% U
Fila recepción de materia prima	8.33	20.00	524.00	7.58	19.86	20.00	20.00	
Pesado	8.33	1.00	504.00	0.36	0.92	1.00	1.00	
Triturado	8.33	1.00	503.00	0.36	0.92	1.00	1.00	
Secado	8.33	1.00	502.00	0.36	0.91	1.00	1.00	
Mezclado	8.33	1.00	501.00	0.20	0.51	1.00	0.00	
Formado.1	8.33	1.00	456.00	0.17	0.38	1.00	0.00	
Formado.2	8.33	1.00	45.00	0.34	0.08	1.00	0.00	
Formado	16.67	2.00	501.00	0.18	0.23	2.00	0.00	
Prensado	8.33	1.00	501.00	0.16	0.40	1.00	0.00	
Enfriado	8.33	1.00	501.00	0.15	0.39	1.00	0.00	
Lijado	8.33	1.00	500.00	0.16	0.41	1.00	0.00	
Almacén de producto terminado	8.33	1.00	500.00	0.00	0.00	1.00	0.00	
Almacén de desechos	8.33	1.00	1,002.00	0.00	0.00	1.00	0.00	

$$Proudccion\ mensual = 1,502\ tableros\ \frac{aglomerados}{mes}$$

$$Tableros\ deschos = 1,002$$

$$\% desperdicios = \frac{1,002\ tableros\ deesechos /mes}{1,502\ producción/mes} = 66\%$$

Demanda de materia prima propuesta

La materia prima que se propone para la elaboración de tableros aglomerados, son la cascara de coco y palama aceitera. La principal razón es el porcentaje de lignina, la palama aceitera contiene un 81.8% y la fibra de la cascara de coco presenta un contenido de 64.6%. [20] Otra de las razones es la demanda que se tiene en territorio peruano. Cabe resaltar que el Perú se encuentra en el productor numero 18 a nivel mundial. Con una cantidad de 224,000 toneladas métricas. [21]

Según Mena [7] pocas empresas que han fracasado en sustituir la madera como materia prima para la elaboración de los tableros aglomerados, se debe a que no han evaluado lo suficiente, la elección de materia prima. Actualmente, la cascarilla de arroz como la cascara de maní son los que más se emplean para este tipo de trabajos experimentales. En el caso de la cascarilla de debe emplear mucho más tiempo de lo requerido, por ende, retrasa el proceso y su porcentaje de lignina no es el más óptimo en comparación a la palama aceitera, lo mismo pasa con la cascara de maní. Es por ello, que se debe emplear una cascara alto en lignina y bajo costo. Cabe resaltar que, si se considera emplear dos tipos de residuos diferentes, estos tienen que ser muy similares para que al momento del proceso se puedan utilizar los mismos parámetros de tiempo, presión, temperatura, etc.

Evaluación económica

Considerando que la propuesta 1 es la mejor, debido a que reduce en mayor porcentaje los desperdicios en el proceso productivo. En la cual se considera la adquisición de una de termo prensado, teniendo en cuenta que se eliminara la locación del secado. Y se empleara como materia prima los residuos procedentes de la palma aceitera y coco. Para lo cual se realizó la evaluación económica.

Ítem	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Maquina Termoprensado	Unidad	S/ 125,000	S/ 127,000
Cascara de palma aceitera y coco	500 kg	S/400	S/400
TOTAL,			S/ 127 400

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

El proceso productivo estudiado, es la elaboración de tableros aglomerados a partir de residuos industriales, la cual se hizo un diagnóstico actual. Donde se evidencio a través de la simulación, el exceso de residuos, tal cual los trabajos experimentales presentados en los antecedentes, lo mencionan. Siendo la materia prima, la causa primordial de este problema. El porcentaje de desperdicios se encentra entre un 66% -67% lo que conlleva a tener una productividad muy baja. Con la ayuda de trabajos experimentales realizados a nivel de laboratorio se propuso la mejora más óptima, la cual consiste en un cambio de materia prima, siendo la cáscara de coco y palama aceitera, las mejores, debido a su alto porcentaje de lignina que se encuentra en un 81.8%. Otro punto importante de la mejora, consiste en la

eliminación de la estación de secado y poner una nueva, con el nombre de termo-prensado, mediante la simulación, se estableció que hay una reducción del 31% de desperdicios, en comparación al modelo actual. Finalmente se estableció el monto financiero que conlleva esta propuesta de mejora, el cual es de S/ 127 400 y las ganancias que se tendría dependería mucho de la cantidad de producción planeada. Teniendo en cuenta que gran parte de la producción no va formar parte del desperdicio, gracias a la propuesta de mejora planteada.

Referencias

- [1] Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), «Estadísticas de productos forestales,» 20 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/es/>. [Último acceso: 20 Octubre 2022].
- [2] R. Buthler, «MONGABAY,» 22 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://es.mongabay.com/2021/04/deforestacion-aumento-planeta-2020/>. [Último acceso: 20 Octubre 2022].
- [3] NOTIFIX, «NOTIFIX,» 19 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://notifix.info/es/noticias-es/mercados/40378-importaciones-peruanas-de-aglomerado-crecen-13-3-en-5m-2019>. [Último acceso: 2022 Octubre 2022].
- [4] O. Araujo Molina, M. Chan, M. Azueta Garcia y M. Solis Rodriguez , «Tableros de madera de partículas,» *Ingeniería*, vol. 8, n° 3, pp. 39-46, 2004.
- [5] Recytrans, «RECYTRANS,» 2 Agosto 2013. [En línea]. Available: <https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-residuos/>. [Último acceso: 12 Noviembre 2022].
- [6] S. Villalobos Garcia y E. Ocampo Ruiz, «Elaboración de aglomerados auto adheridos a partir de residuos agroindustriales,» *PADI*, vol. 10, n° 10, pp. 136-141, 2022.
- [7] S. D. Mena Suarez, «Análisis y Propuesta de Reducción de Desperdicio en el Proceso de elaboración de tableros aglomerados en Nopovan Ecuador,» Univesidad san Francisco de Quito , Quito, 2011.
- [8] J. Alarcón Castro, X. Parra Santana y C. Droguett Castillo, «Tableros en base de residuos de cebada de al industria alimentaria y adhesivos naturales,» *Redalyc*, vol. 42, n° 6, pp. 364-369, 2017.
- [9] J. F. De La Cuesta Herrera, U. Montoya Rojo, S. Betancourt Parra y C. Álvarez López, «Efecto de la temperatura de procesado sobre las propiedades mecánicas de tableros aglomerados sin resina,» *Redalyc*, vol. 9, n° 2, pp. 75-80, 2011.
- [10] A. F. Díaz Oviedo, B. Ramón Valencia y G. G. Moreno Contreras, «Caracterización físico-química de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso para la elaboración

- de tableros aglomerados,» *Investigacion de desarrollo innovador* , vol. 12, n° 1, pp. 97-106, 2022.
- [11] C. A. Bocanegra Risco, «La broza de esparrago como insumo alternativo sostenible para la elaboracion de tableros,» Universidad de Trujillo, Trujillo, 2018.
- [12] S. Crisólogo de la Cruz, «Control estadístico de la calidad en el prensado del trablero aglomerado a base de bagazo,» Universidad de Trujillo, Trujillo, 2013.
- [13] L. Zambrano, P. Moreno, F. Muñoz , J. Durán , D. Garay y S. Valero, «Tableros de partículas fabricados con residuos industriales de madera de Pinus Patula,» *Madera Y bosques* , vol. 1, n° 1, pp. 65-80, 2013.
- [14] P. Leiva, «Desarrollo de aglomerados de cáscara de arroz reforzados con fibra de yute,» RINFI, Lima, 2018.
- [15] K. Licon, «Evaluacion y elaboración de tableros aglomerados a base de fibra coco y cemento,» ACADEMIA, Colima, 2018.
- [16] A. Ferrandez Garcia, M. Ferrandez Villena y Garcia Ortuño, «Caracterización de tableros de partículas sin adhesivos elaborados con rizoma de caña común,» Agro-Ingeniería, Huesca, 2019.
- [17] Granero, Gatani, Medina, Ruiz y Lerda, «Determinación de la influencia del tamaño y forma de partículas de cáscaras de maní en paneles aglomerados,» *Quebracho*, vol. 21, n° 12, pp. 67-80, 2013.
- [18] C. Álvarez, E. Campannema, O. Rojas y Piedad Gañán, «Desarrollo de tableros aglomerados auto-enlazados a partir de fibra de la vena central de la hoja de plátano,» *PROSPECTIVA*, vol. 12, n° 7, pp. 69-74, 2009.
- [19] J. E. González Rivera, J. P. Jaramillo Ponce, M. Pérez Quintana y N. Sablón Cossio, «Evaluación físico-mecánicas de tableros a base del Aserrín de Pigüe (Piptocoma discolor) y bagazo de caña de azúcar en Pastaza,» *Amazónica Ciencia y Tecnología*, vol. 7, n° 2, pp. 95-108, 2018.
- [20] Y. A. González Castillo, S. N. Rincón Rincón, G. d. J. Camargo Vargas, G. E. Dévora Isiordia y F. E. Sierra Vargas, «Caracterización de Materiales lignocelulósicos residuales de palma de aceite y palma de coco para la fabricación de pellets,» *AVANCES*, vol. 11, n° 1, pp. 84-91, 2014.
- [21] J. C. Carrasco León , «Agraria. pe,» Agraria. pe, 12 mayo 2021. [En línea]. Available: <https://agraria.pe/noticias/cultivo-de-palma-aceitera-en-peru-genera-mas-17-000-puestos-24346>. [Último acceso: 12 noviembre 2022].
- [22] R. R. Layza Castañeda, «Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra y endocarpo de coco».
- [23] J. B. Eras Aguila, «Evaluación del proceso de elaboracion de un aglomerado de cielo raso, a partir de la palma aceitera en conbianación con la cascarilla de arroz,»

- [24] E. A. Revelo Cuarán, N. Nieves Pimiento y C. A. Toleno Bueno, «Homogenization Analysis in Particle Boards with Rice Husk,» *Tecnura*, vol. 26, n° 71, pp. 59-79, 2022.
- [25] G. Diossa, J. Velasquez, G. Quintana y V. Gomez , «EFFECTS OF PRESSING PRESSURE AND KRAFT LIGNIN ADDITION IN THE PRODUCTION OF BINDERLESS,» *Maderas. Ciencia y tecnología*, vol. 19, n° 4, pp. 525-537, 2017.
- [26] C. Orabalis, L. Cossio y R. Martinez Garcia, «Aglomerado de cascarilla de arroz con adhesivo comercial poliuretánico,» *Quebracho*, vol. 12, n° 1, pp. 123-133, 2020.
- [27] L. Range, Moreno y Shakespeare Trejo, «PROPIEDADES DE TABLEROS AGLOMERADOS DE PARTÍCULAS FABRICADOS CON MADERA DE *Eucalyptus urophyll*,» *Maderas*, vol. 19, n° 3, pp. 373-386, 2017.