

Síntesis de un adhesivo de almidón, como propuesta de pegamento ecológico para la industria de la construcción con guadua

Óscar Fabián Martínez Guerrero ¹, Luis Enrique Yate Calvo ², Pedro Rodríguez Sandoval ³

ofmartinez@sena.edu.co ¹, luiseyate@hotmail.com ², prodriquezs@sena.edu.co ³

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera

Centro de Materiales y Ensayos



Resumen

A nivel mundial los adhesivos orgánicos sintéticos son de uso generalizado en la industria de la construcción, pese al grave riesgo que representan para la salud y el medio-ambiente. Los adhesivos de base vegetal, cuyo solvente es el agua, se han venido convirtiendo en una alternativa para reemplazarlos, sin embargo, su alto costo de producción y su baja resistencia a la intemperie han sido un impedimento para masificar su uso.

La meta principal del proyecto de investigación consistió en desarrollar un adhesivo ecológico con un alto contenido vegetal y amigable con el ambiente y que a su vez pudiera cumplir con las necesidades y especificaciones de calidad que exige la industria de la construcción sostenible en el mercado nacional.

El procedimiento comprendió realizar pruebas de laboratorio que permitieran identificar una formulación viable para la fabricación del adhesivo, no obstante que las pruebas realizadas al adhesivo arrojaron un valor promedio de 4.7 N/mm, para uniones de materiales maderables, y a pesar que este valor está acorde con lo establecido en la norma (UNE EN 1392.2000), y que es concordante con lo señalado por las Normas Técnicas Colombianas, (NTC 3545, NTC 1984), que fijan este valor superior a 3.8 N/mm; aún no se puede deducir que el adhesivo cumple con el parámetro de calidad, establecido para la industria y el comercio colombiano, para ello es necesario realizar más pruebas fuera del laboratorio.

Palabras clave: Síntesis, caracterización, adhesivo, acuosos, almidón, construcción.

Abstract

Globally, synthetic organic adhesives are widely used in the construction industry; despite the risk on health and environment. These vegetable-based adhesives, of which solvent is water, have become an alternative to replace them. However, their high production cost and low exterior resistance have been an obstacle to make them accessible.

This research project is mainly designed to develop an eco-friendly adhesive along with a high vegetal content and environmentally friendly that may comply with the quality needs and specifications that the national market-based sustainable construction industry requires.

The procedure managed to execute laboratory tests that allowed to identify a feasible formulation to make the adhesive; however, these performed tests at the adhesive, yielded an average value of 4.7 N/mm for wooden materials joints and although this value is in accordance with the established regulation (UNE EN 1392.2000), and the Colombian Technical Regulations (NTC 3545, NTC 1984) that set this value higher than 3.8 N/mm, it still cannot be deduced the adhesive meets the quality standards established by the Colombian industry and trade. To this effect, more tests are required to be performed outside the laboratory.

Keywords: synthesis, characterization, adhesive, watery, starch, construction.

Introducción

Los materiales compuestos integran gran parte de los artículos cotidianos que se existen en la actualidad, conforme la humanidad a incrementado su desarrollo, ha crecido la necesidad de obtener materiales más resistentes, flexibles y livianos que los que nos brinda la naturaleza por sí misma, las combinaciones y mezclas de diferentes materiales ha permitido alcanzar nuevos horizontes para el ser humano, es así como los adhesivos al revelado su importancia en muchos aspectos de nuestra vida. En la actualidad la variedad, composición y utilidad de los adhesivos es muy alta, ya que los podemos encontrar en la cotidianidad de nuestro hogar, hasta en la industria aeroespacial, la investigación y desarrollo de esta industria busca constantemente mejoras y usos, para un mercado cada vez más exigente.

A pesar de los avances científicos y en la ciencia de los materiales, la mayoría de los adhesivos usados actualmente son basados en polímeros los cuales requieren para su funcionamiento fenómenos físicos como la fricción y mayoritariamente reacciones químicas, las cuales, gracias a sus interacciones moleculares forman las excelentes uniones, mejorando de esta manera las prestaciones y desempeño de los nuevos compuestos.

La presente investigación se orienta hacia la industria de la construcción por ser un sector económico importante para el país y que requiere de soluciones adhesivas significativamente ecológicas, que aporten a las metas de sostenibilidad y diferentes a los polímeros sintéticos tradicionales, por este motivo los nuevos desarrollos

en el área de los adhesivos deben propender por encontrar una solución cuyo resultado sea al mismo tiempo útil para la industria, buena para el medio ambiente, segura para los trabajadores, rentable y escalable. En el Colombia, gran parte de los pegantes que se usan en el sector industrial son en base a diluyentes orgánicos, en especial los que son de base de policloropreno o poliuretano.

Estas mezclas están compuestas de elementos que son altamente inflamables y que en su producción generan escapes perjudiciales debido a su alta volatilidad, de igual manera estos compuestos tienen largas etapas de evaporación, no son biodegradables y presentan grandes riesgos para la salud debido a su volatilidad y alta toxicidad.

Debido a la composición de algunos de estos adhesivos, parte de la población ha encontrado una empleabilidad, para una uso que no se tuvo en cuenta y es el de convertirse en un alucinógeno, lo que es un tema inquietante debido a la facilidad de acceso que tienen los niños y adolescentes a estos productos, accesible en cualquier almacene de cadena y/o tiendas de barrio, quienes hacen un uso inadecuado de estos productos, al convertir sus componentes en una sustancia que afecta su salud física y mental.

El que se pueda llegar a producir un adhesivo con las características requeridas por la industria y que a su vez haga uso de agua en lugar de solventes orgánicos revierte gran importancia, no solo en el aspecto industrial, sino también en los sectores económico, ambiental, social y de salubridad.

Durante el desarrollo del proyecto se realizó una consulta y revisión de patentes relacionadas con la

producción de adhesivos o pegamentos cuya base soluble fuera el agua, no limitándonos solo a este tipo de desarrollos sino que por el contrario se amplió el espectro a aquellas que se trabajan con mezclas agua-alcohol; de igual manera se tuvo en cuenta desarrollos de adhesivos base agua que involucren poliuretano, ya que sus procedimientos nos orientan respecto de los diferentes tipos de reacción que se pueden obtener.

Se propuso el uso de almidón de yuca o mandioca, porque no es tóxico, es biodegradable, el costo de producción es muy bajo, gracias a que su materia prima es menos costosa que el petróleo, y que es un material abundante en la naturaleza, además de poseer una extensa gama de utilidad en la unión de diversos materiales como papel, vidrio, cartón, textiles y diversos tipos de plásticos, y como dijo Kraak, “Las aplicaciones modernas y los desarrollos de nuevos procesos, están dando lugar a una necesidad creciente de nuevas adaptaciones y refinamientos del producto, aunque una de las aplicaciones más antiguas, los adhesivos de almidón, en su mayor parte han mantenido su posición.”(Kraak, 1992).

El propósito del proyecto se centró en desarrollar un adhesivo ecológico que se pueda convertir en una opción para substituir el creciente uso de los pegantes orgánicos nacionales e importados que actualmente se utilizan en la industria de la construcción, la madera y afines.

La investigación se direcciono hacia la producción a escala de polímero biodegradable de almidón que se pueda usar como un pegante base agua, para lo cual se realizó la caracterización, síntesis y formulación del mismo. Gracias a su gran

versatilidad el almidón se ha convertido en una de las alternativas naturales más competitivas frente al uso de los adhesivos tradicionales, ya que sus características particulares aún siguen siendo motivo de muchas investigaciones.

El almidón al ser un producto directo de las plantas es un material abundante y sostenible que gracias a su alta compatibilidad puede ser adicionado con materiales plastificantes y fibras naturales específicas para conformar un compuesto con muy buenas propiedades mecánicas y físicas, haciendo de estos compuestos materiales muy competitivos, no obstante estas cualidades los compuestos con base de almidón enfrentan un gran problema, y es su rápida degradación debido a la gran afinidad que posee sus componentes con el agua característica conocida como hidrofilia, puesto que esto ocasiona que el material o compuesto pierda sus propiedades adhesivas en condiciones húmedas, limitando así su utilidad (Cárdenas Suarez, 2011).

Marco conceptual

Algunos de los términos más relevantes serán expuestos en este apartado para una mejor comprensión del proyecto.

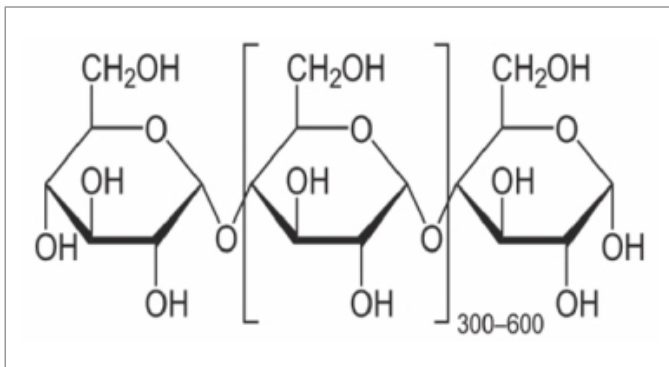
Almidón

El almidón, o fécula, es una macromolécula que está compuesta por dos polímeros distintos de glucosa. Es el glúcido de reserva de la mayoría de los vegetales. El almidón está constituido por dos compuestos de diferente estructura. (Wikipedia, 2021).

- **Amilosa:** Suele constituir del 25 al 30% del almidón.

Figura 1.

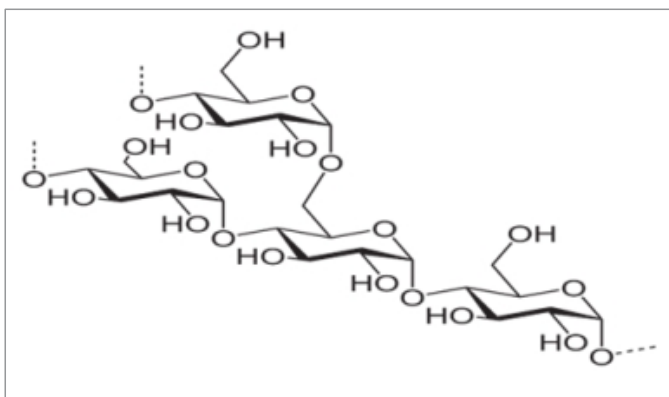
Estructura de la amilosa, autor: NEUROtiker



- **Amilopectina:** Representa el 70-75 % restante.

Figura 2.

Estructura de la amilopectina, autor: NEUROtiker



El almidón al ser un material de origen vegetal, sufre un proceso natural de retrogradación esto ocurre de manera espontánea, el cual es importante observar y controlar, ya que este proceso vuelve rígidas a las cadenas de polímeros que conforman el almidón, actualmente la mejor forma disminuir este fenómeno es por medio de la adición de un plastificante, que le permita conservar la flexibilidad y fluidez lograda al disolverse en el medio acuoso, permitiendo así su uso como un polímero común.

Polímero

Los polímeros tanto naturales como sintéticos, son sustancias de largas cadenas de moléculas simples o compuestas, dispuestas de forma lineal o ramificada. Los polímeros naturales y sintéticos poseen una gran masa molecular que le aporta propiedades físicas únicas entre las que se incluyen dureza, elasticidad y viscosidad. En los polímeros es importante controlar el punto en el que el material pasa de tener un comportamiento rígido a uno dúctil, también conocido como temperatura de transición vítrea y que corresponde al punto de fusión que es donde el material deja de ser sólido a se torna líquido y de igual importancia es controlar las condiciones en las cuales se degrada el material, ya que estos parámetros establecerán las aplicaciones en las cuales los polímeros pueden ser usados (Hashemi & Smith, 2006).

Polímero Biodegradable

De acuerdo a la norma europea EN-13436, la cual indica que, un polímero se puede considerar biodegradable si su degradación es igual o superior al 90% en condiciones de laboratorio (European Committee for Standardization). En general un polímero biodegradable es un material que puede descomponerse en los elementos químicos de los cuales está compuesto, debido a la acción de elementos biológicos. (Wikipedia, 2016).

Ventajas y Desventajas de los adhesivos

El adhesivo propuesto contiene elementos plastificantes, sin embargo, se puede evaluar su aporte al medio ambiente en el marco de realizar una disminución significativa en el uso de derivados del petróleo, lo que se espera se pueda traducir en un menor uso de recursos no renovables.

Una de las grandes debilidades que presentan la totalidad de los adhesivos para la construcción es

que están propuestos en base a productos derivados del petróleo y el gas natural, materiales que no son renovables, así mismo al contener solventes orgánicos volátiles (VOC) y componentes hidrosolubles se convierten en un agente importante en la contaminación ambiental, a lo anteriormente expuesto se suma la exigencia de tomar importantes medidas de protección al momento de su uso, debido a sus reacciones químicas primordialmente, de igual manera las investigaciones orientadas al remplazo de productos tradicionales por materiales sostenibles y renovables abren una ventana hacia el mejoramiento de la calidad de vida y a usos potenciales en nuevas aplicaciones industriales.

Uso de Poliuretanos (PUR)

En el mercado actual los adhesivos de poliuretano monocomponente (PUR 1C) son de los más usados debido a su capacidad de formar uniones resistentes y con gran fortaleza ante cargas puntuales, otras grandes ventajas son su bajo tiempo de curado y su larga vida útil, muchos de estos adhesivos son monocomponente, lo que evita tener que medir y realizar mezclas, los compuestos a base de PUR presentan bajo olor, buena tolerancia al calor y la humedad, generalmente se requiere de bajas cantidades para lograr los resultados requeridos estos adhesivos están clasificados como de tipo reactivos, es decir que requieren que ocurra una reacción química para su activación y correcto funcionamiento, sin embargo generalmente esta función la realiza la humedad, que está presente en el ambiente, evitando de esta manera el uso de otro compuesto reactivo.

Equipos y Materiales

Materiales

- **Variedad de yuca:** Tierra Mona (Tierralta, Córdoba, COL 2711).

Figura 3.

Variedad de yuca, fuente propia.



- **Silicato Sódico** (Na_2SiO_3), (Químicos Campota, Bogotá, D.C.)

Figura 4

Silicato Sódico (Na_2SiO_3), fuente propia.



- **Glicerina USP**, (Químicos Campota, Bogotá, D.C.).

Figura 5

Glicerina USP, fuente propia.



- **Dimetilsulfóxido (DMSO)**, al 99.99% de pureza ($\text{CH}_3)_2\text{SO}$ (Sigma-Aldrich, Merck, Bogotá, D.C.)

Figura 6

Dimetilsulfóxido (DMSO), tomado de: https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_675876-MCO45644738630_042021-O.jpg



Equipos

- **Estufa convencional a gas natural**: Usada para calentar el agua a 70 °C .

Figura 7 - Estufa a gas convencional, fuente propia.



- **Batidora Kitchenaid Artisan**: se usó para realizar la mezcla inicial del almidón, agua y plastificante

Figura 8 - Batidora Kitchenaid Artisan, fuente propia.



- **Pipetas graduadas:** para medir las cantidades de líquidos a usar en las preparaciones.

Figura 9

Pipeta graduada, tomado de: <https://m.media-amazon.com/images/I/31US5c9BzpL.jpg>



- **Máquina de ensayos universal:** JINAN testing Machine IE Corporation Modelo WDW 100, usada para pruebas de tensión y flexión.

Figura 10

Máquina de ensayos universal, tomado de: <https://www.hydraulicuniversaltestingmachine.com/wp-content/uploads/2017/12/wdw-100-1-1.jpg>

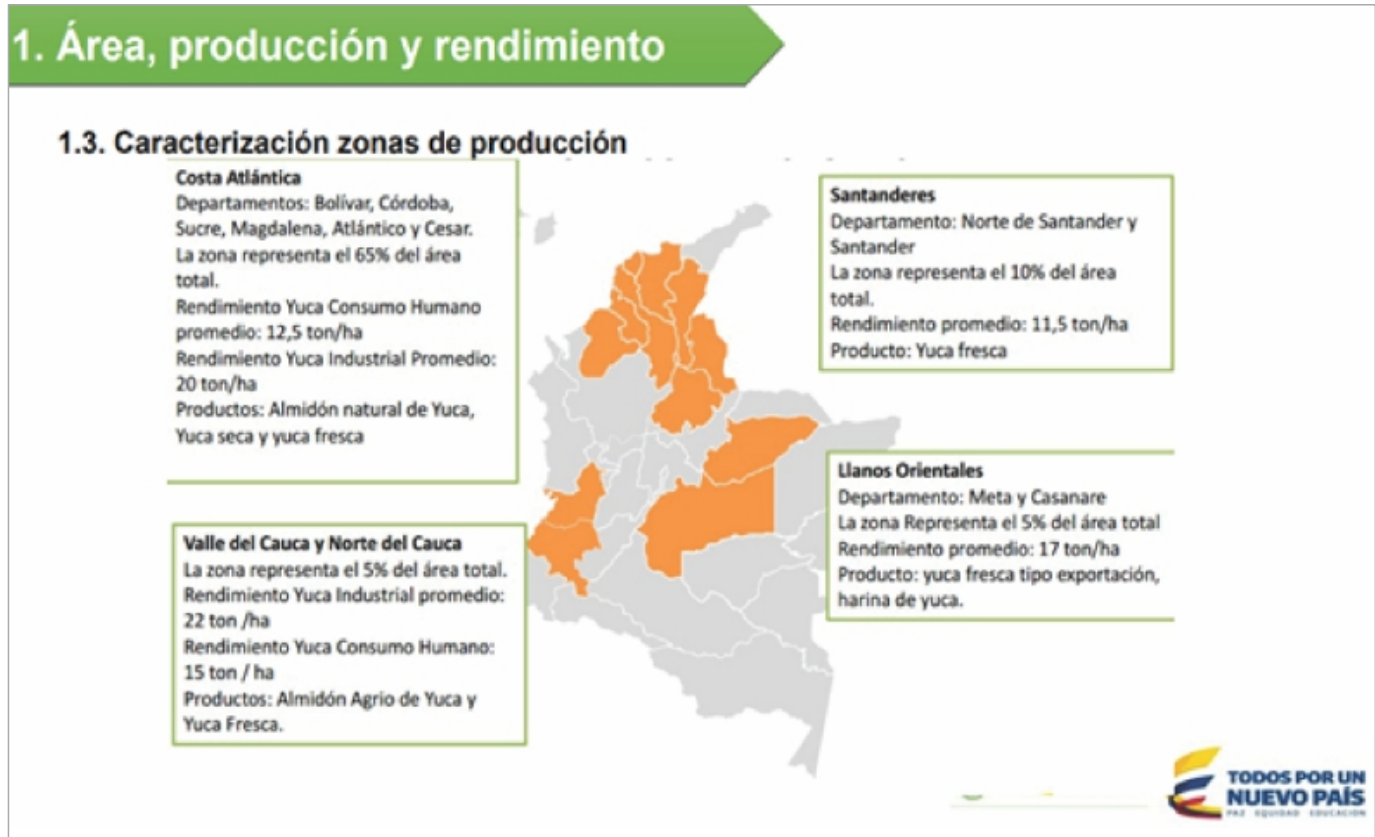


Metodología

Definición de variables y niveles

En esta fase se definieron las variables correspondientes a la variedad del almidón de yuca y el catalizador que se usaría. Se tuvo en cuenta que las propiedades del almidón dependen de la variedad del mismo, por lo cual se optó por usar la variedad más común de almidón natural de yuca, variedad Tierra Mona proveniente de la costa atlántica (Tierralta, Córdoba, COL 2711) zona que representa el 65% del área sembrada en el país ver fig. 1. Este almidón se obtiene de la técnica usada en las llamadas rallanderías, la cual consta de un proceso de lavado, rallado, filtrado y finalmente se deja sedimentar en grandes tanques.

Figura 11. Fuente (MINAGRICULTURA, 2016).



Preparación del compuesto acuoso

El proceso experimental para lograr la producción del adhesivo se estableció por medio de la línea clásica de realizar la disolución del agente aglutinante (almidón de yuca), en una base solvente (agua). Las bajas reacciones generales que proporciona este método permiten tener un control absoluto sobre la dosificación de los componentes y su interacción. Una parte importante del proceso involucra convertir en gel el almidón, ya que en su estado natural a temperatura ambiente es insoluble en agua, por lo cual se debe proveer un medio acuoso con una temperatura alta, con lo cual se logra romper la estructura inicial de los granos de almidón, y con ello alcanzar el punto de transición vítrea, logrando que el compuesto sea más dúctil y menos rígido, por ello el primer

paso fue determinar la preparación de un compuesto acuoso consistente en 85% de agua y la mezcla plastificante (Silicato sódico 10%, Glicerina 5%) en volumen, este compuesto se calentó en la estufa challenger por 15 minutos hasta alcanzar los 65 °C, esto para poder disolver correctamente el almidón, posteriormente se llevó al bol de la batidora marca Kitchenaid Artisan, donde se le adiciono el almidón en una proporción de 10, 20 y 40% peso/volumen, todo se mezcló durante 20 min a 100 rpm logrando con este método la realización de las tres preparaciones propuestas de 100 ml cada una, con este proceso se garantizó una completa homogeneización de los componentes, todo el proceso fue monitoreado en cuanto a factores ambientales, para lo cual se propuso y estableció una atmósfera y temperatura

controladas, a efectos del desarrollo del proyecto se usaron las instalaciones del centro de materiales y ensayos del SENA, regional Distrito Capital y del Tecnoparque nodo Cazúca.

Etapas de formulación

Las variables en esta etapa fueron el tipo y porcentaje de concentración de aglutinante y el catalizador, para lo cual se delimitaron tres niveles para la proporción del catalizador que se usaría, las cuales fueron: 10%, 20% y 40% esta proporción se utilizó a razón de 1:2, partes con respecto al almidón, todo fue disuelto en un vehículo acuso compuesto de bórax 3%, NaOH (hidróxido de sodio) 0,5%, antiespumante 0,5%, y agua en proporciones de 86%, 76% 56%, respectivamente.

Metodología analítica

En la fase de mezcla las variables se evaluaron mediante un estudio de viscosidad y de solubilidad en agua a temperatura ambiente 20°C, ya que estas propiedades son las más relevantes en los pegantes de base vegetal, debido a que son las que representan las características con mayor susceptibilidad a tener un cambio notorio durante su preparación y uso, la viscosidad se determinó por medio de la prueba en el viscosímetro de Brookfield, esta es una prueba de viscosidad dinámica que comprende el uso de un eje giratorio que entra en contacto con el líquido que se requiere medir. (QUIMINET, 2008).

La solubilidad en agua se determinó por medio del método de sumergir la muestra en agua por 24 horas, pues se determinó este

espacio temporal como el mínimo que debería resistir el pegamento antes de presentar disolución o disminución de sólidos.

La resistencia a la ruptura entendida como la cantidad de fuerza requerida para lograr el rompimiento, o la resistencia a la compresión inconfiada para esta prueba se usaron seis probetas de 3 cms de espesor y de 4 de ancho por 15 cms de largo, bajo situaciones inalteradas y aplicando una carga axial por medio de una maquina universal de ensayos Marca JINAN modelo WDW-100, para ello se ubicó la probeta entre las placas y se operó el motor a una velocidad constante, hasta lograr la lectura máxima a la cual se logró la ruptura de las probetas, para ello se tuvo en cuenta lo establecido en las normas EN-1067 de 1997 y la NTC 6050.

Figura 12. Máquina universal de ensayos Marca JINAN modelo WDW-100. Fuente propia.

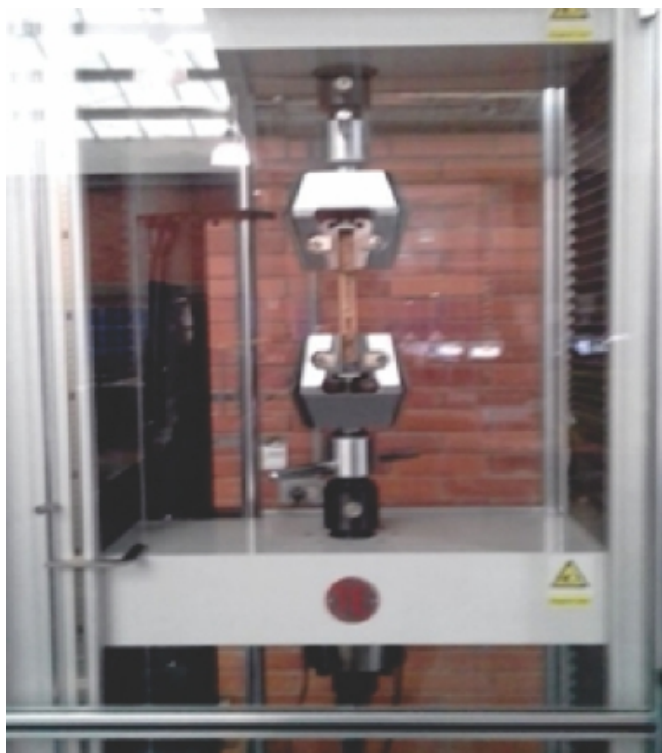


Tabla 1. Caracterización físico-química. Fuente propia.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Apariencia (aspecto visual a 25° C)	Pasta blanquecina oscura
Viscosidad (cP a 25 ° C, método de Brookfield)	196.000-250.000
Densidad (en kg / m ³)	625-782
Tiempo de trabajo (en min a 20 ° C)	8-10
Tiempo de resistencia a la manipulación (en mín. A 20 ° C)	40
Tiempo de curado (en horas)	24
Contenido de sólidos mezclados por peso , %	70

Los análisis para la caracterización del adhesivo de almidón de yuca y los equipos e instrumentos de medida usados fueron:

Tabla 2. Análisis para la caracterización del adhesivo de almidón de yuca e instrumentos de medida.

ANÁLISIS	MÉTODO / EQUIPO
Apariencia: color y olor de la película	Cualitativamente
Viscosidad:	Brookfield
Densidad:	Refractómetro
Tiempo de curado	Almacenamiento a Temperatura ambiente por 24 horas y comparación con viscosidad inicial
Tiempo de resistencia a la manipulación	Valoración de Karl-Fischer
Porcentaje de sólidos	Índice de sólidos por volumen

Ensayos

Pruebas de tensión

Para las pruebas de tensión se fabricaron las probetas a partir de dos materiales compuestos de esterilla de guadua la cual fue pegada en tres capas con el adhesivo desarrollado, se realizaron dos tableros de 30 x 30 cms, de los que posteriormente se fabricaron y mecanizaron las probetas acorde a la norma ASTM D638-14.

Alcance del Ensayo

El ensayo se llevó acorde a la norma ASTM D638 – 14, “este método de prueba cubre la determinación de las propiedades de tracción de plásticos reforzados y no reforzados en forma de probetas estándar en forma de pesa cuando se prueban bajo condiciones definidas de pretratamiento, temperatura, humedad y velocidad de la máquina de prueba. Este método de prueba también puede

usarse para probar resina fenólica moldeada o materiales laminados.” (Alterna Consultores, 2021).

Para ello se programó la máquina de ensayos a una velocidad de 50 mm/min bajo una temperatura ambiente constante de 21 °C, se realizaron las pruebas a los 20 días de aplicado el adhesivo al sustrato (esterilla de guadua).

El cálculo del límite elástico, se realizó mediante una derivación de los datos obtenidos en las pruebas, para ello se observó en qué momento de la deformación se logró la estabilización de la pendiente, lo que se reportó como el esfuerzo de deformación o límite elástico.

El cálculo del módulo de Young se realizó mediante un análisis lineal de los datos en la zona de estabilización o momento elástico de las probetas. La resistencia a la ruptura se determinó por inspección visual y sonora.

Figura 13. Tableros de 30 x30 cms, a partir de esterilla de guadua. Fuente propia.



Figura 14. Tableros de 30 x30 cms, a partir de esterilla de guadua. Fuente propia.



Figura 15. Tableros de 30 x30 cms, a partir de esterilla de guadua. Fuente propia.



Figura 16. Prueba probeta de guadua B1. Fuente propia.



Figura 17. Prueba probeta de guadua B2. Fuente propia.



Figura 18. Prueba probeta de guadua C1. Fuente propia.



Figura 19. Prueba probeta de guadua C2. Fuente propia.



Figura 20. Prueba probeta de guadua C3. Fuente propia.



Tabla 3. Ensayo de Tensión - Probeta Guadua B1

ENSAYO DE TENSION PROBETA GUADUA B1

SampleID		SampleID	
TestDate	11/25/2021	Operator	
Type	Flat	Size(mm)	18
So(mm ²)		Ls(mm)	80
Fbb(kN)	7.16	Rbb(MPa)	0
Fpb(kN)	3.55	Rpb(MPa)	0
Eb(GPa)	0	U(J)	36.520

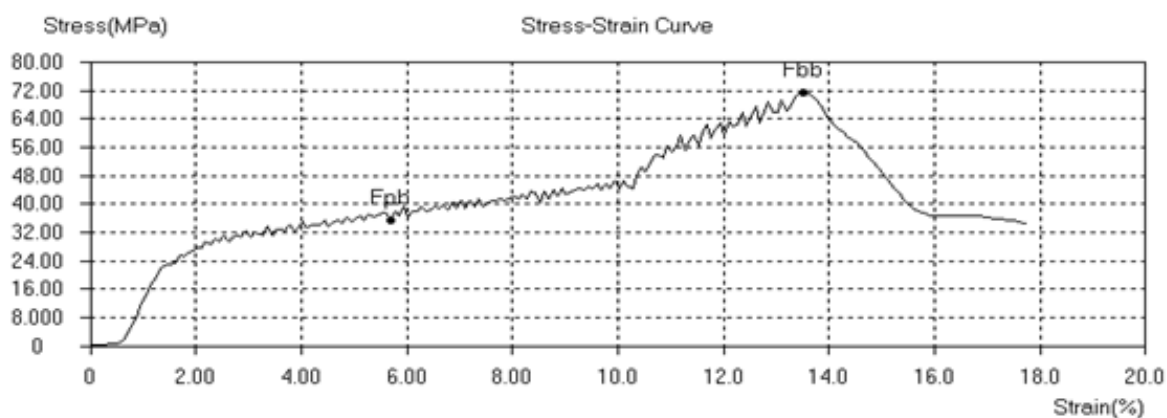


Tabla 4. Ensayo de Tensión - Probeta Guadua B2.

ENSAYO DE TENSION PROBETA GUADUA B2

SampleID		TestDate	11/25/2021
Operator		Type	Flat
Size(mm)	18	So(mm ²)	
Ls(mm)	80	Fbb(kN)	5.46
Rbb(MPa)	0	Fpb(kN)	2.91
Rpb(MPa)	0	Eb(GPa)	0
U(J)	33.100		

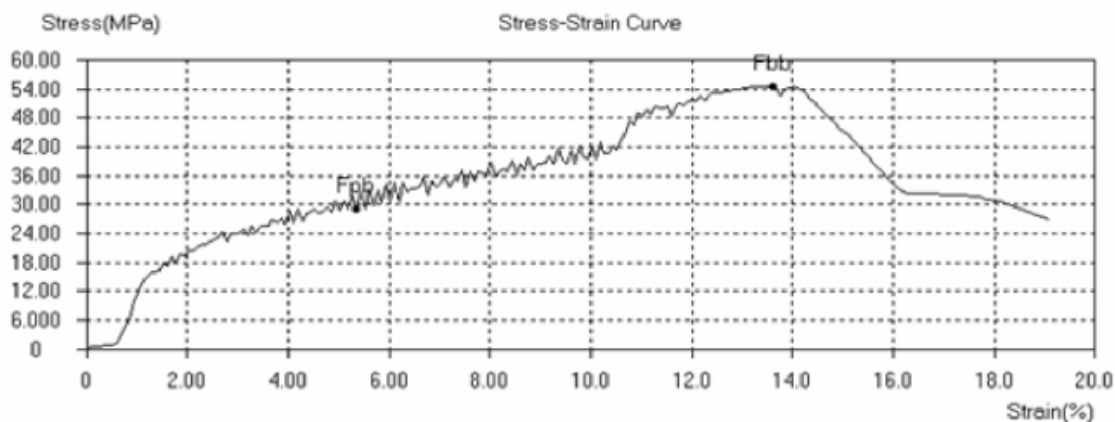


Tabla 5. Ensayo de Tensión - Probeta Guadua C1

ENSAYO DE TENSION PROBETA GUADUA AGLOMERADO C1

SampleID	GUADUA Y AGLOMERAD	TestDate	11/25/2021
Operator	O	Type	Flat
Size(mm)	13	So(mm ²)	
Ls(mm)	70	Fbb(kN)	0.27
Rbb(MPa)	0	Fpb(kN)	0.07
Rpb(MPa)	0	Eb(GPa)	/
U(J)	0.003		

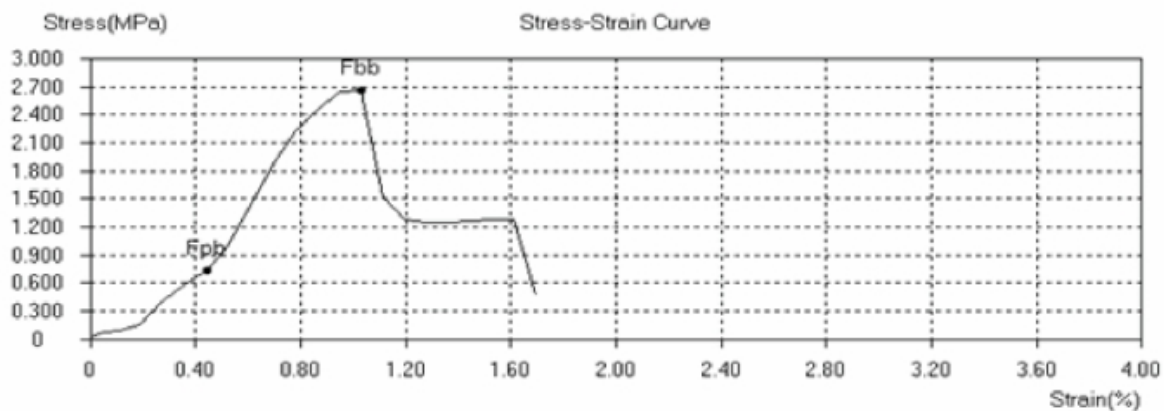


Tabla 6. Ensayo de Tensión - Probeta Guadua C2.

ENSAYO DE TENSION GUADUA AGLOMERADO C2

SampleID	GUADUA Y AGLOMERAD	TestDate	11/25/2021
Operator	O	Type	Flat
Size(mm)	13	So(mm ²)	
Ls(mm)	70	Fbb(kN)	0.58
Rbb(MPa)	0	Fpb(kN)	0.58
Rpb(MPa)	0	Eb(GPa)	0
U(J)	0.244		

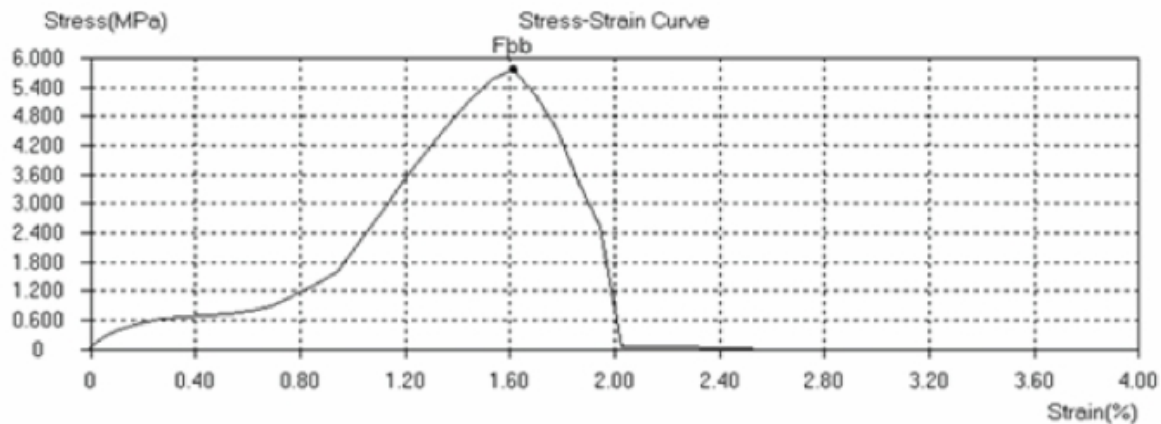
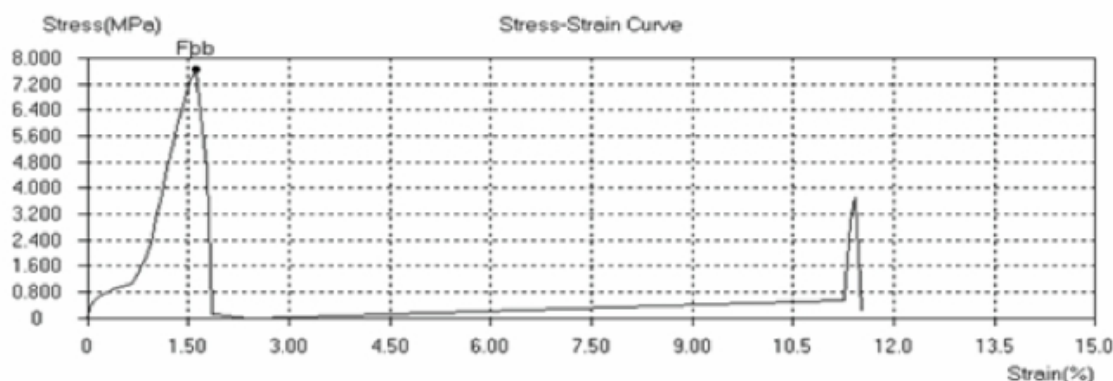


Tabla 7. Ensayo de Tensión - Probeta Guadua C3.

ENSAYO TENSION			
GUADUA AGLOMERADO C3			
SampleID	GUADUA Y AGLOMERADO	TestDate	11/25/2021
Operator	0	Type	Flat
Size(mm)	13	So(mm ²)	
Ln(mm)	70	Fbb(kN)	0.77
Rbb(MPa)	0	Fpb(kN)	0.77
Rpb(MPa)	0	Eb(GPa)	0
U(J)	0.225		



Resultados

El resultado correspondió a una disipación total del almidón en la solución acuosa, donde el compuesto resultante estuvo completamente libre de disolventes orgánicos y con un alto peso molecular.

Respecto a los seis ensayos, se puede afirmar que la relación almidón /aglutinante (Silicato sódico + glicerina) más conveniente y que presenta mejores características es la que contiene una proporción de 40% de aglutinante (35 % y 5% respectivamente), 20% de almidón de yuca y excipientes bórax 3%, NaOH 1%, y agua 36%, con ello se logra la propuesta de sinterización de un adhesivo o pegamento de almidón en base acuosa.

Conclusiones

El estudio de la bibliografía relacionada con el desarrollo de productos naturales y su posible aplicación en el desarrollo de un pegamento

determino la viabilidad de la investigación, reduciendo significativamente el proceso y la posible duplicidad de resultados.

Queda abierta la posibilidad de continuar estudios mas concienzudos del desarrollo de esta investigación , para que en un futuro cercano se pueda producir a nivel industrial, cabe destacar que las cantidades de adhesivo producido y analizado, fueron apenas pequeñas porciones debido a las limitantes d materia prima y las limitaciones en cuanto a capacidad de los equipos utilizados.

A manera de conclusión final se puede resumir que es viable la producción de un pegamento vegetal que no contenga elementos orgánicos contaminantes, así mismo se propone seguir realizando pruebas de esfuerzo, y de adhesión, que no sean en un ambiente controlado, y de este modo poder evidenciar el comportamiento del adhesivo en condiciones reales.

Bibliografía

- Alterna Consultores. ASTM D638 - 14 Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de los plásticos - Consultoría y Pruebas de Materiales SA de CV. Consultoría y Pruebas de Materiales SA de CV (2022). Recuperado el 29 de junio de 2021, de <https://cypma.mx/mecanicas/astm-d638/>.
- Cárdenas Suarez, D. A. (2011). Compuesto a base de almidón de yuca y cisco de café, para la elaboración de recipientes desechables para alimentos. Bogotá: Universidad de los Andes.
- European Committee for Standardization. (s.f.). EN 13432. Europe: EN.
- Hashemi, J., & Smith, W. F. (2006). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales. México D.F: McGraw-Hill.
- Kraak, A. (1992). Industrial applications of potato starch products. *Industrial Crops and Products*, 1(2-4), 107-112.
- MINAGRICULTURA. (2016, septiembre). *CADENA DE YUCA, ÑAME Indicadores e Instrumentos*. Gov .Co. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2016-09-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>.
- QUIMINET. (2008). *Medición de la viscosidad por el método de Brookfield*. Quiminet. Com. <https://www.quiminet.com/articulos/medicion-de-la-viscosidad-por-el-metodo-de-brookfield-30649.htm#:~:text=Paintura-%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20m%C3%A9todo%20Brookfield%3F,propiedades%20reol%C3%B3gicas%20dependientes%20del%20tiempo>.
- Wikipedia. (2016, Abril). Biodegradabilidad. Wikipedia.Org. https://es.wikipedia.org/wiki/Biodegradabilidad#cite_note-1.
- Wikipedia. (2021, noviembre). Almidón. Wikipedia.Org. <https://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>.