



ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE MAESTRÍA CIENCIAS AGROINDUSTRIALES

Tesis

**Obtención de láminas del seudotallo de plátano
(*Musa paradisiaca L.*) para el diseño de envases
almacigueras en formato automontables**

Para optar el grado académico de Maestro en Ciencias Agroindustriales

Autor:

Patrick Abner Obregón García

<https://orcid.org/0000-0002-9955-3427>

Asesor:

Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio

<https://orcid.org/0000-0002-9640-4549>

Tarapoto, Perú

2023



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución -
4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE MAESTRÍA CIENCIAS AGROINDUSTRIALES

Tesis

**Obtención de láminas del seudotallo de plátano
(*Musa paradisiaca* L.) para el diseño de envases
almacigueras en formato automontables**

Para optar el grado académico de Maestro en Ciencias Agroindustriales

Autor:

Patrick Abner Obregón García

<https://orcid.org/0000-0002-9955-3427>

Asesor:

Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio

<https://orcid.org/0000-0002-9640-4549>

Tarapoto, Perú

2021



ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE MAESTRÍA CIENCIAS AGROINDUSTRIALES

Tesis

**Obtención de láminas del seudotallo de plátano
(*Musa paradisiaca* L.) para el diseño de envases
almacigueras en formato automontables**

Para optar el grado académico de Maestro en Ciencias Agroindustriales

Autor:

Patrick Abner Obregón García

<https://orcid.org/0000-0002-9955-3427>

Asesor:

Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio

<https://orcid.org/0000-0002-9640-4549>

Tarapoto, Perú

2021



ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AGROINDUSTRIALES

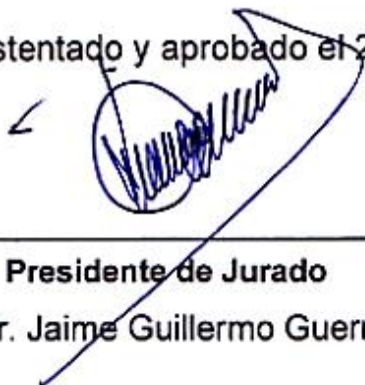
Tesis

Obtención de láminas del seudotallo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) para el diseño de envases almacigueras en formato automontables

Presentado por

Patrick Abner Obregón García

Sustentado y aprobado el 20 de diciembre de 2021, por los jurados:



Presidente de Jurado

Ing. Dr. Jaime Guillermo Guerrero Marina



Miembro de Jurado

Ing. Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada



Secretario de Jurado

Ing. Dr. Ricardo Raúl Layza
Castañeda

Asesor

Ing. Dr. Abner Félix Obregón
Lujerio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-T

Escuela de Posgrado



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Tesis, modo virtual, presentado por:

Bach. Patrick Abner Obregón García.

Con el asesoramiento del Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio.

“OBTENCIÓN DE LÁMINAS DEL SEUDOTALLO DE PLÁTANO (MUSA PARADISIACA) PARA EL DISEÑO DE ENVASES ALMACIGUERAS EN FORMATO AUTOMONTABLES”.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante, lo declaramos:

APROBADO

Con el calificativo (*)

BUENO (15)

En consecuencia, queda en condición de ser considerado APTO por el Consejo Universitario y recibir el Grado Académico de *Maestro*, de conformidad con lo estipulado en el Artículo 30° del Reglamento de Tesis de la Escuela de Posgrado de la UNSM-T.

Tarapoto, 20 de diciembre de 2021.

ING. DR. JAIME GUILLERMO GUERRERO MARINA
Presidente

ING. DR. RICARDO RAÚL LAYZA CASTAÑEDA
Secretario

ING. DR. OSCAR WILFREDO MENDIETA TABOADA
Miembro

ING. DR. ABNER FELIX OBREGON LUJERIO
Asesor

(*) De acuerdo con el Artículo 95° del Reglamento General de Investigación de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, estas deberán ser calificadas con términos de: BUENO, MUY BUENO, EXCELENTE, también considerar la nota



ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AGROINDUSTRIALES

Tesis

Obtención de láminas del seudotallo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) para el diseño de envases almacigueras en formato automontables

Para optar el grado académico de Maestro en Ciencias Agroindustriales

El suscrito declara que el presente trabajo de tesis es original, en su
contenido y forma.

Ejecutor

Patrick Abner Obregón Garcia

Asesor

Ing. Dr. Abner Félix Obregón
Lujerio

Tarapoto, Perú

2021

Declaración de autenticidad

Yo, **Patrick Abner Obregón Garcia**, identificado con DNI N° 72286856, Egresado del programa de maestría en Ciencias Agroindustriales de la Escuela de posgrado de Ingeniería Agroindustrial de la Unidad de posgrado de Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, dejo constancia que he elaborado la tesis titulada: **“Obtención de láminas del seudotallo de Plátano (*Musa paradisiaca* L.) para el diseño de envases almacigueras en formato automontables”**.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi propia autoría
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencia para las fuentes consultadas. Por lo tanto, la tesis no ha sido plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presenten en la tesis se continuará en aportes a la realidad investigada

De identificarse que el trabajo cuenta con la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (presentar ideas de otros autores), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 20 de diciembre del 2021



A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a surname.

Patrick Abner Obregón Garcia
DNI: 72286856

Ficha de identificación

<p>Título del trabajo de suficiencia profesional Obtención de láminas del seudotallo de plátano (<i>Musa paradisiaca</i> L.) para el diseño de envases almacigueras en formato automontables</p>	<p>Área de investigación: Ingeniería y Tecnología Línea de investigación: Gestión integral y sostenible de los recursos naturales Sublínea de investigación: Procesos Agroindustriales de la producción agropecuaria y forestal de la región San Martín Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Patrick Abner Obregón García</p>	<p>Facultad de Ingeniería Agroindustrial Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial https://orcid.org/0000-0002-9955-3427</p>
<p>Asesor: Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ingeniería Agroindustrial Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial Unidad o Laboratorio Ingeniería Agroindustrial https://orcid.org/0000-0002-9640-4549</p>

Dedicatoria

A Dios todo poderoso por haberme dado la vida y espiritualmente acompañándome cada día.

A mis padres: **ABNER y PURA**, por su cariño y afecto, por su esfuerzo, sacrificio y honestidad, en guiar mis pasos y permitirme vivir una experiencia tan importante en segunda formación Académica.

A mis hermanos: **KENNETH y JEAN**, por su apoyo moral y material, para terminar la Maestría en Ciencias Agroindustriales.

Patrick Abner.

Agradecimientos

Al Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio, asesor de tesis que compartió sus conocimientos, orientación y su capacidad para guiar mis ideas, no solamente en el desarrollo de este trabajo, sino también en mi formación dentro del campo de la investigación.

Al Ing. Dr. Thony Arce Saavedra, por su importante apoyo en la parte experimental y su disponibilidad que hizo mi aprendizaje en ideas de formación de formatos (bocetos) durante el desarrollo de la investigación.

Al Ing. M.Sc. Rafael Segundo Vela Paredes, por su apoyo en la parte experimental del proceso de métodos estadísticos ayudándome a formalizar y recomendar el uso del DCA para los resultados obtenidos.

Al Ing. Richer Garay, técnico de laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, por su disposición para el adiestramiento y manejo de los equipos del Laboratorio de Investigación. Su colaboración fue de gran ayuda durante mi estancia en el laboratorio.

A los Docentes de la Maestría en Ciencias Agroindustriales por su valiosa enseñanza en esta nueva experiencia para mi formación personal, social y profesional.

A todos mis amigos, compañeros de maestría que compartimos durante estos 2 años en la formación profesional de la maestría, compartiendo ideas, experiencias al respecto de la innovación de generar envases automontables.

Agradecer el apoyo recibido por Prociencia-Banco Mundial según contrato N° 024- 2018-Fondecyt/BM mediante Resolución N° 729-2019-UNSM/CU-R.

Índice general

	Pág.
Ficha de Identificación	7
Dedicatoria	8
Agradecimiento	9
Índice general	10
Índice de tablas	13
Índice de figuras	14
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.2. Plátano (<i>Musa paradisiaca</i> L.)	21
2.2.1 Origen	21
2.2.2 Taxonomía	21
2.2.3 Descripción Botánica	23
2.2.4 Ecología	23
2.2.5 Fibra de seudotallo de plátano	23
2.2.6 Cultivo de plátano	25
2.3 Diseño de envases	26
2.3.1 Introducción de los envases	26
2.3.2 Términos del diseño de envases	26
2.3.3 Consideraciones y requisitos general del diseño	27
2.3.4 Divisiones del envase automontable	28

	11
2.3.5 Diseño de envases en formatos automontables de láminas en seudotallo de plátano	29
2.4 Medición de propiedades físicas y mecánicas de envases	29
2.4.1 Humedad	29
2.4.2 Espesor	30
2.4.3 Gramaje	30
2.4.4 Densidad	30
2.4.5 Propiedades mecánicas	31
2.5 Teorías que sustentan nuestra investigación científica	35
CAPÍTULO III MATERIAL Y MÉTODOS	37
3.1 Lugar de ejecución	37
3.2 Materia prima	37
3.3 Materiales, equipos y reactivos	37
3.4 Metodología experimental	38
3.4.1 Caracterización de la biomasa	38
3.4.2 Obtención de láminas de seudotallo para la elaboración de envases almacigueros en formato automontable	39
3.5 Análisis estadístico	43
3.6 Métodos de análisis	43
3.6.1 Propiedades físicas de las capas secas y laminadas	43
3.6.2 Propiedades mecánicas de láminas con y sin engomado	45
3.6.3 Análisis del envase almaciguero automontable	45
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1 Caracterización de la biomasa	47
4.2 Caracterización del seudotallo fresco y seco (capas)	49
4.2.1 Propiedades físicas del seudotallo seco	50

	12
4.2.2 Propiedades mecánicas de seudotallo seco (pre y post laminado)	51
4.3 Evaluación de láminas engomadas de seudotallo	56
4.4 Diseño de envases automontables	60
4.5 Evaluación del envase almaciguero automontable	66
4.6 Ciclo de vida del envase automontable	70
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	79
Anexo A	79
Anexo B	81
Anexo C	83
Anexo D	84
Anexo E	86
Anexo F	88
Anexo G	89
Anexo H	90
Anexo I	91
Anexo J	92

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Composición química del pseudotallo de plátano</i>	24
Tabla 2 <i>Caracterización de la fibra de seudotallo de plátano</i>	24
Tabla 3 <i>Propiedades físicas de fibra de seudotallo de plátano</i>	25
Tabla 4 <i>Producción Nacional de plátano (%)</i>	25
Tabla 5 <i>Producción agrícola anual (Tm) del Plátano inguiri (Musa paradisiaca L.) en la región San Martín provincia de San Martín</i>	26
Tabla 6 <i>Márgenes aproximados de gramaje y espesor en papeles comerciales</i>	30
Tabla 7 <i>Ítems para costos totales en la elaboración de envases automontables</i>	46
Tabla 8 <i>Residuos del cultivo de plátano (variedad inguiri) no aprovechados (%)</i>	48
Tabla 9 <i>Cultivo de Plátano (Ha) en la Región San Martín y biomasa de seudotallo (Tm) Periodo: 2015-2020</i>	49
Tabla 10 <i>Características del seudotallo en Fresco y Seco</i>	50
Tabla 11 <i>Propiedades físicas del seudotallo seco</i>	51
Tabla 12 <i>Elongación (%) y el Módulo de Young (N/mm²) de capas del seudotallo seco</i>	52
Tabla 13 <i>Porcentaje de perforación de la capa de seudotallo</i>	55
Tabla 14 <i>Porcentaje en Elongación y Módulo Young (N/mm²) de láminas de seudotallo con adhesivo Arroz, goma de Arroz con 10% resina corazón de seudotallo</i>	58
Tabla 15 <i>Fuerza de comprensión (N/mm²) de envases automontables de capacidades (¼, ½ y 1 Kg)</i>	67
Tabla 16 <i>Determinación de costo de producción de envases (lote de 5 unidades de seudotallo)</i>	68
Tabla 17 <i>Número de envases automontables producidas por 1 seudotallo y costo estimado por un lote (5 seudotallo de plátano) de envases</i>	69
Tabla 18 <i>Precio de venta de los envases automontable según formato (1 Kg, ½ Kg y ¼ Kg) estimado por un lote (5 seudotallo de plátano) de envases almacigueros</i>	69

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1 Partes de la platanera	22
Figura 2 Partes de una caja automontable	28
Figura 3 Prototipo de tetra brik de 1000 ml	28
Figura 4 Medidor de propiedades de tracción	31
Figura 5 Materiales poliméricos bajo condiciones de carga tensión. a) Rígidos de alto módulo y alta resistencia a la resistencia a la tracción. b) Semisólidos. c) Polímeros de alta modulación, alta resistencia a la tensión y deformación. d) Películas flexibles de baja modulación, baja resistencia a la tracción y alta deformación	32
Figura 6 Curva típica del Módulo de Young	33
Figura 7 Resistencia mecánica, Fuerza de perforación	34
Figura 8 Resistencia mecánica, Fuerza de compresión	34
Figura 9 Desarrollo de sustentabilidad Ambiental	36
Figura 10 Partes de un platanal cosechado	39
Figura 11 Residuos del cultivo de plátano no aprovechado	39
Figura 12 Diseño experimental para la elaboración y diseño de envases automontables a partir de seudotallo	40
Figura 13 Plantación de plátano (Fundó Aucaloma) y el seudotallo (Materia Prima)	47
Figura 14 Seudotallo, capas frescas y seco	50
Figura 15 Orientación (Vertical/Horizontal) y espesor de la fibra del seudotallo (Grueso, mediano y delgado)	52
Figura 16 Valores promedio del % Elongación de las fibras de seudotallo (Vertical/Horizontal)	53
Figura 17 Módulo de Young en las orientaciones de las fibras (Grueso, mediano y delgado Vertical/Horizontal) de seudotallo	54

Figura 18 Fuerza de perforación (%) de la lámina formato circular radio 5 cm con espesor (Grueso, mediano y delgado)	55
Figura 19 Muestras de la lámina en formato circular radio 5 cm perforados (Grueso (A), mediano (B) y delgado (C))	56
Figura 20 Gomas Naturales: Goma de Arroz (A), Goma de Arroz +10% de Resina (B) y Goma Control (C)	56
Figura 21 Engomado capa por capa usando goma de arroz (A), goma de arroz +10% resina(B) y control (C)	57
Figura 22 % Elongación de láminas de capas de seudotallo engomadas	58
Figura 23 Módulo de Young de láminas de capas de seudotallo engomadas	59
Figura 24 Prueba de Resistencia de las laminadas engomadas (Texturómetro), goma sintética (A), goma de arroz (B) y goma de arroz+10% de resina (C)	59
Figura 25 Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 1)	60
Figura 26 Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 2)	61
Figura 27 Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 3)	62
Figura 28 Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 4)	63
Figura 29 Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 5)	64
Figura 30 Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 6)	65
Figura 31 Envase automontable armado (Boceto 3) (A) y sus tres presentaciones 1, ½ y ¼ Kg (B)	66
Figura 32 Envase automontable sometido a la fuerza de compresión, capacidad ¼ Kg (A), ½ Kg (B) y 1 Kg (C)	67
Figura 33 Ciclo de vida del envase	70

RESUMEN

El aprovechamiento de los recursos propios de la región es la mejor opción para generar propuestas y soluciones para el desarrollo local, con miras a reducir la contaminación ambiental debido al uso excesivo de materiales no biodegradables como el plástico. El propósito de la investigación fue obtener láminas del seudotallo de plátano para el diseño de envases almacigueras en formato automontable. Para ello, el seudotallo que representa un 63% de la biomasa, son separadas en capas y secadas a 60°C por 24 h, laminadas en una laminadora (diámetro 0,3 mm) y luego engomadas, evaluando propiedades físicas y mecánicas de la capa seca y de la lámina. Posteriormente el dimensionado y bocetos en AutoCAD para formatos de ¼, ½, y 1 Kg de capacidad de sustrato. Los resultados indican que las propiedades físicas (Humedad 24%, Gramaje 787 g/m² y Densidad 136 g/cm³) y mecánicas (Elongación 26,83%, Módulo Young 44,04 N/mm² y perforación 75,78%) y mecánicas de las láminas engomadas con Arroz+10% Resina (Elongación de 15,13% y Modulo Young 9,97 N/mm²) es similar al cartón; Los prototipos de base cuadrada y doble soporte en la base tienen una resistencia a la fuerza de compresión de 51,77 N/mm² para 1 Kg y mínimo de 16,27 N/mm² en ¼ Kg de capacidad. Ante esto, la utilización de seudotallo de plátano como materia prima para elaborar envases automontables biodegradables, que reemplazarían a las bolsas negras almacigueras, es una respuesta tecnológica y ecológicamente amigable, asimismo reducirá los focos de contaminación en campo.

Palabras clave: Biodegradable, Envase automontable, Medio ambiente, Prácticas agrícolas, Seudotallo de plátano.

ABSTRACT

Taking advantage of the region's own resources is the best option to generate proposals and solutions for local development, with a view to reducing environmental pollution due to the excessive use of non-biodegradable materials such as plastic. The purpose of the research was to obtain banana pseudostem sheets for the design of self-assembled seedling packaging. For this purpose, the pseudostem, which represents 63% of the biomass, was separated into layers and dried at 60°C for 24 h, laminated in a laminator (diameter 0,3 mm) and then gummed, evaluating the physical and mechanical properties of the dry layer and the sheet. Subsequently the dimensioning and sketches in AutoCAD for formats of ¼, ½, and 1 Kg of substrate capacity was performed. The results indicate that the physical (Humidity 24%, Grammage 787 g/m² and Density 136 g/cm³) and mechanical properties (Elongation 26,83%, Young Modulus 44,04 N/mm² and perforation 75,78%) and mechanical properties of the sheets gummed with Rice+10% Resin (Elongation 15,13% and Young Modulus 9,97 N/mm²) are similar to cardboard. The prototypes with square base and double support at the base have a compressive strength of 51,77 N/mm² for 1 Kg and a minimum of 16,27 N/mm² at ¼ Kg capacity. Considering this, the use of banana pseudostems as raw material to produce biodegradable self-mountable containers, which would replace black bags, is a technological and ecologically friendly response, and will also reduce pollution sources in the field.

Keywords: Biodegradable, Self-assembled packaging, Environment, Agricultural practices, banana pseudostem.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

La actividad económica agroindustrial es la mayor fuente de producción de residuos sólidos, y están constituidos principalmente por biomasa (tallos, raíces, hojas u otras partes de la planta) procedente de la recolección de producto principal que no están siendo utilizadas por el hombre en procesos de recuperación, por consiguiente un foco de contaminación, que sumado a la masificación e incontrolado uso de envases plásticos con gran impacto en el medio ambiente (contaminación ambiental, efecto invernadero, lluvia ácida y cambio climático, etc.), por lo que muchos países han adoptado medidas gubernamentales de protección del medio ambiente (Pizá, Rolando, Ramirez, Villanueva, & Zapata, 2017); y para contrarrestar esta problemática las investigaciones giran en la búsqueda de soluciones ecoamigables con procesos de producción limpia, para aprovechar los recursos naturales renovables y diversas fuentes de fibras naturales provenientes de materiales vegetales. Por lo tanto, el aumento de la conciencia pública del manejo de los residuos sólidos y su impacto ambiental ha despertado un nuevo interés en el área de desarrollo, nuevos diseños de materiales, envases, bolsas, biopolímeros biodegradables.

Una de las fuentes que produce biomasa residual es la actividad agrícola que no utiliza raíces, tallos, hojas u otras partes de plantas, la mayoría de estos subproductos provienen del cultivo de arroz, café, plátano, etc. Al carecer de tecnología y no aprovecharse en su totalidad, estos subproductos se convierten en desechos.

La región de San Martín cuenta con varias fuentes de materias primas de fibra natural, en especial la variedad "inguiri", sembrada en un área de unas 160 000 hectáreas con un rendimiento de unas 5,7 Tm/ha/año (Cárdenas et al., 2012), siendo este cultivo la segunda actividad importante en la economía de la región San Martín, pero al momento en cosecha, esta es aprovechada aproximadamente un 30% del total de la platanera y el resto (cáscara, raquis, hoja, seudotallo) son residuos no aprovechados, generalmente desechados y quemados, ya sea en la misma plantación donde inicia la descomposición orgánica con posibles focos de incubación de insectos, hongos, etc. y en los mercados donde se comercializa los restos descartados se acumulan dando mal aspecto.

Por estas razones, este trabajo de investigación sugiere que el uso de los desechos orgánicos de la producción de plátano, especialmente los seudotallo, desechos sin valor, estas serían una oportunidad para desarrollar formatos de contenedores biodegradables automontables, como un sustituto a las bolsas negras

plásticas almacigueras, dando beneficios para el medio ambiente y generar ingresos económicos para los productores de plátano, impulsando así la economía de la región; otro aspecto a considerar es el posible uso (tanto formal como funcional) de las innovaciones fundamentales resultantes derivadas de los residuos del seudotallo de plátano.

El presente trabajo de investigación cuenta los siguientes objetivos:

Objetivo General

Obtener láminas del seudotallo de plátano para el diseño de envases almacigueras en formato automontable.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los residuos de biomasa de la platanera.
- Obtener láminas a partir del seudotallo para la elaboración de envases almacigueros en formato automontables.
- Analizar las propiedades físicas y mecánicas de láminas de seudotallo con y sin engomado.
- Diseñar y elaborar envases almacigueros en formatos automontables.
- Analizar la resistencia mecánica (fuerza de compresión) del mejor formato automontable.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Garcia (2008), concluyó las películas hechas de banano extruido por oxidación eran más uniformes, flexibles y más blancas que las películas hechas de almidón nativo. Teniendo mejores propiedades de torsión (porcentaje de reducción y de área) y % E (porcentaje de elongación).

Para el diseño de envases, bolsas y embalajes biodegradables se deben tener en cuenta varios aspectos como su forma, peso, diseño, manipulación, etc. Estos productos deben ser fácilmente degradables en el medio ambiente utilizando los recursos naturales que brinda la propia naturaleza para reducir la contaminación ambiental (Martín, 2013).

Ballesteros (2014), nos recuerda que el uso de plásticos derivados del petróleo es parte fundamental de la convivencia, principalmente por sus propiedades mecánicas y fisicoquímicas. Pero a cambio, han creado serios problemas ambientales, como el calentamiento global, la contaminación por la mala gestión de los desechos y la falta de recursos naturales no renovables. Por tanto, el uso de recursos renovables en la producción y la degradación del plástico por acumulación de materiales sintéticos es una oportunidad estratégica para desarrollar nuevos tipos de envases respetuosos con el medio ambiente.

Castillo et al. (2015), mencionaron que los métodos de producción de bioplásticos probados y analizados presentan buenas propiedades mecánicas como flexibilidad y resistencia, siendo la temperatura de secado un factor que afecta negativamente las propiedades mecánicas del bioplástico.

Haro, Borja y Triviño (2017), utilizaron partes de la planta de plátano como raquis, pseudotallo y cáscaras estado verdoso para extraer celulosa y almidón. Elaborando un diagrama de flujo de producción de bioplásticos con propiedades mecánicas similares al mismo sintético teniendo una degradación más corto.

Valenzuela, Huari y Romero (2017), la fabricación de platos o envases hechos de base cáscara y fibras de sus hojas de plátano presentan características y propiedades físicas, químicas y mecánicas muy óptimas, además mencionan una de las limitaciones es la falta de información, pero es una solución sostenible, práctica, económica y sencilla de realizar estos envases, para destinarlos al uso en la comunidad.

El Ministerio de Ambiente (2018), nos hizo darnos cuenta de que el plástico es un gran invento y útil en la vida de las personas, pero también estamos de acuerdo en que usamos demasiado plástico innecesario y este es un problema que debemos resolver. Por ejemplo, puede haber incentivos para cambiar el comportamiento, concienciamos a la gente de la necesidad de usarlo y la necesidad de llevar bolsas tipo tela o crear, inventar envases o bolsas ecológicas para nuestras necesidades.

Arroyave (2018), expresa que el 50% del plástico producido en el mundo correspondiente a producido en el mundo corresponde a de un solo uso, del tal que solo el 10% de este plástico se recicla. De tal modo comenta que Colombia es un país platanero con altas tasas de 13,8 Toneladas de residuos plataneras la cual representa una oportunidad de innovar y crear envases ecoamigables con dichos residuos.

2.2. Plátano (*Musa paradisiaca*)

2.2.1 Origen.

Los plátanos pueden haberse originado en la región Indo-malaya, donde se han cultivado durante miles de años. Se extiende hacia el sur y el oeste desde Indonesia hasta Hawái y Polinesia. Los comerciantes europeos trajeron noticias del árbol a Europa alrededor del siglo III a.C., aunque no se introdujeron hasta el siglo X. Los colonos portugueses lo introdujeron desde las plantaciones de África Occidental a América del Sur, especialmente Santo Domingo, en el siglo XVI (Blasco & Gómez, 2014).

2.2.2 Taxonomía.

Familia: Musaceae.

Nombre científico: *Musa Paradisiaca* L.

Nombre común: Plátano.

Origen: Asia meridional

Variedades: Seda, Bellaco, Inguiri, Isla, Bizcochito y Capirona.

Periodo vegetativo: De 300 a 360 días, según la variedad.

Vida Útil: 3 – 4 años.

Los componentes de una Platanera son: hojas, fruto, eje, bellota, pseudotallo, etc., como se muestra en la figura 1; su altura puede alcanzar los 8 m, y el fruto es unseudópodo cilíndrico, sin semilla, de 20-40 cm de largo y 4-7 cm de diámetro, dividido en 30-70 racimos en manos de plátano (Blasco & Gómez, 2014).

Los pseudotallos de plátano miden de 2 a 5 m en largo y son una fuente de fibras en la fabricación de algunos papeles (INFOMUSA, 1994). También se han demostrado las propiedades promotoras para la salud del pulverizado en seudotallo (Perez & Martínez, 2008).

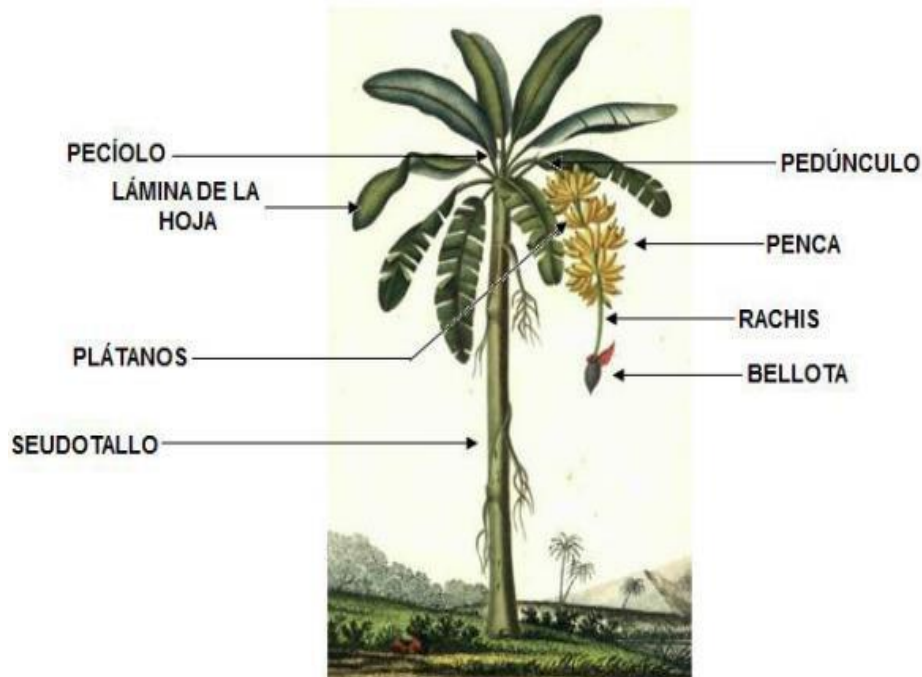


Figura 1. Partes de la platanera (Blasco & Gómez, 2014).

Los seudotallo de plátano tienen una morfología única con haces de fibras cubiertos por una membrana no celulósica que consta de dos tipos de fibras: fibras primarias con un diámetro de 10 a 15 mm y fibras estrechas con un diámetro de 3 a 4 micrones. El interior de la platanera no contiene fibras elementales, dichas fibras estrechas parecen más tubos cilíndricos. Esta estructura nunca se ha informado antes y se cree que facilita el transporte de agua en la médula.

Un seudotallo tiene similitud a un tallo de una planta que en realidad es un tronco falso, llamándose pseudotallo, formado por un conjunto de vainas foliares. Aunque el seudotallo es muy carnoso y se compone principalmente de agua, es fuerte y puede soportar unos frutos (racimo) más de 50 kg. El seudotallo continúa creciendo hacia arriba a medida que aparecen las hojas, alcanzando su altura máxima cuando el verdadero tallo (tallo floral que sostiene la inflorescencia) aparece en la parte superior de la planta.

Raqis: Tallo de la inflorescencia, desde el fruto primario hasta la yema masculina. Puede estar desnudo o cubierto con brácteas persistentes. Las cicatrices en el tallo indican el punto de unión de las brácteas, también llamado nódulos.

2.2.3 Descripción Botánica

La platanera es una planta herbácea de gran tamaño con pseudotallos aéreos derivados de rizomas bulbosos o carnosos, de los que se desarrollan numerosas yemas laterales o “brotes”. Las hojas están dispuestas en espiral, y las bases de las hojas rodean el tallo (o bulbo), formando pseudotallos de hasta más 10 m (Fernández, 1995).

2.2.4 Ecología

Tierra. – Las mejores condiciones para el cultivo del plátano (*Musa paradisiaca*) deben tener una buena textura y estructura, por ejemplo: arenosos, finos o muy finos, arcillosos, franco arcilloso y franco limosos (Fernández, 1995).

Clima. – Las condiciones favorables de crecimiento son un clima tropical húmedo. Esta temperatura estándar oscila entre 18,5 ° C y 25,5 ° C. Las plantaciones de platanales requieren mucha humedad, con precipitaciones mensuales que oscilan entre 1 500 y 2 000 mm durante todo el año (Fernández, 1995).

Actualmente se ha avanzado en la aplicación de las fibras vegetales con aplicación de media resistencia y bajo peso, las cuales forman parte la composición de diversas matrices, en especial la fibra del pseudotallo, el papel se utiliza para realizar el forro de carteras, para este fin se tejen fibrillas dando productos hechos a mano, como bolsos y maletines portátiles. Del mismo modo estas telas hechas de fibras de banano son suaves y flexibles, además de naturalmente transpirables y absorbentes, tienen un brillo natural que a menudo rivaliza con el de la seda. Además, las fibras de banano son neutras en carbono (se requiere un contenido de carbono cero para lograr neutralidad) y también similitud con el cáñamo y del bambú por su resistencia mecánica. Por lo tanto, los usos potenciales de la fibra derivada del banano son muy amplios, pero cada tipo de fibra necesita evaluar sus aplicaciones beneficiosas para aprovecharla al máximo (Vivian, 2017).

2.2.5 Fibra de pseudotallo de plátano

El contenido de agua del pseudotallo de plátano recién cortado es alrededor del 96%. El contenido de compuestos químicos en la materia prima se muestra en la Tabla 1. En comparación con las recurrentes materiales de fibras tradicionales utilizadas en la industria de la pulpa y papel, el contenido total de celulosa de los pseudotallos es mucho más bajo que el de las fibras de madera (Gong, 2007), pero aún más alto que el de la paja, una fibra típica que no es madera. Sin embargo, el contenido de lignina del pseudotallo fue menor que el de la madera y la paja. Aunque el contenido de cenizas y

extractivos del pseudotallo fue mayor que el de las fibras de maderas, aún fue menor que el de la paja.

La fibra que se obtiene del pseudotallo o parte principal del banano en su estado seco es similar a su análogo el yute (finura, resistencia y flexibilidad), los principales componentes químicos son la celulosa, la hemicelulosa como se muestra en Tabla 2 y la lignina; tienen no sólo moderada resistencia a los agentes de degradación ambiental, sino también baja densidad y baja absorción de agua, principalmente factores físicos de las fibras; consulte la Tabla 3 para ver los datos (Torres, 2013).

En resultante, el pseudotallo de plátano tiene potencial para aplicaciones de pulpa y papel debido a su contenido aceptable de celulosa y bajo contenido de lignina de holocelulosa. Se han realizado estudios con CLSM (Xu, Sun, Lu, & Jones, 2006), pero nunca se ha informado que la distribución de lignina se pueda estar relacionada con la distribución de fibra (Secretaría de fomento Agropecuario, 2016).

Tabla 1.

Composición química del pseudotallo de plátano.

%	Celulosa	Holocelulosa	Lignina Klason	Lignina soluble en ácido	Contenido de cenizas	Extractos
Pseudotallo de Plátano	72,71	39,12	8,88	1,90	8,20	3,05
Paja (Liu et al. 2003)	77,64-79,22	45	22,37-23,40	2,05-2,38	0,52-1,03	2-2,20
Pino (Cai y Tao 2007)	71-83	45	24,57-29,85	0,37	0,27-0,28	1,11-3,51

Fuente: Kun, Huaiyu, Huaiyu, Zhan y Lucian (2010).

Tabla 2.

Caracterización de la fibra de pseudotallo de plátano.

Características	Unidad de medida (%)
Humedad	9,86
Elongación	Alta
Celulosa promedio	73,50
Lignina promedio	12,99
Hemicelulosa promedio	6 – 8
Ceras, grasas y resinas	11,79

Fuente: Torres (2013).

Tabla 3.

Propiedades físicas de la fibra en pseudotallo de plátano.

Características	Unidad de medida
Longitud	3 m (máx.)
Diámetro	0,18-0,20 mm
Propiedades mecánicas	Resistente en tracción y torsión
Resistencia al agua	No afecta el agua salada
Acción a la intemperie	Cambio de coloración (al sol)

Fuente: (Torres, 2013)

2.2.6 Cultivo de plátano

El cultivo del plátano peruano (*Musa paradisiaca* L.) se considera una valiosa alternativa para la alimentación económica como del hogar por su alto contenido en carbohidratos, potasio, magnesio, ácido fólico, etc. Este valor nutritivo es conocido y utilizado dentro de la selva centralizado en su dieta habitual.

La superficie terrestre del país es de unas 160,000 hectáreas; de ellos; el área más importante y más grande (alrededor del 70%) se encuentra en la selva con un rendimiento de alrededor de 5,7 Tm/ha/año (Cárdenas et al., 2012). Actualmente, la producción nacional de banano alcanza las 182,000 toneladas (INEI, 2018), siendo la provincia de Piura la de mayor producción nacional (84.73%) consultar la Tabla 4.

Tabla 4.

Producción Nacional de plátano (%).

Departamento	Volumen (%)
Piura	84,73
San Martín	8,18
Ucayali	6,54
Loreto	0,55

Fuente: INEI (2018).

MINAG (2018), base de datos de la Oficina de Investigaciones Económicas y Estadísticas (OEEE), informe del MINAG (OEEE) sobre la producción agrícola anual (Tm) del plátano inguri (*Musa paradisiaca* L.) en la región de San Martín 2013-2018 se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5.

Producción agrícola anual (Tm) del Plátano inguiri (Musa paradisiaca L.) en la región San Martín provincia de San Martín.

Provincia	Producción TM					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
San Martín	48326	48532	49540	48789	53386	55469

Fuente: (OEEE-MINAG, 2018)

2.3 Diseño de envases.

2.3.1 Introducción de los envases

El comercio de productos y en ocasiones de servicios requiere cada vez más de una estrategia de comunicación eficaz y competitiva, uno de cuyos elementos principales es el diseño de etiquetas, envases y embalajes que respondan a las múltiples necesidades de la comunicación corporativas y jurídicas.

En diseño gráfico, uno de los mayores desafíos es el diseño eficiente, efectivo y exitoso de etiquetas, envases y embalajes, ya que es uno de los tipos de proyectos más restringidos en la industria, como coincidencia; la capacidad de capturar y mantener la atención de los consumidores potenciales a los pocos segundos de caminar por el pasillo frente a nuestro producto y competir con todos los competidores directos en el mercado por esa atención. Por un lado, cuidar y prepararse para esta “guerra” de enfocar y comunicar de forma clara, precisa, directa y convincente lo que nos aprovisionamos en las “trincheras del silenciosa” (lo llamado estantería del supermercado). Todo lo anterior en muchos casos teniendo en cuenta además que el campo disponible para el desarrollo y aplicación de nuestros diseños es sumamente limitado (Robles, 1996).

2.3.2 Términos del diseño de envases

Para tener en claro la mejor comprensión inicial de los problemas que plantea este campo del diseño, que como ningún otro involucra la tridimensionalidad, debemos comenzar con las definiciones básicas de etiquetas, envases, embalaje y complementos (Vidales, 1995).

Según la enciclopedia (Espasa-Calpe, 2001), el concepto de envase se define de la siguiente manera:

Un envase es todo recipiente adecuado que entra en contacto directo o indirecto con un producto para protegerlo y conservarlo donde se facilita su manipulación, transporte, almacenamiento y distribución.

Globalmente, un envase es un recipiente o contenedor de productos cuya función principal es la protección, identificar, transportar, almacenar e informar al consumidor final de su contenido.

El envase tiene la característica de ser procesado en una escala relativamente pequeña para uso del consumidor final. Consumidor final significa un usuario que compra y/o consume el producto en cuestión tanto para su propio consumo como para la producción de otros productos.

2.3.3 Consideraciones y requisitos general del diseño

El diseño de etiqueta, envases y empaques requiere la consideración de factores fijos, inamovibles y variables tan diversas como los que encontramos en el diseño, marketing, distribución y comercialización de empaques.

Los accesorios pueden ser de tipo bidimensional, por ejemplo, de acuerdo con toda la información general y legal sobre el producto, colores de la empresa en la etiqueta, colores que deben considerarse sin cambios debido a prácticas del mercado nacional e internacional, etc.; o tridimensionales, como la capacidad del contenedor, sus características físicas (como tamaño y consideraciones ergonómicas), área útil para aplicaciones gráficas, etc.

Entre los factores variables se considerarán todos los elementos en los que el diseñador contribuirá profesionalmente, teniendo en cuenta los factores constantes en el diseño.

Consideraciones clave de diseño a tener en cuenta durante el desarrollo:

Envases

1. Fuerte impacto visual
2. Suficiente resistencia para proteger el producto hasta su consumo
3. Identificación y tratamiento sencillo del consumidor
4. Lee la información que avala el mensaje que quieres transmitir
5. Orden de legibilidad de los elementos en el diseño

2.3.4 Divisiones del envase automontable

Con el fin de mejor identificación de manera clara y precisa los elementos que componen los diferentes tipos de paquetes, hemos generado nombres para estos elementos, como se muestra en las Figuras 2 y 3.

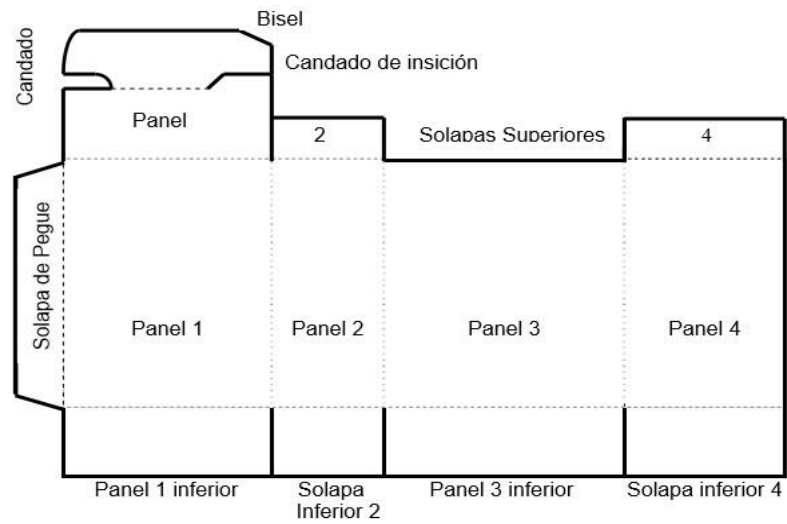


Figura 2. Partes de una caja automontable (Albarrán, 1999).

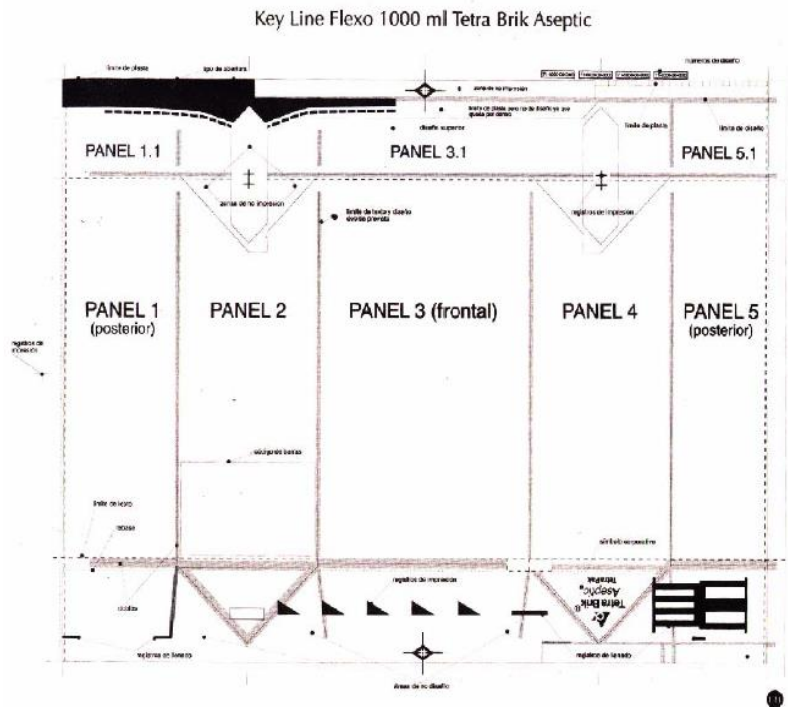


Figura 3. Prototipo de tetra brik de 1 000 ml (Albarrán, 1999).

2.3.5 Diseño de envases en formatos automontables de láminas en seudotallo de plátano.

Diseñar para el medio ambiente no debe ser algo meramente tendencial. Cuando se trata de un envase respetuoso con el medioambiente, los pequeños pasos contribuyen a hacer menores las huellas de carbono (Capsule, 2009), un buen envase está enfocado no solo hacia un diseño amigable con el ambiente, sino también, hacia un diseño sostenible en la manera en que los beneficios, propiedades y su sentido económico sean consistentes en el tiempo (Lopez Bermudez, 2018), en esta línea el uso de material orgánico como el seudotallo, de plátano previamente acondicionado, secado y laminado es una opción para formar envases automontables.

El objetivo de crear un contenedor de material orgánico para reemplazar el plástico de las bolsas almacigueras negras, adaptado para el transporte y soporte de plántones de cacao, café y maderables, pero innovando de comodidad, simple y agradable y fácil de ensamblar en este caso un formato automontable, ligero y ecológico (ECOEMBES, 2016).

Lo principal de un estudio de diseño son los requerimientos y necesidades del usuario según (Ríos, 2019) los Parámetros son: Pragmático, intuitivo, alto grado de confiabilidad económica, ligera y ecológica.

2.4 Medición de Propiedades físicas y Mecánicas de envases

Es importante citar las propiedades físicas (humedad y espesor), propiedades de barrera (absorción de agua).

2.4.1 Humedad

El agua actúa como suavizante, afectando el contenido de humedad y por lo tanto proporciona información sobre las propiedades de barrera de las fibras naturales; su presencia en mayor proporción favorece el transporte de agua a través de las fibras (Torregrosa, 2016).

Por otro lado, el contenido de seudotallo, aun cuando se retira capa por capa, tiene un contenido de humedad muy alto debido a su encapsulación, que es de naturaleza hidrofóbica, por lo que se puede decir que afecta significativamente el contenido de humedad (Trujillo, 2014).

2.4.2 Espesor

Según Sarantópoulos et al. (2002), el espesor es un importante parámetro de medición de la fibra a partir del cual se pueden determinar propiedades mecánicas como la resistencia y otras propiedades. El espesor total se expresa en milímetros.

El espesor, definido como la distancia vertical entre dos superficies principales de un material, es un parámetro importante para películas, fibras sintéticas y fibras naturales biodegradables (Trujillo, 2014).

El método estándar TAPPI T411 describe este proceso en detalle y la norma ISO 534.

2.4.3 Gramaje.

El contenido de humedad afecta el peso base relativo de un papel en comparación con otro y depende en gran medida de la humedad relativa del aire que encuentra. Porque el peso en gramos o peso base siempre se expresa como el peso total del papel, incluida la humedad. Los estudios muestran que el peso debe determinarse en condiciones estándar si se desea la comercialización. Las condiciones estándar utilizadas en los Estados Unidos son 50% de humedad relativa y 23° C (Casey, 1991), como se muestra en la Tabla 6.

El método estándar ISO 536 describe el procedimiento para medir el peso en gramos.

Tabla 6.

Márgenes aproximados de gramaje y espesor en papeles comerciales.

Tipo de Papel	Gramaje (g/m²)	Densidad (g/cm³)	Espesor(μm)
Papel glassine	30 a 75	1,8 a 10,88	25 a 70
Bound, de escribir	50 a 115	15,21 a 28,77	65 a 150
Sacos para cemento	120 a 195	30, 71 a 52,17	230 a 635
Cartones	150 a 600	46,15 a 79,47	325 a 755

Fuente: (Casey, 1991)

2.4.4 Densidad

Según (Casey, 1991), la densidad se expresa en gramos por centímetro cúbico, que se calcula dividiendo el peso en gramos por metro cuadrado entre el espesor en micras. Esto a menudo se denomina densidad aparente porque incluye espacios de aire en el papel, cartón o hoja y se calcula a partir de un espesor medido que es ligeramente mayor que el espesor real.

Varios autores coinciden en que la densidad de una placa, placa o lámina de persiana se ve afectada por muchos factores, como la cantidad de ligante de fibras, la presencia de materiales (cargas y aditivos) que rellenan los huecos de la lámina o cartones y la flexibilidad del género de la fibra.

2.4.5 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de biopelículas, fibras sintéticas y fibras naturales biodegradables son importantes porque estos resultados dependen del uso previsto de estas fibras. Están asociados con la capacidad de producir deformaciones reversibles e irreversibles y exhiben resistencia a la fractura o torcedura (Figura 4) (Ward & Hardley, 1998).

Según (Torres, 2013), es fundamental que las fibras tengan una alta resistencia a la tracción en el sentido perpendicular, mientras que los valores de elongación dependen de la aplicación de las fibras en su sentido de trabajo (Orientaciones), por lo que son de gran importancia porque revelan las propiedades mecánicas de resistencia la cual nos da una respuesta óptima a las fuerzas de tracción.

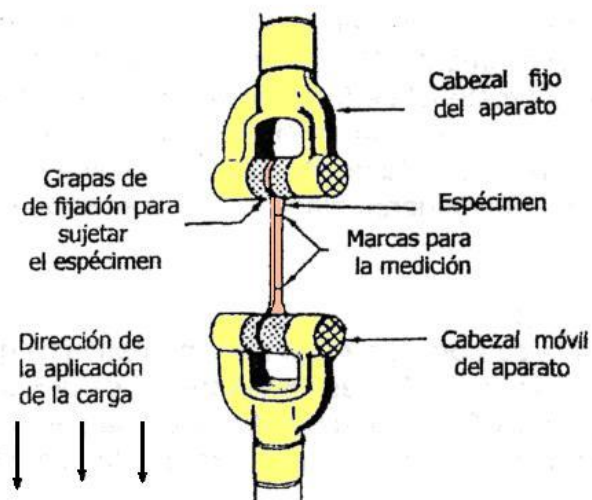


Figura 4. Medidor de propiedades de tracción

Fuente. Mariano (2011)

a) Resistencia a la tensión

También conocido como la resistencia a la tracción definiéndose como la carga máxima que las películas, membranas y fibras pueden soportar durante un ensayo de tracción.

Esta propiedad, normalmente expresada en Mpa o N/m^2 , se obtiene de la relación entre la fuerza máxima que pueden soportar películas, membranas y fibras en el momento cero y su sección transversal (Alata & Cuadros, 2017).

b) Porcentaje de elongación

La elongación o también llamado alargamiento es la función de estiramiento del objeto desde su estado original hasta su deformación de alargamiento por el estado de fractura (Sarantópoulos, Oliveira, Padula, Coltro, & Garcia, 2002).

La Figura 5 muestra un ejemplo del comportamiento típico de materiales poliméricos, películas, cuando se someten a una prueba de tracción y de tensión.

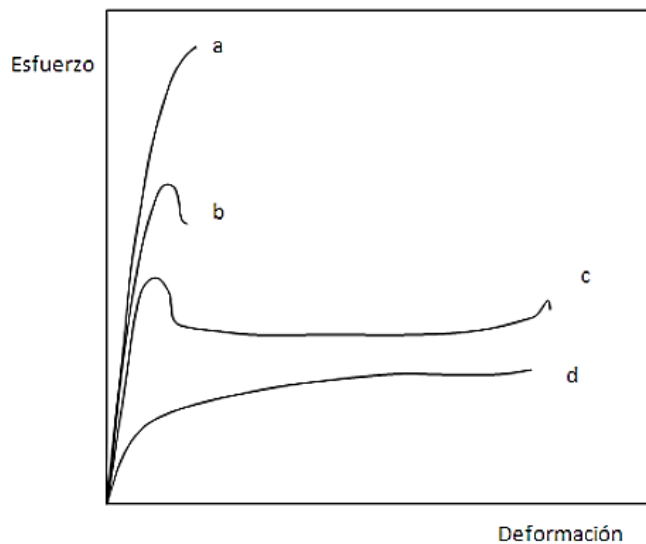


Figura 5. Materiales poliméricos bajo condiciones de carga tensión. **a)** Rígidos de alto módulo y alta resistencia a la resistencia a la tracción. **b)** Semisólidos. **c)** Polímeros de alta modulación, alta resistencia a la tensión y deformación. **d)** Películas flexibles de baja modulación, baja resistencia a la tracción y alta deformación.

Fuente: (Ward & Sweeney, 2004).

c) Módulo de Young

El módulo de Young indica la elasticidad del material. Los valores de módulo más altos indican menos flexibilidad y más rigidez. La pendiente del gráfico de tensión-deformación en la región elástica del material se denomina módulo de Young (Figura 6), y es una propiedad de cada material que describe la rigidez del material antes de que se someta a un cambio de carga de esfuerzo físico (Dominguez, 2016).

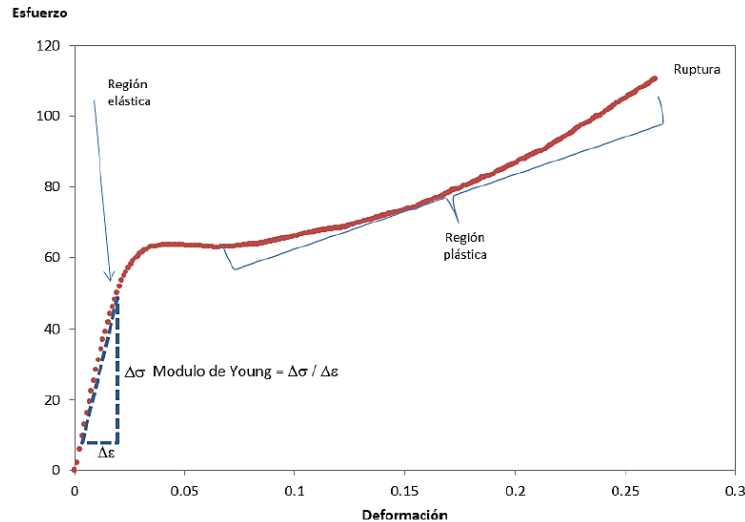


Figura 6. Curva típica del Módulo Young

Fuente. (Dominguez, 2016)

El valor del módulo de Young indica la resistencia de un material al alargamiento longitudinal reversible y es un parámetro útil para predecir cuánto se estirará una pieza bajo una carga dada (Mariano, 2011).

d) Fuerza de perforación

De acuerdo con la norma ASTM F735-94 (2001), la resistencia a la perforación es un índice de la resistencia de una material, película o fibra plástica cuando se rasga en un punto de la superficie.

Esta es la fuerza máxima requerida para perforar la muestra. Compruébelo determinado si la muestra de fibra redonda puede resistir la perforación (Figura 7). La prueba se puede aplicar a películas, membranas y fibras son expresadas en Newtons (N) (ECOEMBES, Diagnóstico de envases y sistemas de envasado, 2015).



Figura 7. Resistencia mecánica, Fuerza de perforación.

e) Fuerza de Compresión

Al comprobar la inestabilidad (pandeo) de la pieza, se calcula la fuerza de compresión con el elemento de compresión, que tiene un efecto decisivo en el módulo de elasticidad. Su resistencia a la compresión paralela a las fibras es alta y alcanza valores característicos clasificados en el rango 16 a 23 N/mm². En el moldeo por compresión (Figura 8), se inserta un recipiente o molde muy rígido en el que se cierran los componentes de fuerza y se aplica presión simultáneamente (Kober, 2012).

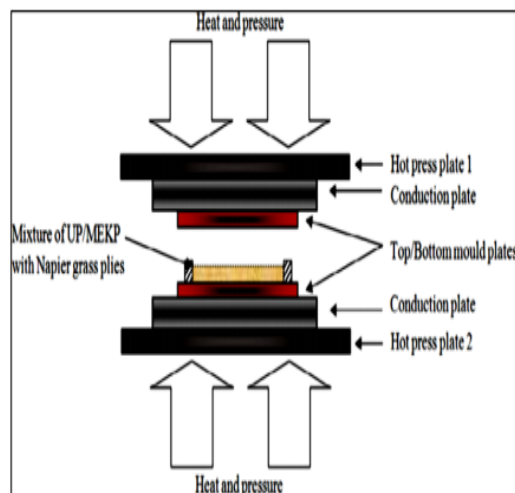


Figura 8. Resistencia mecánica, Fuerza de compresión.

Fuente: (Kober, 2012)

2.5 Teorías que sustentan nuestra investigación científica

Para el desarrollo de esta investigación se cuenta como sustento 2 teorías:

Teoría 1 Ciencia de los materiales

En este sentido, en referencia a la disciplina de la ciencia de los materiales, se puede estudiar y analizar la estructura de los materiales; es decir, Ingeniería de materiales que se enfoca en el desarrollo de nuevos materiales, que pueden ser composites o los mismos materiales.

Durante el proceso de diseño se debe seleccionar una serie de materiales de acuerdo a sus propiedades en el rol específico, se deben tener en cuenta aspectos: sus propiedades estéticas (textura, color, forma) y desempeño (conductividad, dureza, densidad, adherencia), estos deben corresponder a la función que están destinados a desempeñar (Tinajero, 2018).

Teoría 2 Sustentabilidad

Otra teoría que sustenta el uso de las fibras es la sustentabilidad, la cual tiene tres dimensiones: (1) *Sustentabilidad económica*, que implica reducción de costos, ya que los materiales utilizados son de la misma industria, reduciendo así los costos de producción futuras, lo que beneficia a la sociedad interesada. (2) *Sostenibilidad social* está relacionada con la oportunidad de que los habitantes de la comunidad obtengan nuevas fuentes de ingresos mediante la elaboración de productos a partir de esta fibra. (3) *Sostenibilidad ambiental* utilizar recursos renovables y de cercanía o cerca al material similar a las fibras. (Figura 9).

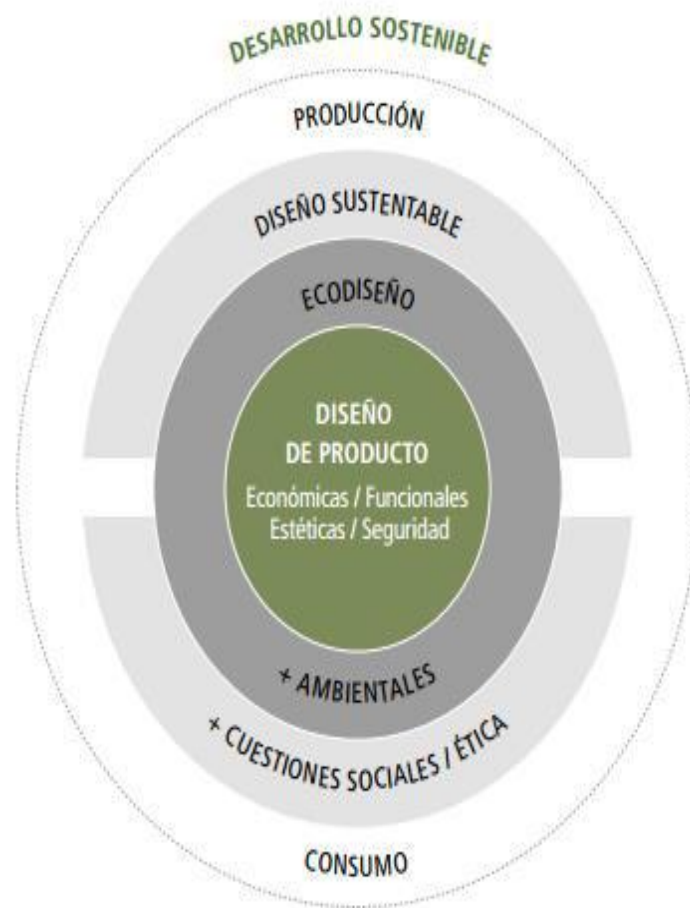


Figura 9: Desarrollo de sustentabilidad ambiental.

Fuente: (Tinajero, 2018).

CAPÍTULO III

MATERIAL Y MÉTODOS

1.1 Lugar de ejecución

La etapa experimental de la investigación se desarrolló en laboratorios de Investigación y Control de Calidad, instalaciones pertenecientes dentro de la Facultad Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional San Martín (UNSM); ubicado dentro la Ciudad Universitaria, Distrito Morales, Provincia de San Martín.

1.2 Materia prima

Se utilizó 120 unidades de tronco de seudotallo (*Musa paradisiaca* L.) variedad "Inguiri", que se recolectaron de parcelas activas de terrenos productivos monitoreados por el Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo (PEHCBM), como también parcelas de cultivo de plátano recolectados del fundo Aucaloma de la Universidad Nacional de San Martín.

1.3 Materiales, equipos y reactivos

Material de campo

Machete con filo, balanza, cuchilla, plumón, lápices y cuadernos de apuntes.

Materiales de laboratorio

- ✓ Guantes
- ✓ Placas Petri
- ✓ Probeta de 250 ml y 500ml.
- ✓ Papel Aluminio
- ✓ Pinzas
- ✓ bagueta
- ✓ varilla de agitación

Equipos de laboratorio

- ✓ Micrómetro digital (Marca Mitutoyo Modelo MDC-25L)
- ✓ Texturómetro (Marca Brookfield)
- ✓ Laminadora (Marca Fraclen)
- ✓ Guillotina cartonera, papelera, etc. (Marca Warrior)
- ✓ Troqueladora
- ✓ Cúter Metálico (Marca Artesco)
- ✓ Tijeras metálicas con soporte anaranjado (Marca Artesco)
- ✓ Reglas metálicas (Marca Fabriescof)
- ✓ Balanza Gramera Manual con 3 pesas (Marca ADAM)
- ✓ Cinta métrica de costura (Marca Simplificat)

Insumos

- ✓ Arroz grano entero o granulado, harina de corazón del seudotallo.

1.4 Metodología Experimental

3.4.1 Caracterización de la biomasa

Se ubicaron parcelas cercanas a la ciudad de Tarapoto (Pinto Recodo, el Dorado o platanales de agricultores individuales) para realizar registro (residuos) tomando como unidad muestral entre 20 a 50 plantas de plátano (Figura 10) para cuantificar en porcentaje (%) los residuos de seudotallo, raquis, hojas secas, restos; con la finalidad de estimar el volumen de biomasa disponible y posibles usos, que son dejados en campo.

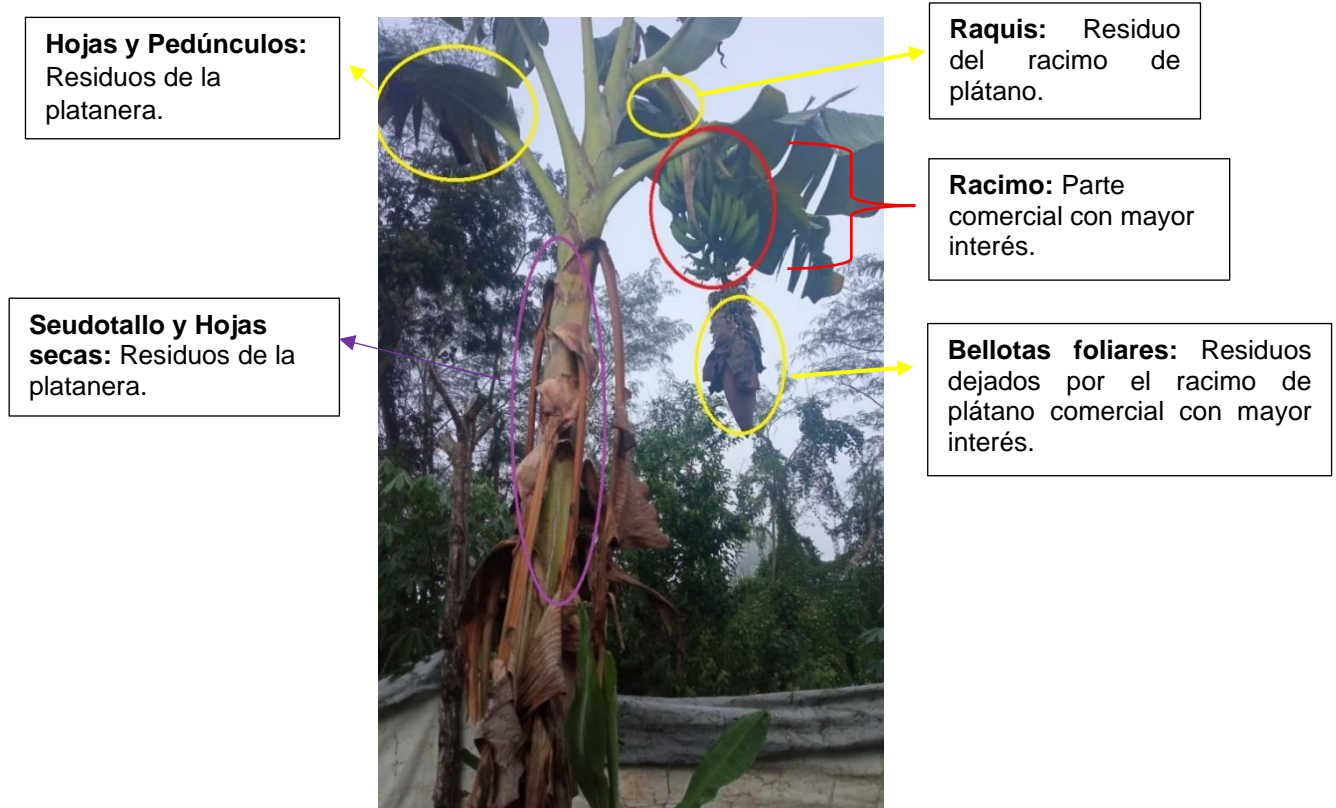


Figura 10. Partes de un platanal cosechado



Figura 11. Residuos del cultivo de plátano no aprovechado

3.4.2 Obtención de láminas deseudotallo para la elaboración de envases almacigueros en formato automontables.

El desarrollo experimental en diseños automontables de envases a partir de capas secas y laminadas delseudotallo de plátano se simplifica en la Figura 12.

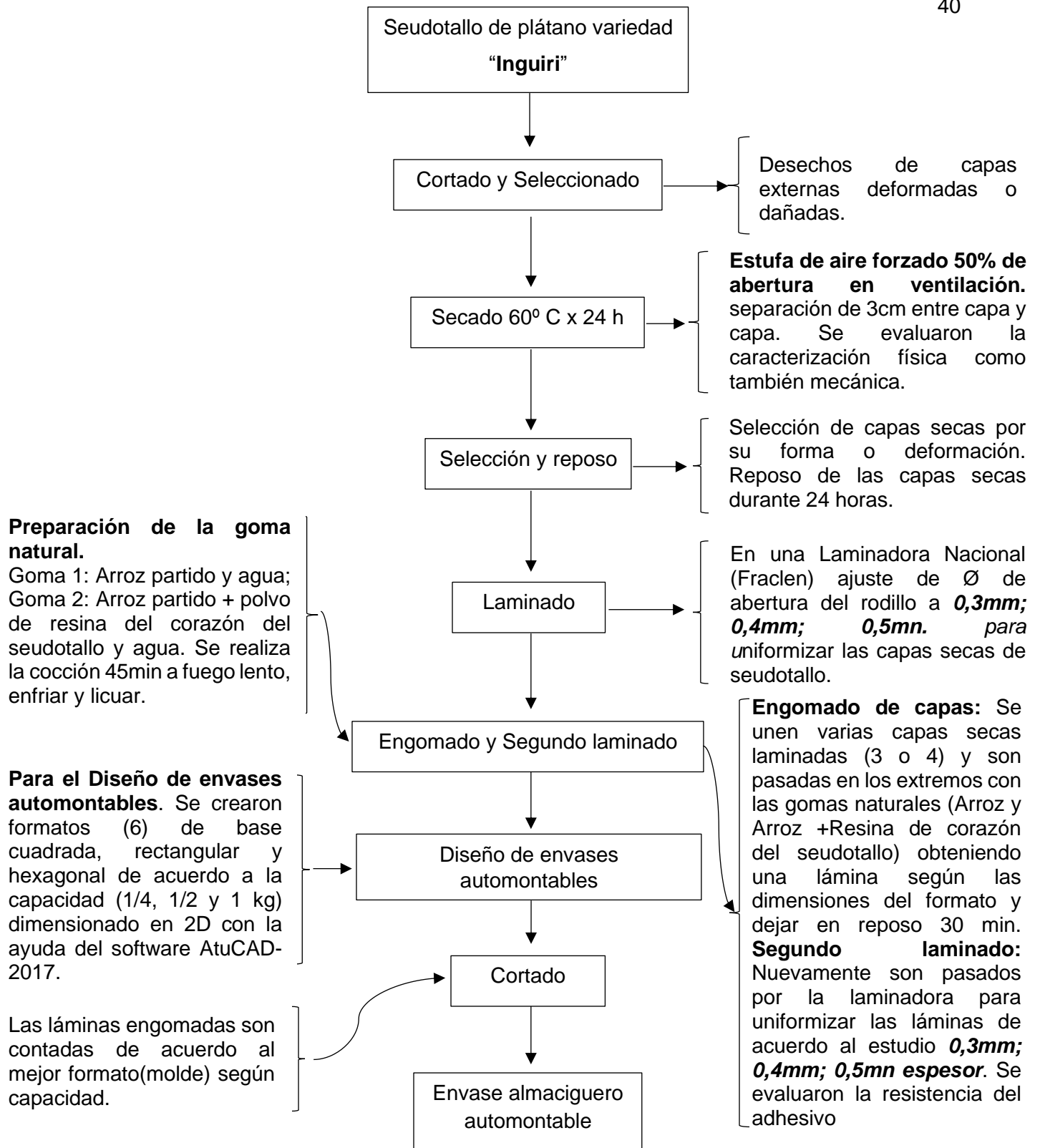


Figura 12. Diseño experimental para la elaboración y diseño de envases automontables a partir de seudotallo

A continuación, se describen las operaciones:

Materia prima

La recolección del seudotallo se realizó cuando el platanal está en su etapa de cosecha donde se obtiene el racimo de la variedad inguiri, cortando 10 cm sobre la base.

Cortado y seleccionado

Consiste cortar el seudotallo a una longitud de 80 cm y separar todas las capas protectoras del tronco seudotallo, dejando el corazón como residuo, a la vez también seleccionar aquellas capas que presentan enfermedades o daños.

Secado

Para reducir el contenido de humedad y lograr la estabilidad del material, se secan capas de seudotallo a 60° C en una estufa de aire forzado (Marca Memmert) con una ventilación del 50% durante 24 horas hasta alcanzar el 15% de humedad.

Selección y reposo

Se seleccionan las mejores capas de seudotallo secas por su flexibilidad, color y forma. Finalmente, estas capas se dejan al medio ambiente para que puedan llegar a su humedad de equilibrio (aproximadamente 22%) donde mejora sus cualidades de manipulación y flexibilidad necesarias para la siguiente operación.

Laminado

Las capas secas de seudotallo son laminados usando rodillo de la laminadora (Marca Fraclen) que tiene la función de uniformizar el espesor de la capa al romper burbujas de aire y facilitar el engomado, ajuste de Ø de abertura del rodillo a **0,3mm; 0,4mm; 0,5mm**. En estas muestras se determinaron propiedades físicas (humedad, gramaje, densidad, absorción de agua) y propiedades mecánicas (fuerza de tensión, elongación, perforación), a la vez comparar usando el diseño estadístico DCA al 5 % de probabilidad.

Preparación de la goma de arroz

Se prepararon pegamento natural: **Goma 1:** arroz partido 330 g y 912 ml de agua) fueron mezcladas y cocinadas a fuego lento durante 45 minutos, se deja enfriar a 4° C y almacenar, luego se licua para ser usado como un pegamento. **Goma 2:** arroz partido (90%) + harina de corazón de seudotallo (10%), la preparación fue similar a la Goma 1.

Engomado y segundo laminado

Varias capas de laminado (3 o 4 capas) son engomadas (perpendicular a la fibra) con pegamento natural (Goma 1 y 2), usando una espátula, luego se deja en reposo unos 30 min, y repasados nuevamente en rodillo de la laminadora (Marca Fraclen) graduando el espacio de los rodillos (**0,3mm; 0,4mm; 0,5mm.**) de abertura para obtener láminas rectangulares uniformes de mayor tamaño. Se realizaron las pruebas de resistencia mecánica (Elongación, Módulo young) y el diseño estadístico DCA.

Diseño de envases almacigueros en formato Automontable

Se diseñaron 6 prototipos de envases almacigueros automontables y dimensionados a mano alzada, para una capacidad de ¼ Kg, 1/2 Kg y 1 Kg; con la ayuda del Software de diseño de planos AutoCAD 2017- 2D se visualizaron las vistas de armado y las dimensiones. Los criterios para la toma de decisiones fueron (facilidad de armado, uso de material, resistencia basal).

Según el enfoque sistemático del diseñador utilizando el método de Bruce Archer (Castellanos, 2009), consta de 3 etapas:

Etapas de Análisis. - En esta etapa, recopilar toda la información necesaria sobre las necesidades de la empresa, los problemas a resolver, las limitaciones del proyecto y las condiciones a cumplir. Incluye recopilación de datos, clasificación, evaluación, definición de condiciones estructurales y jerarquía.

Etapas creativas. - En esta etapa se inicia la práctica con la información recopilada en la fase anterior y se empieza a desarrollar ideas y seleccionarlas para llegar a una solución. Esta fase también incluye los siguientes pasos: significado, formulación de ideas (bocetos), captura de ideas básicas, formalización y validación de ideas.

Etapas ejecutivas. - En esta etapa se llevan a cabo evaluaciones clave, adaptación de prototipos, desarrollo, procesos iterativos y concretización.

Cortado

Las láminas rectangulares de acuerdo al formato automontable (molde en cartulina según la capacidad) fueron cortadas con una guillotina cartonera y señalados los dobleces de los formatos.

Envase automontable

Los envases automontables en los formatos de base cuadrada y doble soporte, se realizó la prueba mecánica (esfuerzo de compresión vertical) y la determinación del costo unitario.

3.5 Análisis estadístico.

Para evaluar los resultados de Propiedades físicas (humedad, gramaje, densidad, absorción de agua) y mecánicas (fuerza de tensión, % elongación, perforación) y encontrar el mejor comportamiento de la goma (resistencia a la unión); se estudiaron la variable independiente con tres niveles para el diámetro de abertura del rodillado (**0,3mm; 0,4mm; 0,5mm.**) y la otra variable (engomado) con 2 niveles usando (arroz(100%) con agua y mezcla arroz(90% + resina del corazón del seudotallo de plátano 10%) adicionando agua) y con cuatro repeticiones aplicando un DCA (diseño completamente al azar). Si existe diferencia entre las medias, se realiza una prueba de comparación múltiple (Tukey) al 5% de nivel de significación. Para este fin se utilizará el paquete Minitab-español 2019, IBM SPSS 2016, OriginLab-Pro 2018 y Excel 2019.

3.6 Métodos de análisis

3.6.1. Propiedades físicas de las capas secas y laminadas

Humedad

Método 934.06 (AOAC, 2005).

Consta de Iniciar el pesado de la muestra en su estado fresco, luego del tratamiento del calor por mediante estufa a 60 °C por 24 horas inmediatamente se realiza el pesado, obteniendo el pesado final.

Utilizando los datos según la ecuación

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Espesor

El método estándar TAPPI T411 describe este proceso en detalle como también la norma ISO 534.

Esto se hace para conocer el grosor de la superficie del papel resultante y poder compararlo con una muestra estándar. Este método fue desarrollado por (Casey, 1990), que consiste en la lectura directa del espesor del papel, cartón o fibras laminadas con un instrumento denominado micrómetro.

Este procedimiento primeramente se coloca la lámina verticalmente en la parte inferior del micrómetro y girarlo hasta que esté ligeramente comprimida. De inmediato se anotan los datos que muestran las líneas del tambor micrométrico (la primera línea lectura 0,001 mm, si es segunda línea, suman 0,002 mm, etc.). Cada revolución del cilindro mostrará 0,5 mm.

Gramaje (g/m²)

El procedimiento de medición del gramaje se describe en detalle en el método estándar ISO 536.

El límite del papel resultante se determinó por (Casey, 1990). Para ello, se toma una muestra del papel, cartón o lámina, calcula la superficie y pesado en una balanza de precisión. Para este propósito se utilizó la siguiente fórmula basada en las NORMAS TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) y NORMAS ISO (International Organization for standardization).

$$\text{Gramaje} = \frac{\text{Masa}}{\text{Área}}$$

Densidad (g/m³)

La densidad se determina utilizando el método físico citado en (Casey, 1990), que consiste en pesar el papel en una balanza de precisión y luego calcular el volumen obtenido al multiplicar el grosor del papel por el cartón o papel dicho medido con el micrómetro esto es multiplicado por el área de la superficie. Los datos obtenidos se reemplazan por la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

3.6.2 Propiedades mecánicas de láminas con y sin engomado.

Resistencia a la Tensión

Esta propiedad, normalmente expresada en Mpa o N/m², se obtiene como una relación entre las fuerzas máximas que puede soportar la membrana, recomendadas por (Alata & Cuadros, 2017).

Porcentaje de elongación

El alargamiento o extensión llamado comúnmente elongación se determina mediante el método del estado de fractura recomendado por los autores Sarantópoulos et al., (2002).

Fuerza de perforación

Método recomendado por (ASTM, 2001)

3.6.3 Análisis del envase almaciguero automontable

Resistencia a la compresión

Esta es la prueba más importante, esto permite evaluar los puntos de apilamiento, deformación y colapso del material, así como la carga máxima que este material pueda soportar todo con la ayuda del método recomendado por (Martínez, 2009).

Estimación de costos del envase automontable.

Para el análisis de costos de elaboración del envase automontable, la Tabla 7 toma en cuenta los siguientes ítems de referencia a partir de los cuales se calcula el costo unitario del material (Envase ecológico).

Tabla 7.

Ítems para costos totales en la elaboración de envases automontables.

Nombre	Valor Unitario	Unidades Totales	Costo fijo
Materia Prima e Insumos			
Seudotallo (Kg)			
Agua (ml)			
Pegamento de Arroz (Kg)			
Mano de Obra			
Operarios			
Gastos Administrativos			
Mantenimiento			
Sueldo Personal			
Materiales de oficio			
Gastos de Servicio			
Luz			
Publicidad			
Total			

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de la biomasa

La Tabla 8, muestra los residuos del cultivo de plátano de la “variedad inguiri”, constituido por seudotallo, raquis, hojas, otros residuos (estas son dejadas en el campo) y en promedio representa un 72,108 % de residuos no aprovechados y el 27,892 % que representa al racimo; además destacan un 61,14% de seudotallo un material orgánico general no aprovechado siendo similares a lo reportado por (Cárdenas et al., 2012), que indica 60,824 % de seudotallo, en cuanto a las hojas un 5,094% (aunque de acuerdo a las indagaciones de pobladores locales, son usadas para diferentes prácticas culinarias-ejemplo sudado de pescado, asado de pescado, envolver tamales, juane, el *Sambhar*, etc.) reportado por (Dacaya, 2010), (Guzhñay Guapacasa, 2017); mientras el raquis conforma un 4,64% del cual se tiene reportes de investigaciones en producción de lixiviados (Álvarez, Pantoja, Ceballos, & Gañán, 2013). Los otros restos un 1,962% son usados en poblaciones indígenas o maestros artesanos para elaborar cordeles, sogas naturales y manualidades (Canto & Castillo, 2011).

La cuantificación de la biomasa de una plantación de plátano (Figura 13 y Tabla 9), determinan el volumen de seudotallo disponible (4811,77 Tm) para el año 2020 en la zona San Martín y considerando que el 70% del plátano comercial en la zona San Martín es de la variedad inguiri (comunicación personal García, 2021), sustentan las investigaciones realizadas en el presente trabajo.



Figura 13. Plantación de plátano (Fundó Aucaloma) y el seudotallo (Materia Prima).

Tabla 8.*Residuos del cultivo de plátano(variedad inguiri) no aprovechados (%).*

Platanera con racimo						
°N	Platanera Total	Seudotallo (g)	Raquis (g)	Hojas(g)	Restos(g)	%Residuos No aprovechados.
1	30850	19810	1480	1654	657	76,50
2	29556	18858	1425	1520	593	75,78
3	25653	13850	1029	1320	402	64,71
4	29316	18535	1321	1469	586	74,74
5	31091	19970	1491	1586	682	76,32
6	28764	17250	1309	1467	543	71,51
7	27856	15575	1108	1254	467	66,07
8	29212	18325	1356	1487	571	74,42
9	28859	17350	1328	1460	558	71,71
10	29753	18796	1408	1513	591	74,98
11	24965	12793	1008	1282	378	61,93
12	32132	21058	1655	1832	810	78,91
13	25578	13568	1018	1310	415	63,77
14	27689	15326	1098	1225	439	65,33
15	30025	19325	1562	1605	627	76,99
16	29863	18998	1503	1540	597	75,81
17	26987	14726	1057	1198	450	64,59
18	32659	21564	1708	1876	825	79,53
19	28953	17455	1330	1440	561	71,79
20	31950	20685	1588	1594	660	76,77
P.	29085,55	17690,85	1339,10	1481,60	570,60	72,11
%	100	60,82	4,60	5,09	1,96	

Tabla 9.

Cultivo de Plátano (Ha) en la Región San Martín y biomasa de Seudotallo (Tm)
 Periodo: 2015-2020

Provincia	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Rioja	4,713	4,766	4,763	5,366	5,126	4,740
Moyobamba	2,716	2,716	2,729	3,316	3,168	5,306
Lamas	4,356	4,356	4,362	5,956	6,105	4,456
El Dorado	2,349	2,349	2,362	3,117	2,256	3,117
San Martín	2,485	2,489	2,680	4,885	4,508	4,768
Picota	1,203	1,204	1,122	2,107	2,005	1,876
Bellavista	1,444	1,444	1,565	2,423	2,093	1,649
Huallaga	1,563	1,563	1,536	2,563	2,189	2,789
Mariscal Cáceres	2,703	2,703	2,812	3,716	3,226	3,322
Tocache	6,560	5,899	6,655	8,940	8,608	8,780
Total de Cultivo (Ha)	30,092	29,489	30,586	42,389	39,284	40,803
Estimación total de Plantas de Plátano(1111 Plantas/ha)*Gar cia J. C 2022	33432	32762	33981	47094	43645	45332
Volumen Total seudotallo	20334,68	19927,16	20668,60	28644,45	26546,63	27572,74
Biomasa Seudotallo variedad "Inguiri" (Tm)	3548,64	3477,53	3606,92	4998,79	4632,70	4811,77

Fuente: (INEI, 2018)

4.2 Caracterización del seudotallo fresco y seco (capas).

La Tabla 10 muestra el promedio de capas (25 unidades) que protegen entre sí el corazón del seudotallo, con 12% de pérdidas debido a daños por transporte y/o manipulación y un 88 % de Humedad. Al respecto (Ordoñez Pineda & Sepúlveda

Monroy, 2019) reportan en seudotallo de plátano un promedio del 74,75% humedad en condiciones climáticas de Bogotá-Colombia y (Rodríguez, 2017) para condiciones climáticas de Guayaquil-Ecuador, un 64,14%, las diferencias encontradas se deben a la variabilidad de las condiciones climáticas; lo cual indicaría una pérdida de masa de agua que acelera la pudrición en campo.

Asimismo, las capas de seudotallo (Figura 14) secadas en estufa a 60°C durante 24 horas hasta una 15 %Humedad alcanza un equilibrio de 22 %Humedad para facilitar el moldeo y flexibilidad durante el laminado; sin embargo, algunas unidades de capas de seudotallo se quiebran o se deforman lo cual son descartados. (Fonseca, 2006), menciona que en láminas de seudotallo para elaboración de papel la humedad requerida está en el rango de 6-18%.

Tabla 10.

Características del seudotallo en fresco y seco

Caracterización del seudotallo (longitud de corte 80 cm)				
Seudotallo	N.º de capas (Promedio)	Pérdida de capas (%)	Humedad (%)	Humedad de equilibrio (%)
Fresco	25	12	88	85
Seco	20	15	15	22



Figura 14. Seudotallo, capas de seudotallo fresco y seco.

4.2.1 Propiedades físicas del seudotallo seco

En la siguiente Tabla 11 se reporta los registros de humedad final, espesor, gramaje y densidad para una muestra laminada de seudotallo de 5cm x 5cm, en cuanto a gramaje

son similares a lo mencionado por (Casey, 1991) para cartones (rango de 150-600 g/cm²) y respecto a la densidad (46,15 a 79,47 g/cm³) para el mismo material se encuentran por encima de los valores encontrados.

Tabla 11.

Propiedades físicas del seudotallo seco

Seudotallo	Humedad Final (%)	Espesor Rango (cm)	Gramaje (g/m²)	Densidad (g/cm³)
Grueso	24	0,7-0,9	787	136
Mediano	23	0,4-0,5	450	104
Delgado	22	0,2-0,3	225	80

4.2.2 Propiedades mecánicas de seudotallo seco

Los datos registrados (longitud, pico de carga y W (Trabajo) en el Texturómetro (Marca Brookfield) se ajustaron al modelo exponencial (Tabla 10) de las fibras de seudotallo en orientación vertical y horizontal (Figura 15).

La Figura 16 muestra el efecto del espesor del seudotallo (Grueso=0,8 cm, Mediano= 0,5 cm y Delgado= 0,3) sobre el porcentaje promedio de elongación de las fibras Verticales y Horizontales del seudotallo, obteniendo valores máximos de elongación de 26,8 que corresponde a la forma Horizontal de la fibra por ser muy rompible y valores mínimos de elongación de 9,25 en la fibra Vertical, caracterizado por su resistencia a la ruptura.

El análisis de varianza del porcentaje de elongación (promedio) existe diferencia significativa por la orientación de la fibra ($P < 0,05$). La prueba de Tukey mostró mayores diferencias de acuerdo a la orientación de las fibras en la dirección horizontal (Ver Anexo A).

Tabla 12.

Elongación (%) y el Módulo de Young (N/mm²) de capas del seudotallo seco.

N.º Tratamiento	Elongación longitud (mm)	Pico de carga (N)	Espesor (mm) n=3	Elongación (%)	Módulo Young (N/mm ²) (Resistencia Tensión/%Elongación) *100
Grueso Vertical	3,3	349,05	0,93	8,25	323,79
	4,6	414,10	0,90	11,50	285,78
	3,8	381,20	0,80	9,50	358,27
	3,1	411,20	0,77	7,75	494,33
Promedio	3,7	388,89	0,85	9,25	353,29
Mediano Vertical	4,3	477,20	0,41	10,75	779,69
	2,6	319,60	0,46	6,50	758,00
	4,0	426,85	0,45	10,00	672,56
	5,4	505,95	0,44	13,50	608,41
Promedio	4,1	432,40	0,44	10,19	687,73
Delgado Vertical	3,5	321,70	0,31	8,75	847,14
	4,8	347,50	0,29	12,00	705,15
	4,0	194,80	0,30	10,00	458,71
	2,4	141,95	0,27	6,00	633,71
Promedio	3,7	251,49	0,29	9,19	666,55
Grueso Horizontal	13	19,30	0,53	17,33	23,19
	12,9	16,95	0,59	17,20	18,45
	0,7	15,65	0,52	0,93	358,29
	0,8	14,59	0,53	1,07	284,96
Promedio	6,9	16,62	0,55	9,13	37,10
Mediano Horizontal	10,1	13,25	0,43	13,47	25,62
	7,3	11,50	0,42	9,73	31,01
	15,9	14,35	0,35	21,20	21,49
	11,4	13,55	0,34	15,20	29,42
Promedio	11,2	13,16	0,38	14,9	25,55
Delgado Horizontal	25	23,55	0,21	25,00	49,06
	29	24,90	0,21	29,00	46,16
	26,5	23,40	0,23	26,50	43,29
	26,8	19,95	0,22	26,80	38,17
Promedio	26,8	22,95	0,22	26,83	44,04

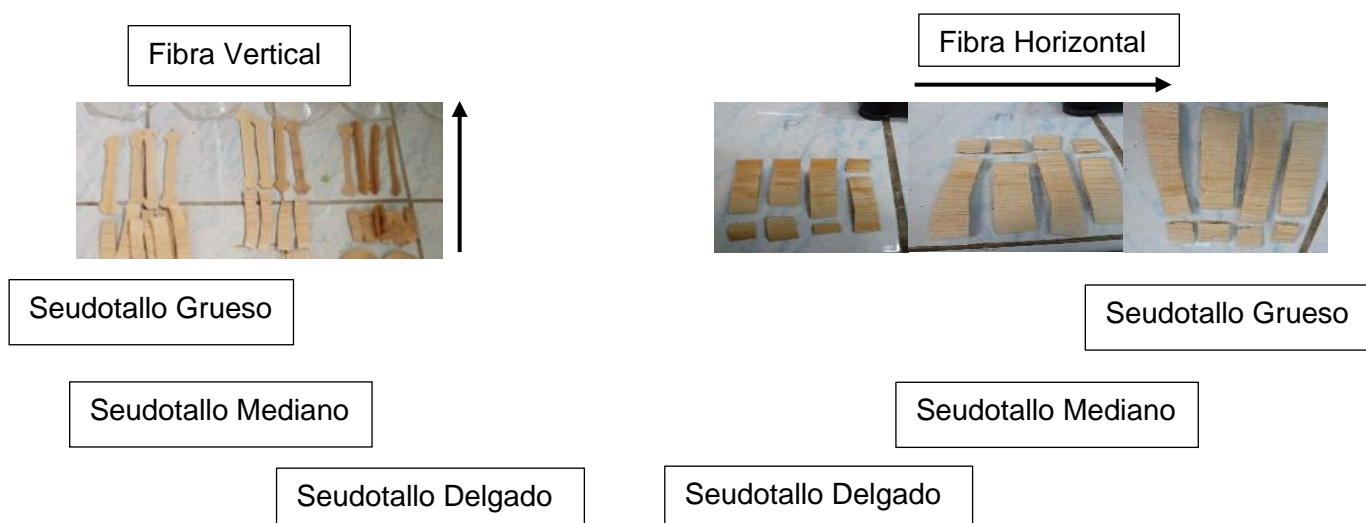


Figura 15. Orientación (Vertical/Horizontal) y espesor de la fibra del seudotallo (Grueso, mediano y delgado).

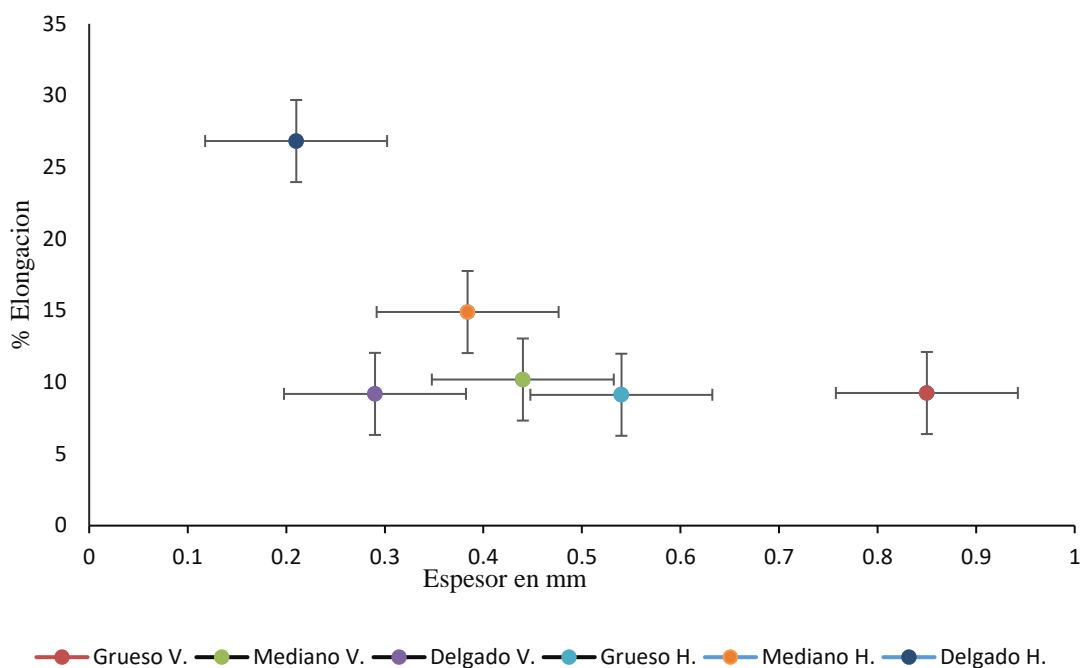


Figura 16. Valores promedio del % Elongación de las fibras de seudotallo (Vertical/Horizontal).

De acuerdo a los valores que consiste para módulo de Young (Figura 17) demuestran que el mayor promedio máximo estimado es de 687,73 N/mm² fibra mediana orientación Vertical y valores mínimos de 25,55 N/mm² para la fibra mediano orientación Horizontal. Lo que nos hace deducir que las fibras de orientación Vertical son más rígidos y menos elásticos, mientras tanto las fibras de orientación Horizontal son más elásticas, pero en menor rigidez; esto depende del grado de espesor (Gruoso, Mediano, Delgado) (Figura 15). Según Dominguez (2016) el módulo de Young describe la rigidez de cada material al ser deformado bajo una tensión física. Por lo tanto, un valor de módulo alto indica menos flexibilidad, pero más rigidez.

Según los resultados del análisis de varianza entre los datos de orientación de las fibras con sus módulos de Young, hubo diferencias significativas entre los tratamientos del estudio ($P < 0,05$). La prueba de Tukey muestra que ya sea fibras (grueso, mediano o delgado), la diferencia es mayor cuando se invierte su dirección de sus fibras. Este comportamiento se puede comparar con las propiedades elásticas, es decir menor valor en Módulo Young mayor es su elasticidad (Anexo B).

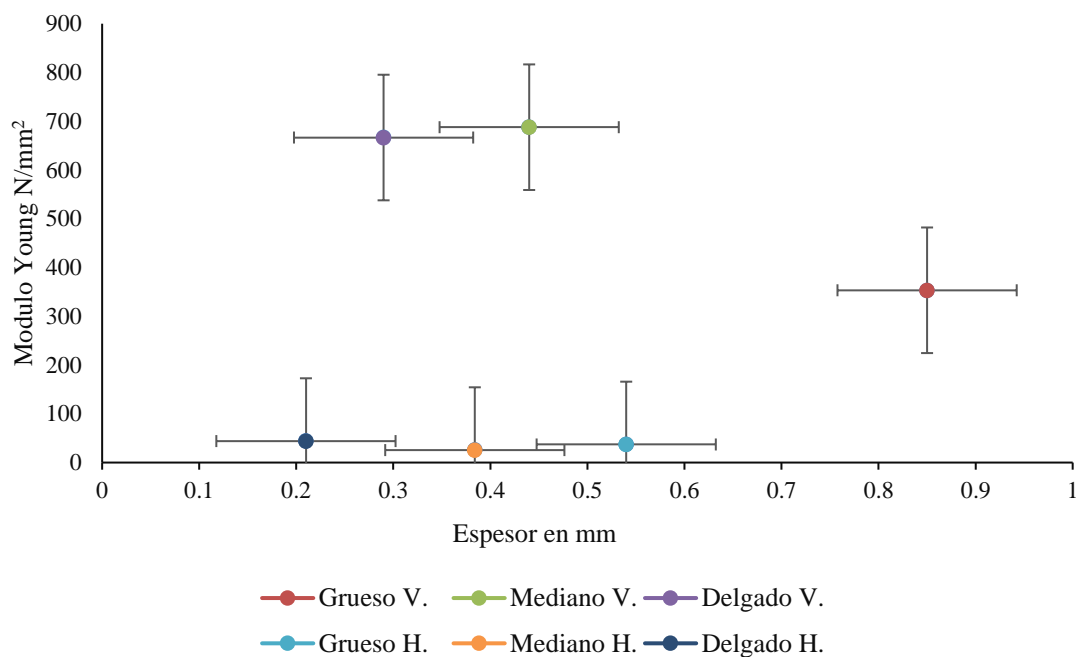


Figura 17. Módulo de Young en las orientaciones de las fibras (Grueso, mediano y delgado Vertical/Horizontal) de seudotallo.

Los valores calculados en fuerza de perforación (%) de la Tabla 13 para espesores de la lámina (grueso, mediano y delgado) se encuentran en el rango de 75,7889 a 76,7003 %. La misma que relaciona con el trabajo ejercido (mJ) (Figura 18) decrece dependiendo de sus espesores: grueso (282,63 mJ), mediano (268,25 mJ) y delgado (179,75 mJ). en el caso del presente estudio debido a la solidez y rigidez del material (seudotallo) rotura con facilidad, sin embargo, no hay reportes para la comparación, estudios relacionados con películas, según Sobral, Ocuno, & Savastano, (1998), la carga de rotura está relacionada con la longitud inicial de la película, cartón y papel en la que se determina la resistencia a la perforación. Mientras (Muñoz, 2014) reporta resultados de perforación que varían de 10,43 hasta 60,02 % en películas de glicerol al 60 % y almidón de maíz al 25 % lo que generalmente esta se estira hasta obtener una ruptura.

Los resultados en análisis estadísticos de varianza (ANOVA) del Anexo C, indican que no existe diferencia significativa ($P < 0,05$) con los valores en fuerza perforación para los espesores de la lámina: grueso, mediano y delgado (Figura 19).

Tabla 13.

Porcentaje de perforación de la lámina de pseudotallo (Grueso = 0,7 cm, Mediano = 0,5 cm, Delgado = 0,3 cm).

Muestra	Repetición	Distancia (mm)	Radio (mm)	Pico de carga (N)	Deformación (mm)	Trabajo (mJ)	% Perforación
Grueso	1	40	30	80,95	7,2	312,00	77,1297
	2	40	30	84,90	6,5	335,50	76,7402
	3	40	30	73,75	5,6	273,00	76,2955
	4	40	30	55,60	6,3	210,00	76,6359
	Promedio			73,80	6,4	282,63	76,7003
Mediano	1	40	30	56,30	4,8	169,00	75,9539
	2	40	30	91,10	3,8	308,50	75,5993
	3	40	30	80,35	4,9	282,50	75,9938
	4	40	30	88,00	5,4	313,00	76,2053
	Promedio			78,94	4,7	268,25	75,9381
Delgado	1	40	30	80,75	4,3	207,50	75,7665
	2	40	30	74,75	4,4	173,00	75,8024
	3	40	30	80,05	5,3	205,50	76,1614
	4	40	30	59,75	3,2	133,00	75,4255
	Promedio			73,83	4,3	179,75	75,7889

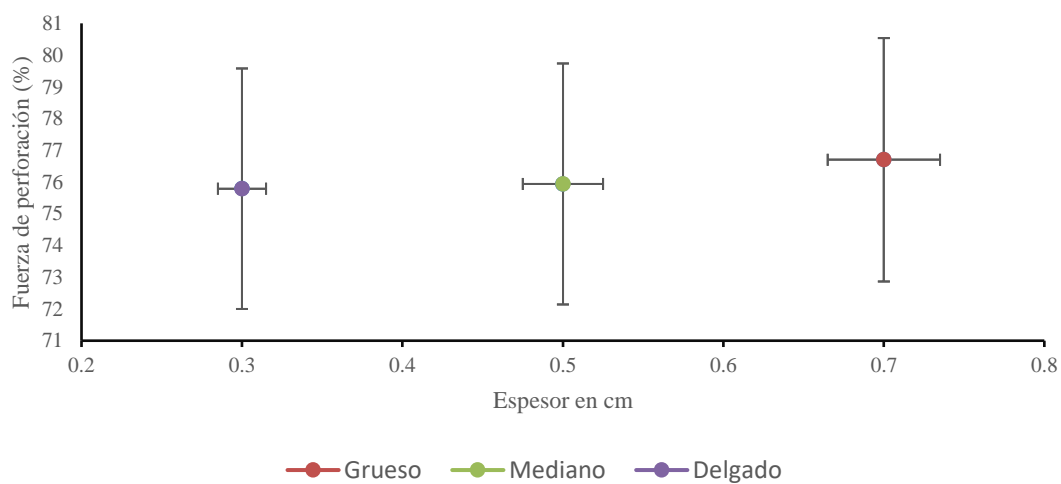


Figura 18. Fuerza de perforación (%) de la lámina formato circular radio 5 cm con espesor (Grueso, mediano y delgado).

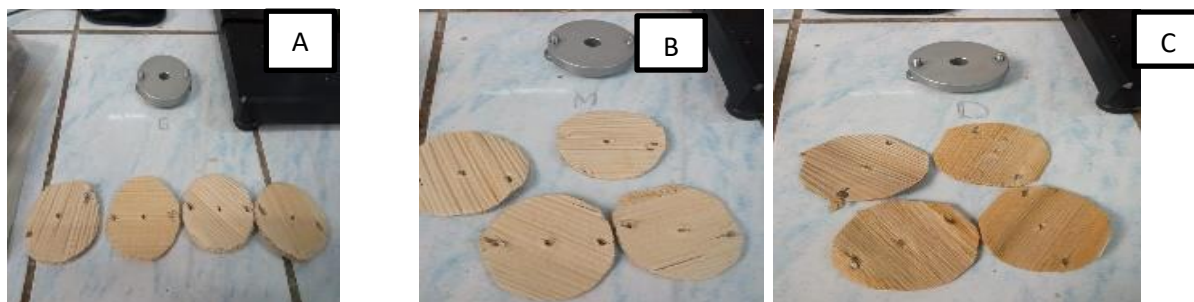


Figura 19. Muestras de la lámina en formato circular radio 5 cm perforados (Grueso (A), mediano (B) y delgado (C)).

4.3 Evaluación de láminas engomadas de suedotallo

En la figura 20, se presenta los adhesivos (natural y sintético) usados para el engomado de las láminas; al respecto (QuimiNet, 2006), menciona que las resinas vegetales, que se encuentran en los almidones y dextrinas del maíz, el trigo, las papas y el arroz, se utilizan para unir papel, madera y telas; ciertas gomas como la arábica, el agar y la algina resisten ciertos adhesivos de celulosa utilizados para cuero, tela y papel; resinas como cemento de caucho, alquitrán y masillas utilizadas para recubrir y proteger ciertos materiales corrosivos.

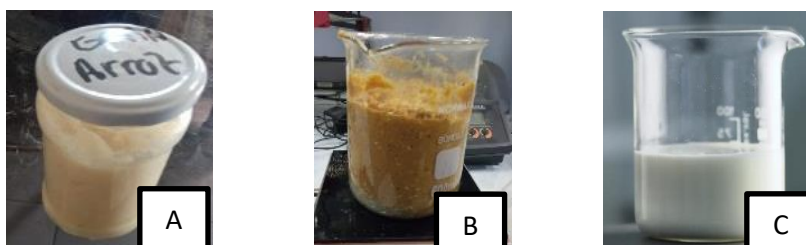


Figura 20. Gomas Naturales: Goma de Arroz (A), Goma de Arroz +10% de Resina (B) y Goma Control (C).

En la figura 21 se observan láminas engomadas con gomas naturales y sintéticas, siendo necesario para una buena unión varias pasadas de goma para lograr la adherencia. Sin embargo, esta eficacia del adhesivo depende de varios factores como la resistencia a la contracción y al desgarro, la flexibilidad, la fuerza de unión y de tensión superficial, que determinan que tan bien penetra el adhesivo en las finas ranuras de las superficies a unir (Viola, 2007). En este caso capa por capa de seudotallos secos planos, fueron necesarios completar mediante la laminadora después de 30 minutos de reposo; y puede perder su eficacia de adherencia con el paso del tiempo (aproximadamente 4 meses), debido a la cristalización del almidón. Al respecto (Pereyra, 2018) hace referencia al reporte de (Song, He, Ruan, & Chen, 2006) que el adhesivo de arroz

(almidón) es mayormente utilizado en la industria alimentaria, sin embargo, este almidón tiene ciertas desventajas que no los hace conveniente para largos tiempos de uso debido a su debilidad al agua (Solubilidad) teniendo así fácil deformación, incremento del pH y su cristalización en el tiempo lo cual lo hace muy frágil de ruptura.



Figura 21. Engomado capa por capa usando goma de arroz (A), goma de arroz +10% resina(B) y control (C).

En la Tabla 14, se muestran el % Elongación y Módulo Young (N/mm^2) de láminas deseudotallo (capas unidas) utilizando las gomas (sintética, Arroz y Arroz + 10% de Resina) estimándose la resistencia del mejor adhesivo frente a la goma control. La figura 22 y 23 se visualiza el comportamiento de los adhesivos, presentado valores máximos de elongación de 18,13 % que corresponde a la resistencia de la goma sintética por ser muy resistente y de secado rápido y obtiene valores mínimos de elongación de 10,42 % que corresponde a la resistencia de la goma de arroz por tanto menos adherencia; en tanto la goma arroz + 10% resina deseudotallo es de resistencia intermedia. De acuerdo el análisis estadístico entre las pruebas en elongación muestra que si hay diferencias significativas entre los tratamientos de estudio de acuerdo a la resistencia del adhesivo ($P < 0,05$). Como se encontró diferencias significativas, se realizó el test Tukey donde recalca que el adhesivo comercial es muy resistente a las condiciones ambientales mientras que los demás adhesivos naturales del estudio (almidón de arroz y almidón arroz + 10 % resina) la actividad de agua afecta bajando su resistencia y volviéndose muy frágil llegándose a desunir.

El resultado en módulo de Young da a conocer como mayores picos en la goma de arroz+10% resina valor promedio de $9,969 N/mm^2$ y valores mínimos en goma de arroz $6,701 N/mm^2$. Lo que nos hace deducir que las fibras pegadas por goma sintética y arroz con resina son más rígidas y de menor elasticidad, mientras tanto la goma de arroz presenta mayor elasticidad y menor rigidez. Según Dominguez, (2016) el módulo de Young es una propiedad que indica que si el material obtiene mayor deformación al

esfuerzo físico obteniendo una elevada rigidez. La lectura en este caso de la Figura 23, podemos concluir que los valores elevados son materiales menos flexibles con mayor rigidez en manipulación.

Tabla 14.

Porcentaje en Elongación y Módulo Young (N/mm²) de láminas de seudotallo con adhesivo Arroz, goma de Arroz con 10% resina corazón de seudotallo.

Tratamiento	Espesor(mm)	Elongación (%)	Módulo Young (N/mm ²)
Goma sintético	0,47	31,83	11,34
	0,48	7,83	9,65
	0,47	2,83	16,92
	0,38	30,00	7,32
Promedio	0,45	18,13	9,54
Goma de Arroz	0,41	10,67	7,54
	0,46	10,33	6,75
	0,45	9,00	5,09
	0,44	11,67	7,27
Promedio	0,44	10,42	6,70
Goma de Arroz+10% Resina	0,31	7,17	6,23
	0,29	20,67	12,50
	0,30	23,33	7,50
	0,26	9,33	13,75
Promedio	0,29	15,13	9,97

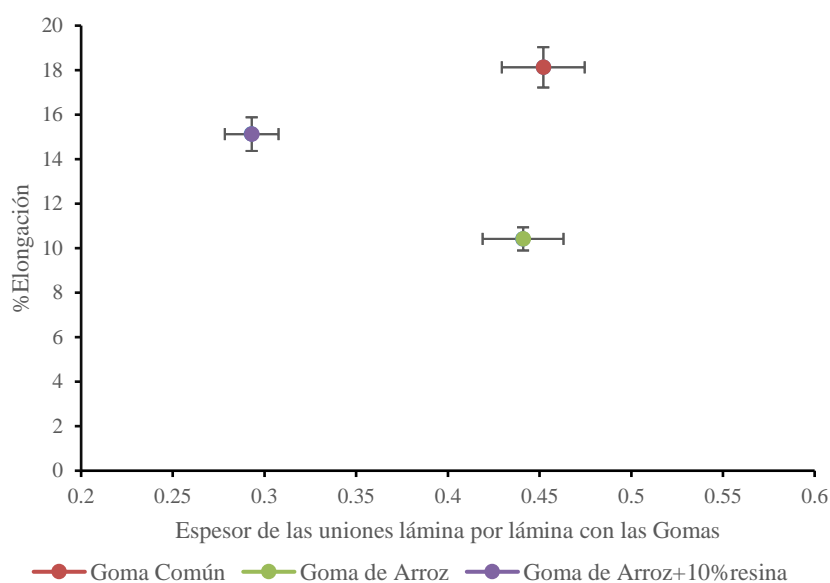


Figura 22. % Elongación de láminas de capas de seudotallo engomadas

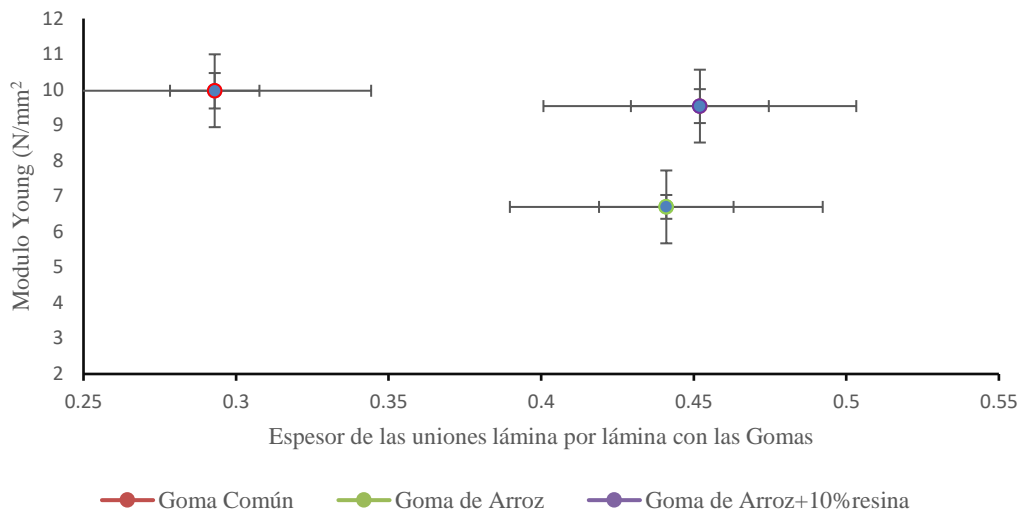


Figura 23. Módulo de Young de láminas de capas de seudotallo engomadas.

Según el análisis de varianza realizado a los datos de las gomas usadas (sintético, arroz y arroz+10%resina) se obtiene que existe diferencia significativa entre los tratamientos de estudio ($P \leq 0,05$) por la goma de arroz es la menos resistente al esfuerzo físico (Figura 24).

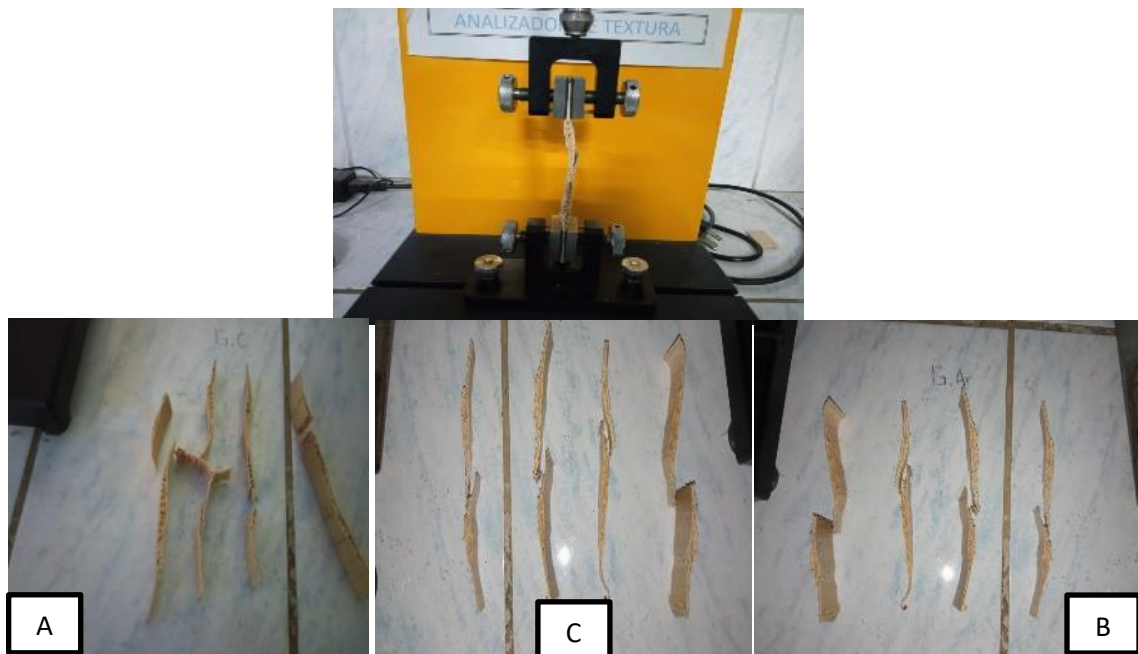


Figura 24. Prueba de Resistencia de las laminadas engomadas (Texturómetro), goma sintética (A), goma de arroz (B) y goma de arroz+10% de resina (C).

4.4 Diseño de envases automontables

La creación de bocetos (6 prototipos) se materializó utilizando AutoCAD para diseñar envase automontables en formatos de ¼ Kg, en base cuadrada, rectangular y hexagonal cuyas dimensiones son 6x6 cm y longitud de 24 + 3 cm (aleta), y los otros bocetos se visualizan en las Figuras 25, 26, 27, 28, 29 y 30.

Boceto 1: Envase automontable

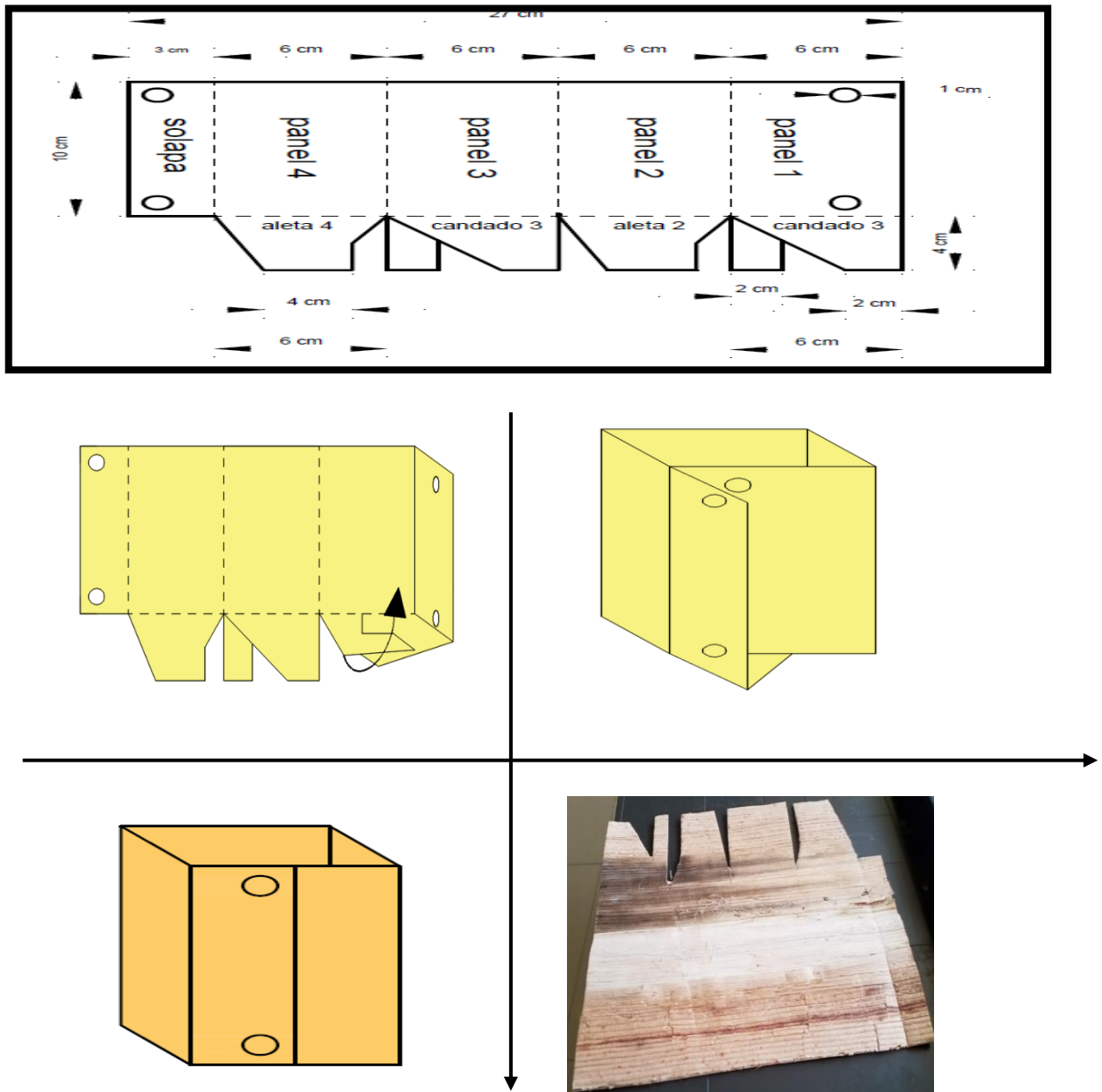


Figura 25: Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 1).

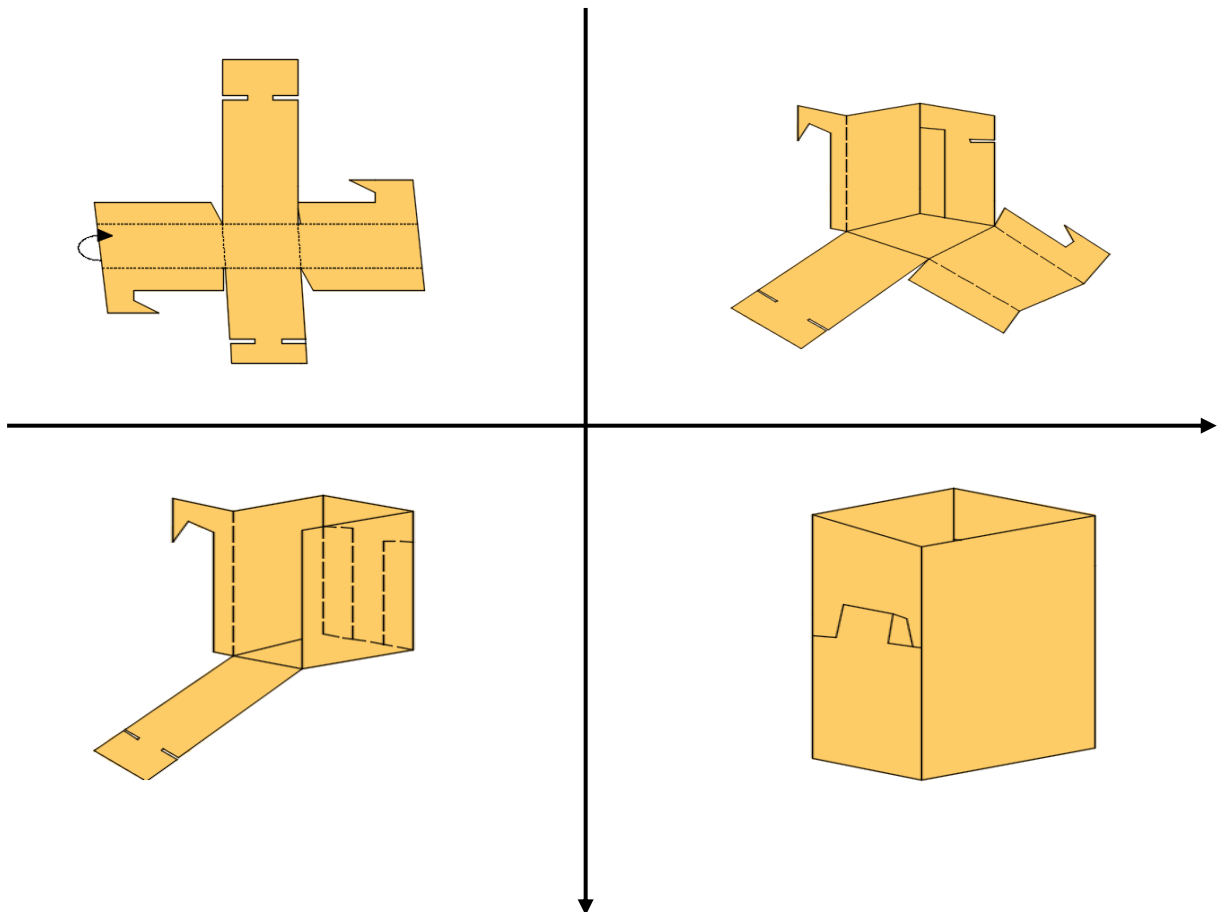
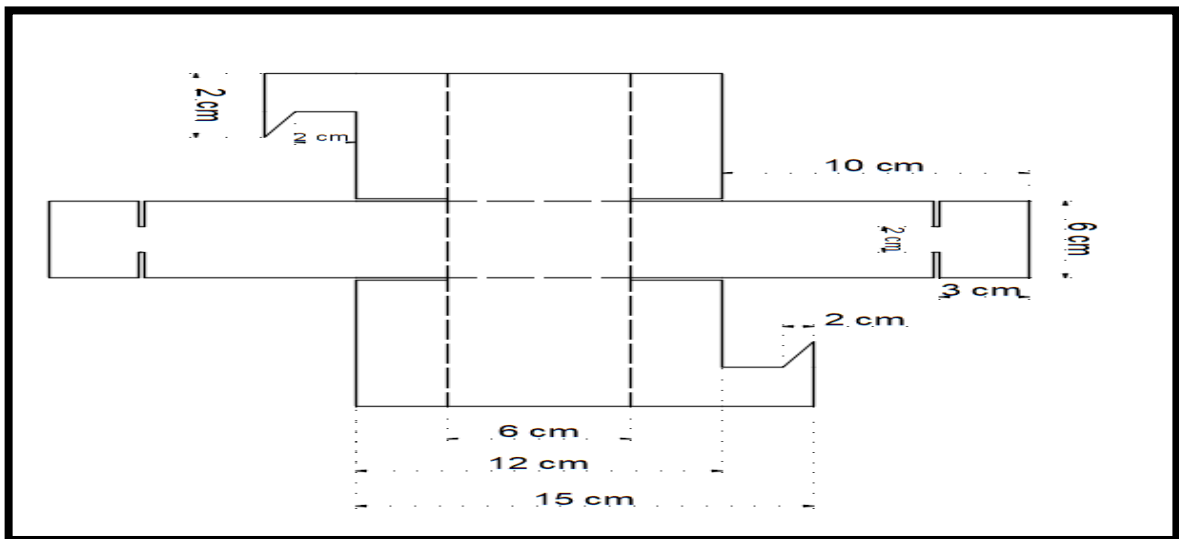
Boceto 2: Envase automontable

Figura 26: Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 2).

Boceto 3: Envase automontable

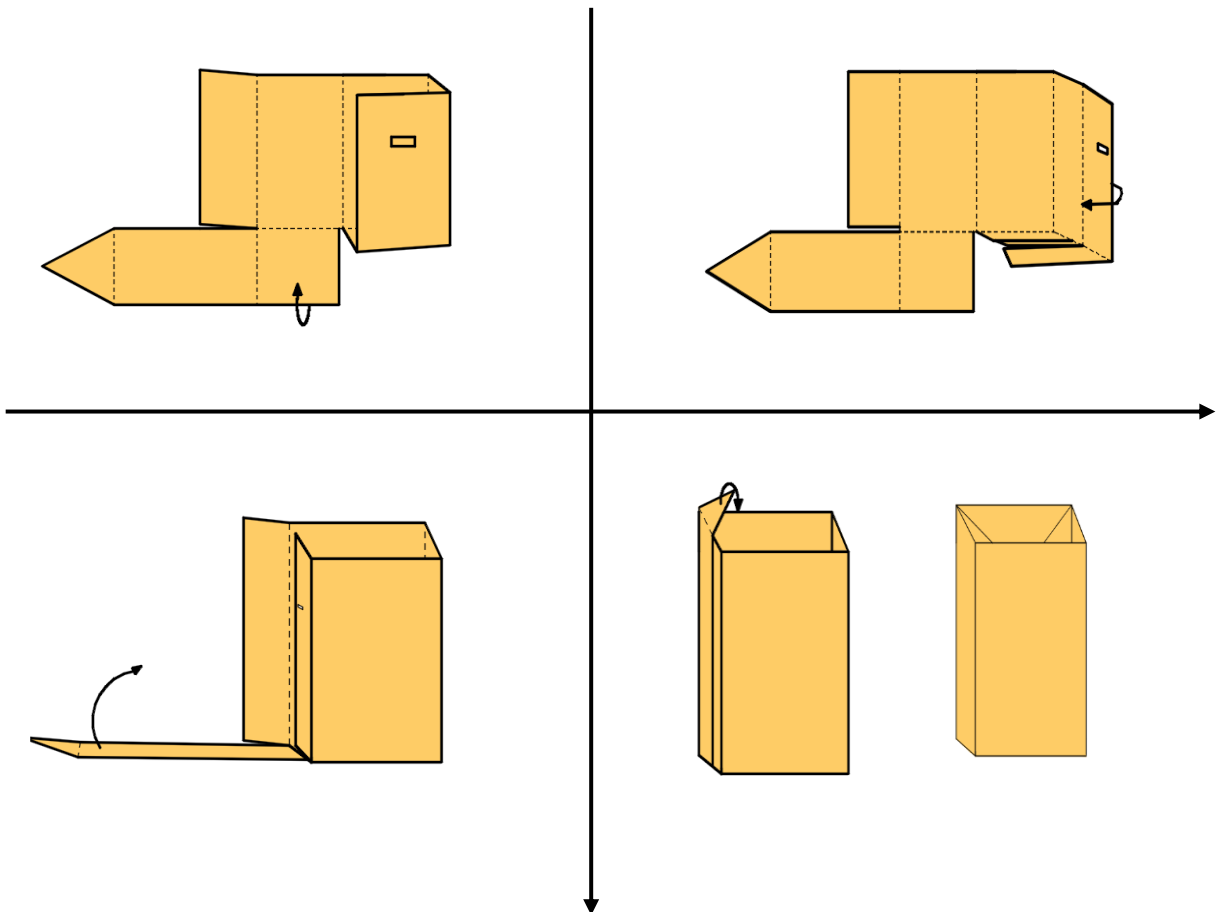
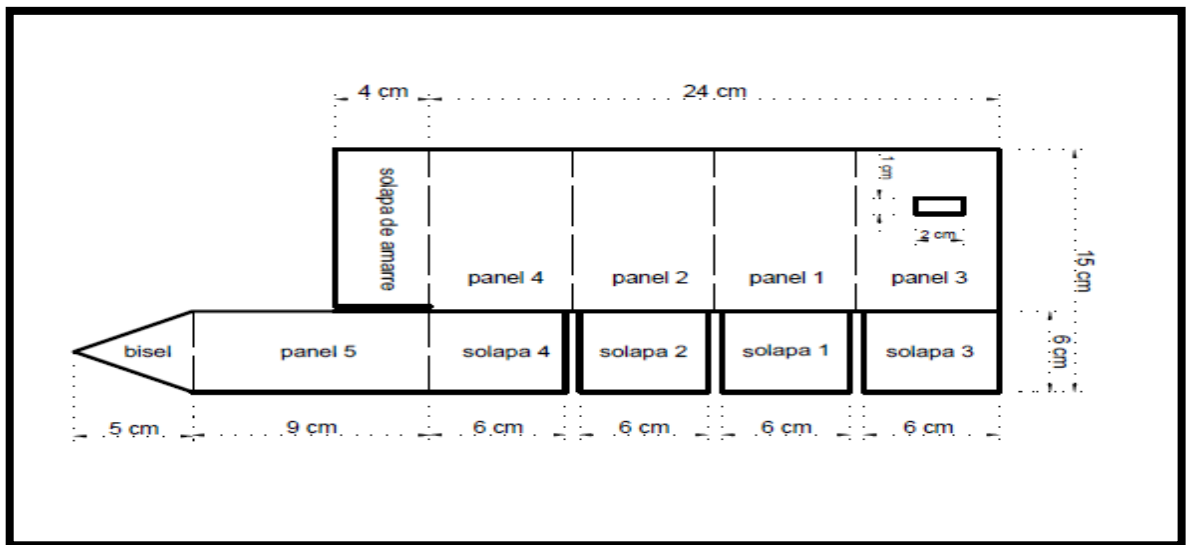


Figura 27: Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 3).

Boceto 4: Envase automontable

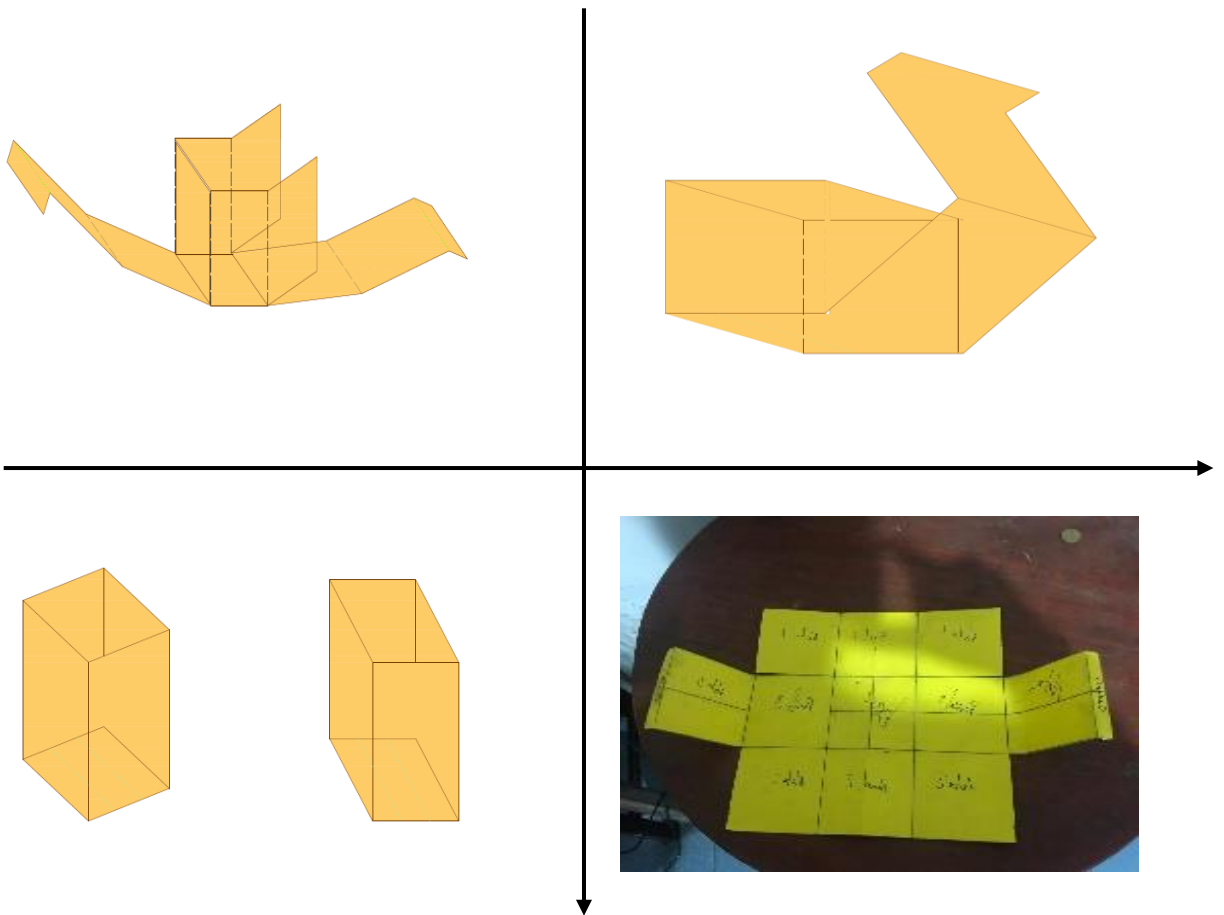
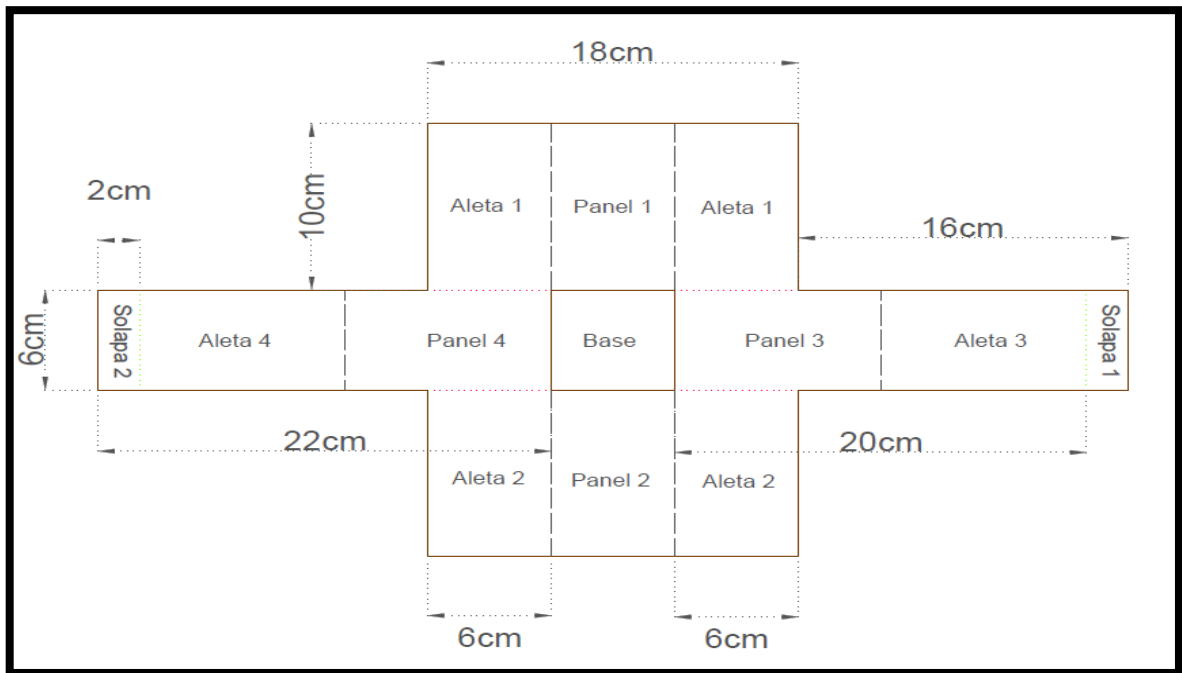


Figura 28: Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 4).

Boceto 5: Envase automontable

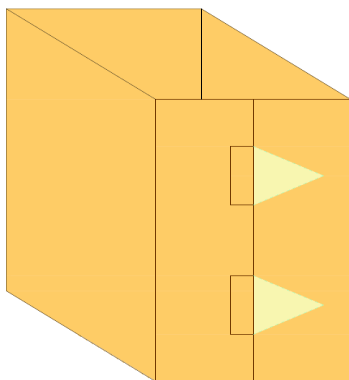
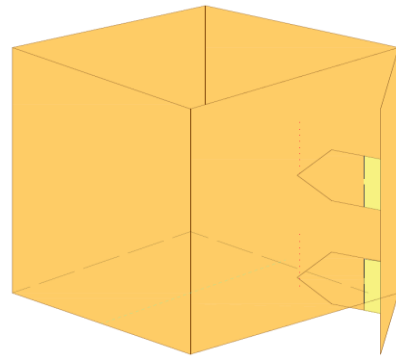
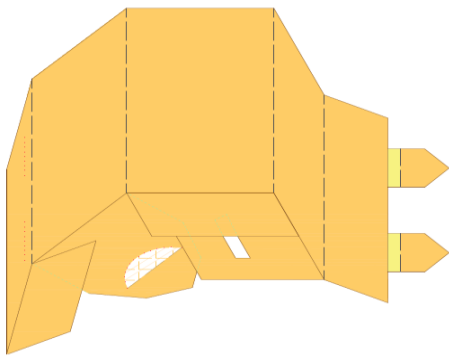
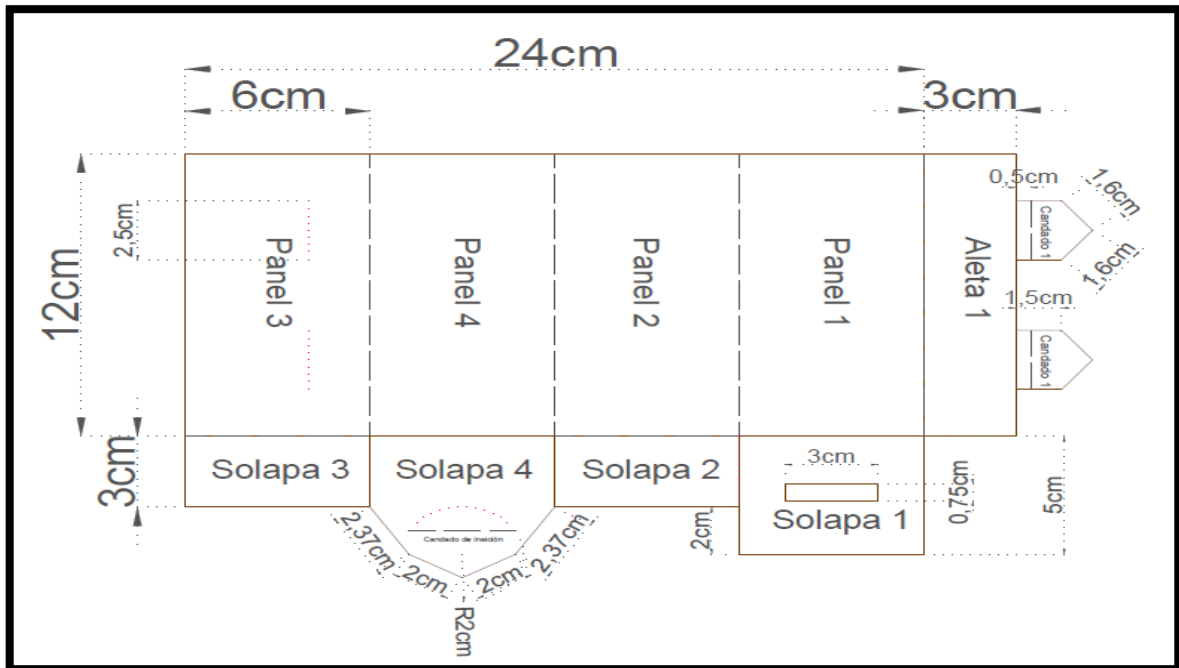


Figura 29: Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 5).

Boceto 6: Envase automontable

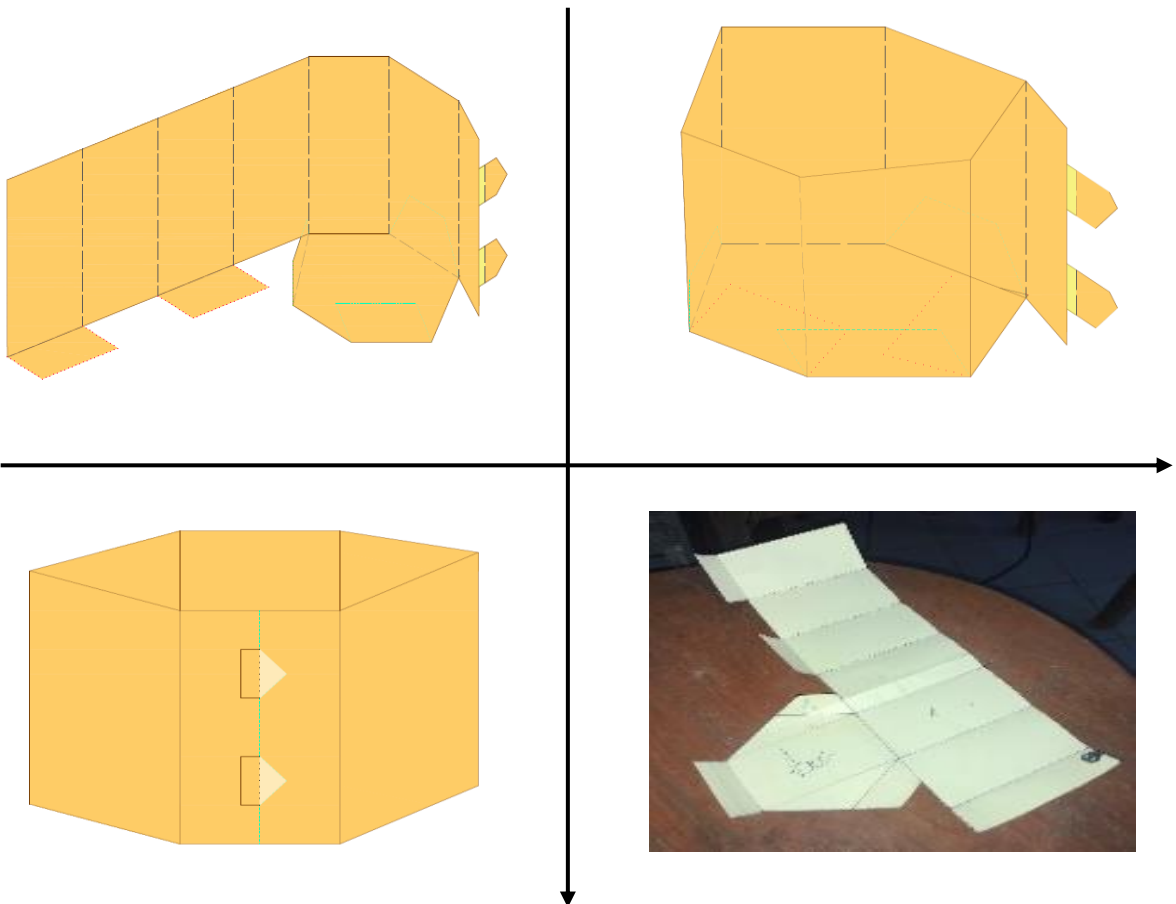
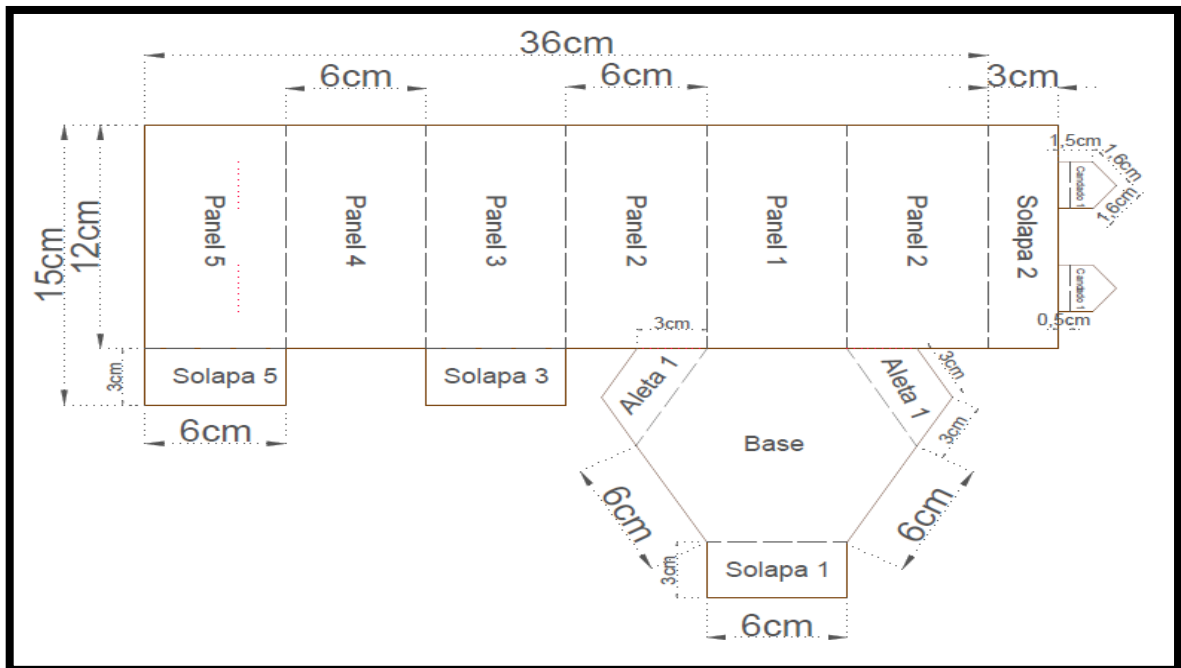


Figura 30: Vista frontal e isométrico de envase automontable de capas de plátano (opción 6).

La comparación entre los bocetos para determinar el mejor prototipo se tomó en cuenta: facilidad de montaje y/o armado, la ergonomía, ahorro de material, y mayor soporte basal, obteniendo como resultado el boceto 3 de base cuadrada y doble soporte, que se tomaron para el diseño final del envase automontable almaciguero (Figura 31).

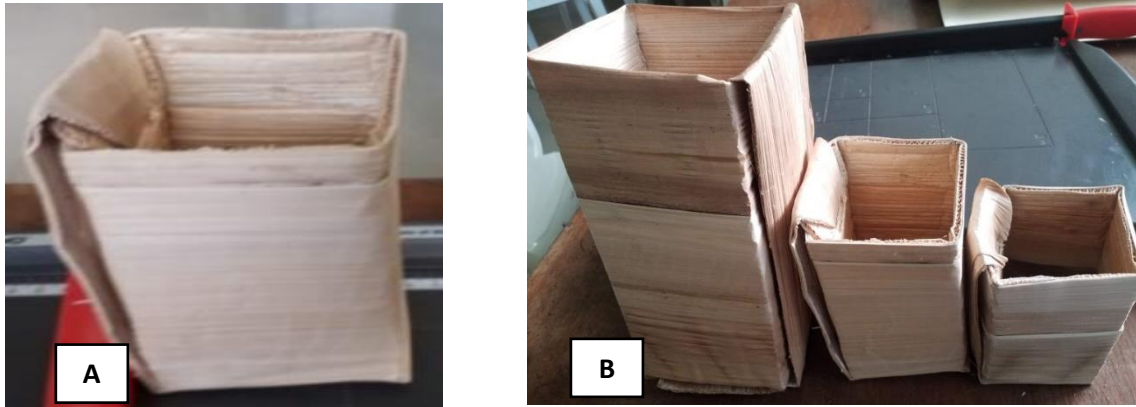


Figura 31: Envase automontable armado (Boceto 3) (A) y sus tres presentaciones 1, $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ Kg (B).

4.5 Evaluación del envase automontable

Resistencia a la compresión del envase automontables

Los datos sobre la resistencia a la compresión de los envases automontables, se muestran en la Tabla 15; donde el punto máximo de resistencia de compresión es de $51,77 \text{ N/mm}^2$ para 1 Kg de capacidad y valor mínimo de $16,27 \text{ N/mm}^2$ para un $\frac{1}{4}$ de capacidad, lo cual está relacionado a su altura y dimensionamiento del envase automontable, además la posición del envase, donde ofrece mayor resistencia cuando es invertida (boca abajo). Según (Kober, 2012) la resistencia a la compresión que llega a tener un cartón corrugado (6 cm de base y 8cm en altura) reporto valores de 16 a 23 N/mm^2 similar al formato de $\frac{1}{4}$ de capacidad y explica que se ve afectado al paralelismo de las fibras lo cual eleva la resistencia colocando así al envase de cartón con alta rigidez y fuerza de impacto a la regeneración la cual también se observan en las capacidades de $\frac{1}{2}$ y 1 Kg del envase automontable cuando estas son sometidas a la máquina compresora (Figura 32).

Tabla 15.

Fuerza de compresión (N/mm^2) de envases automontables de capacidades ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y 1 kg).

Envase automontable	Mediciones	Resistencia a la Compresión (N/mm^2)	Observación
Capacidad $\frac{1}{4}$ kg	1 – Posición Normal	18,08	Envase deformado y destrozado
	2 – Posición Normal	16,22	Envase deformado
	1 – Posición Inversa	15,35	Envase destrozado
	2 – Posición Inversa	15,42	Envase destrozado
	Promedio	16,27	-.-
Capacidad $\frac{1}{2}$ kg	1 – Posición Normal	22,25	Envase deformado
	2 – Posición Normal	24,32	Envase deformado
	1 – Posición Inversa	27,44	Envase desarmado
	2 – Posición Inversa	28,78	Envase desarmado
	Promedio	25,75	-.-
Capacidad 1 kg	1 – Posición Normal	50,92	Envase desarmado
	2 – Posición Normal	51,52	Envase desarmado
	1 – Posición Inversa	51,74	Envase desarmado
	2 – Posición Inversa	52,90	Envase desarmado
	Promedio	51,77	-.-

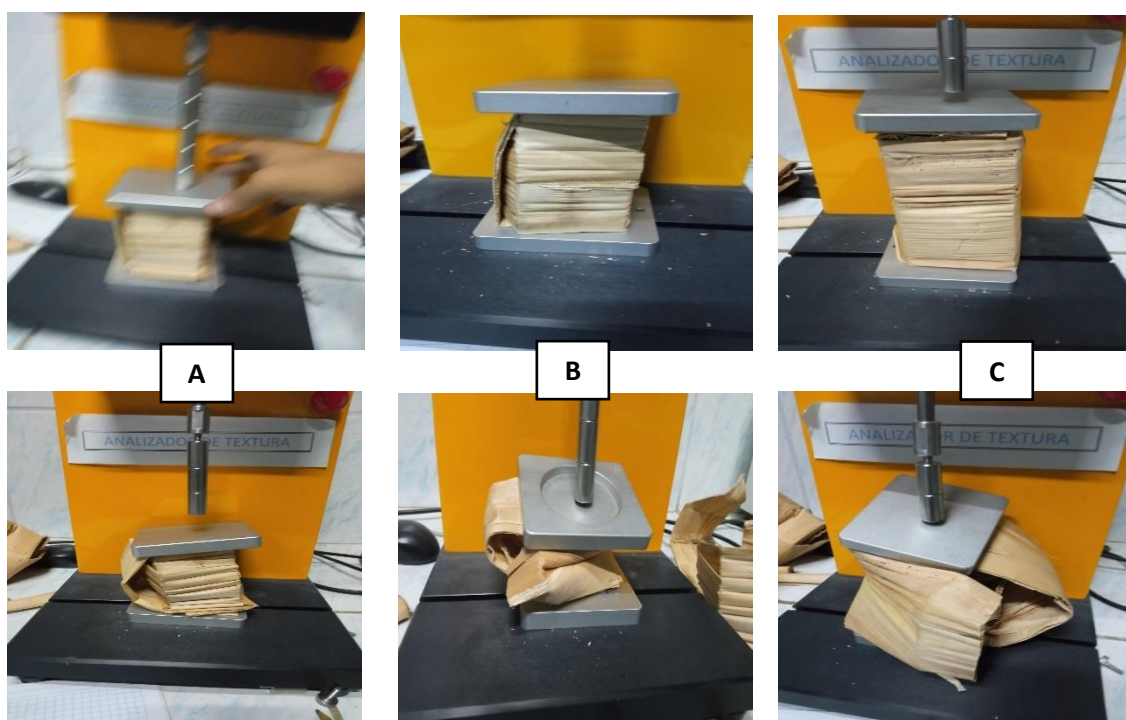


Figura 32: Envase automontable sometido a la fuerza de compresión, capacidades ($\frac{1}{4}$ Kg(A), $\frac{1}{2}$ Kg (B) y 1 Kg (C)).

4.6 Costo de producción de envases automontables

Para el caso de determinación de costo y la producción de envases automontables (bolsa almaciguera) según capacidad, se observa en la Tabla 16 y 17. El costo total de producción de envases automontables estimado para 5 unidades de seudotallos es de 14,76 soles. De acuerdo a la información de la Tabla 17, el análisis económico se formula teniendo mínimo 5 envases/ Seudotallo y máximo 10 envases/sedotallo, trabajando un turno de 8 horas diarias, lo que representaría un costo por unidad de 0,7, 0,4 y 0,2 centavos de sol según capacidad del envase automontable 1 kg, ½ Kg y ¼ Kg respectivamente.

Finalmente, en la Tabla 18, se presenta el costo unitario de venta en cada envase automontable de acuerdo a su capacidad y comparados con las bolsas almacigueras plásticas son relativamente mayor, pero se justifican por las ventajas de ser amigables con el medio ambiente, y basadas en un mercado de economía circular pueden asegurar una rentabilidad económica para los agricultores en un futuro próximo.

Tabla 16.

Determinación de costo de producción de envases (lote de 5 unidades de seudotallo).

Nombre	Precio Unitario	Unidad	Unidades Totales	Costo fijo(s/.)
Materia Prima e Insumos				
Seudotallo (Tronco)	0,00	1 Tronco	5	0,00
Agua	1,42	0,1 m3	0,5 m3	0,14
Pegamento de Arroz	2,50	1000 g	550 g	1,40
Mano de Obra				
Operarios	1,00	1 persona	1 persona	1,00
Gastos Administrativos				
Mantenimiento (Limpieza)	1,00	1 persona	1 persona	1,00
Materiales de oficina	0.25	papel, cartulina, etc.)	3	0,75
Gastos de Servicio				
Energía Eléctrica	0,7452	1 kW	6 kW	4,47
Transporte	5,00	1	-----	5,00
Total				14,76

Tabla 17.

Número de envases automontables producidas por 1 seudotallo y costo estimado por un lote (5 seudotallo de plátano) de envases.

°N de Capas Secos * (Unid)	Formato capacidad de 1 Kg(unid.)	Formato capacidad de 1/2 Kg (unid.)	Formato capacidad de 1/4 Kg(unid.)	Número total de envase automontable (unid)	Residuos (%)
	3	1	1	5	40
45	0	6	2	8	35
	0	0	10	10	30
Costo de Producción	0.70	0.40	0.20	--	--

Tabla 18.

Precio de venta de los envases automontable según formato (1kg, ½kg y 1/4 kg) estimado por un lote (5 seudotallo de plátano) de envases almacigueros.

Envase Automontable	Número total de envase automontable en 1 lote (5 seudotallos)	Costo Unitario CT/Cu	Precio de Venta CU+30% Margen (Ganancia)
Formato capacidad 1 Kg (unidad)	15	0,70	0,90
Formato capacidad ½ Kg (unidad)	35	0,40	0,50
Formato capacidad ¼ Kg (unidad)	65	0,20	0,30

4.6 Ciclo de vida del envase automontable.

A continuación (ver Figura 33) se presenta el ciclo de vida del Envase. Como primera etapa del ciclo de vida está el cultivo del platanal diversidad inguiri como la materia principal para la investigación, desde el momento en que surge como fruto, es consumido y deja como residuo los seudotallos, hojas, raquis, etc., que posteriormente, con otros residuos, se convierte en el material sin usos (Alzate Castillo, 2019). Este material luego de un proceso industrializado pasa a ser láminas, engomadas, laminados y cortados para el dimensionamiento del envase automontable y su uso como envase almaciguero, cierra el circuito mediante el proceso de compostaje para dar vida vegetal.

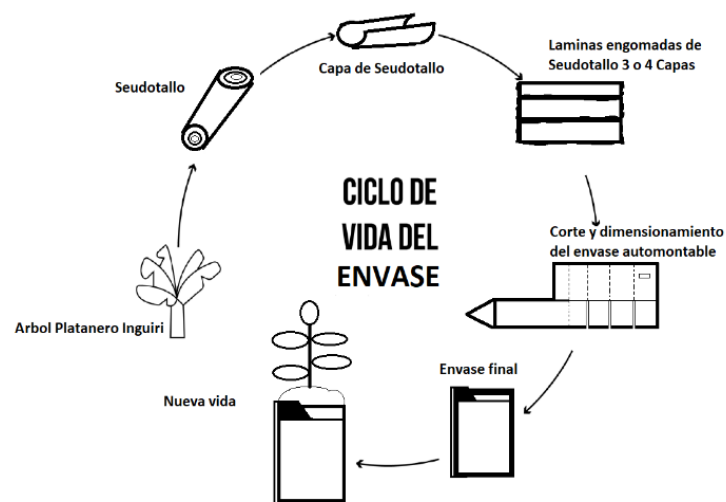


Figura 33: Ciclo de Vida del Envase

CONCLUSIONES

El seudotallo de plátano variedad "inguiri" representa un 63% de la biomasa total del cultivo de plátano (residuos no aprovechados) y contribuirá significativamente en un ingreso adicional para el agricultor, así como la reducción de la contaminación ambiental.

Las propiedades mecánicas de la lámina seca y del laminado tienen comportamientos similares, en caso último por su buena adherencia con la goma de arroz +10% de resina corazón de suedotallo tienen 15,1% de elongación y 9,99 N/mm² de módulo Young.

Los prototipos de diseño envase automontable en base cuadrada con doble base es la mejor opción tecnológica, y soporta una fuerza de compresión de 51,77 N/mm² para las dimensiones de 1 Kg y de 16,27 N/mm² para ¼ Kg de capacidad.

El análisis económico, arroja un costo unitario de producción de 0,70, 0,40 y 0,20 centavos de sol por capacidad del envase automontable 1 Kg, ½ Kg y ¼ Kg respectivamente, y un costo unitario de venta de 0,90, 0,50 y 0,30 centavos de sol por capacidad del envase automontable 1 Kg, ½ Kg y ¼ Kg.

RECOMENDACIONES

Dado que en el presente trabajo se caracterizaron las propiedades físico mecánicas del seudotallo del cultivo de plátano de la variedad inguiri por su valor comercial, para futuras investigaciones incluir las otras variedades existentes por su similitud como el banano seda de la región Norte, la misma puede ampliar la disponibilidad de material para la fabricación de envases automontables para cubrir la demanda en reemplazo de la bolsa almaciguera plástica.

Los residuos generados (corazón del seudotallo y recorte de laminados) en la etapa de elaboración de envases automontables se deben realizar investigaciones de aplicación en alimentos para humanos y/o en la fabricación de casilleros de huevos.

Realizar un estudio o plan de negocio autogestionado por los agricultores y/o empresa para aprovechar los residuos del sector agrícola.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Alata, E. M., & Cuadros, Y. B. (2017). *Formulación y Evaluación Físico Mecánica de Películas, films biodegradables en base a residuos cítricos y celulosa bacteriana*. Arequipa - Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
- Álvarez, E., Pantoja, A., Ceballos, G., & Gañán, L. (Agosto de 2013). Produccion de lixiviado de raquis de plátano en el eje cafetero de Colombia. *Centro Internacional de Agricultura Tropical*, 1-6. Recuperado el 25 de Noviembre de 2020
- Alzate Castillo, A. M. (2019). *Diseño de empaques biodegradables y compostab*. Tesis para titulo, Universidad Católica de Pereira, Bogota, Pereira. Recuperado el 27 de Nombriembre de 2020
- Ambiente, M. d. (2018). *En Perú usamos demasiado plástico innecesario*. Lima. Obtenido de <http://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/ministradel-ambiente-en-peru-usamos-demasiado-plastico-innecesario/>
- Arroyave, D. C. (17 de Abril de 2018). *Adiós a los plásticos, en Colombia los fabrican con hojas de plátano*. Obtenido de ELNotiCOM: <https://elnoti.com/adios-los-platos-plasticos-colombia-los-fabrican-hojas-platano/>
- ASTM, F.-9. (2001). Standar Test Method for abrasion Resistance of transparent Plastic and coatings Using the oscillating Sand Method. *West Conshohocken: ASTM International*.
- Ballesteros, L. V. (2014). *Los bioplásticos como alternativa verde y sostenible de los plásticos basado en petróleo*. Universidad de San Buenaventura, Valle del cauca - Colombia, Santiago de Cali.
- Blasco, G., & Gómez, F. J. (27 de Nobriembre de 2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). *Revista Médica Universidad Veracruzana*, 22-26. Recuperado el 1 de Noviembre de 2019, de https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf
- Canto, B. B., & Castillo, G. M. (2011). Un mil usos: el plátano. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*, XXIV(1). Recuperado el 2 de Noviembre de 2019, de <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num1/articulos/platano/>

- Capsule. (2009). *Claves de Diseño*. Packing 01, Barcelona.
- Cárdenas, E., Castillo, N., Zúñiga, F., Espinoza, M., Moscoso, L., Bullón, L., . . . Figueredo, F. (2012). *El cultivo de plátano. Manual técnico*. (M. P. S., Ed.) Lima, Perú: desco.
- Casey, J. (1991). Pulpa y papel. (Limusa, Ed.) *Química y tecnología química*, 2, 197-380.
- Casey, J. P. (1990). Pulpa y papel. (Limusa, Ed.) *Química y tecnología química*, 1, 50-200.
- Casey, J. P. (1991). Papel y Pulpa. (Limusa, Ed.) *Química y tecnología química*, 3, 321-484.
- Castellanos, C. (2009). *Creación de marca y diseño de empaque genéricos para la planta de deshidratación de frutas PRODESOL*. Tesis de grado, Universidad Jose Matias Delgado, Antigua Guatemala.
- Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., Nuñez, N., & Peñaloza, S. (2015). Bioplástico a base de cáscara de plátano. *Revista científica*. S.V, 1, 36-37 p.
- Dacaya. (16 de Noviembre de 2010). *Yacada*. Obtenido de Obtenido : <http://yacada11.blogspot.com>
- Dominguez, B. M. (2016). *Desarrollo y caracterización de películas biodegradables a base de Quitosano, Alcohol de polivinilo y Mucílago de Nopal para la conservación de fresa*. Querétaro, México.
- ECOEMBES. (2015). *Diagnóstico de envases y sistemas de envasado*.
- ECOEMBES. (2016). *Cuaderno técnicos de envases y ecodiseños*. Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de <https://www.ecoembes>.
- Espasa-Calpe. (2001). *Diccionario de la Lengua española*. Madrid-España.
- Fernández, A. (1995). *El banano en Ecuador*. Guayaquil: CSC.
- Fonseca, M. (2006). *Determinación de la composición química de la madera pino candelillo procedente de la finca Río Frío, Tactic, Alta Verapaz*. tesis de pregrado, Guatemala.
- García, Y. V. (2008). *Elaboración de películas de almidón oxidado de plátano (Musa Paradisiaca L.) por extrusión y su caracterización parcial*. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Mexico, Yautepec.

- Gong, H. (2007). Características de la madera y los métodos de almacenamiento de residuos de porpla, Tableros de madera china "Papeles kraft de tallos de plátano". *India Pulp and Paper*, 14(3), 29-30 p.
- Guzhñay Guapacasa, E. d. (2017). *Análisis del uso de la hoja de plátano (musa paradisíaca) en la gastronomía del cantón General Antonio Elizalde (Bucay)*. guayaquil.
- Haro, A. J., Borja, A. E., & Triviño, S. Y. (1 de Mayo de 2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 3(2), 506-525 p. doi:<https://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.2.esp.506-525>
- INEI. (2018). *Producción Nacional*. Informe Técnico, Instituto Nacional de Estadística e Informática. Recuperado el 1 de Noviembre de 2019, de <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-de-produccion.pdf>
- INFOMUSA. (1994). Producción industrial de papel en base a la fibra del banano. *Extracto de Earth Newsletter*, 5(1), 22.
- Kober, G. (2012). Flexión mecánica. *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/kober36/flexion-mecanica>.
- Kun, L., Huaiyu, D., Huaiyu, F., Zhan, U., & Lucian, A. (2010). *Analysis of the chemical composition an morphological structure of banana pseudo stem*. Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh. Departamento de Madera y Papel Ciencia.
- Lopez Bermudez, D. A. (21 de octubre de 2018). Colombia y la cruzada mundial contra el plástico de uso único. Obtenido de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/colombia-y-la-cruzadamundial-contra-el-plastico-de-uso-unico-286496>
- Mariano. (27 de Junio de 2011). *Tecnología de los Plásticos*. . Obtenido de PROPIEDADES MECANICAS: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/propiedades-mecánicas.html>
- Martín, L. (2013). Packaging sostenible, cambiar por fuera para cambiar por dentro. *Compromiso Empresarial*.

- Martínez, S. I. (2009). *Cartón corrugado pruebas a productos terminados*. Politécnico Nacional escuela superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica, Azcapotzalco. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/3988/1/CARTONCORRUGADO.pdf>
- Muñoz, J. M. (2014). *Evaluación, caracterización y optimización de un bioplástico a partir de la combinación de almidón de maíz, yuca y glicerol en sus propiedades físicas y mecánicas*. Tesis para Titulación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3366/1/AGI-2014-T033.pdf>
- OEEE-MINAG. (2018). *Base de Datos de información Agrícola*. Informe de Producción Agrícola, Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos. Recuperado el 3 de Noviembre de 2019, de <https://www.gob.pe/minagri>
- Obregón, A. F., Arce, T., & Vela, R. S., Garcia, J. (2018). *Viabilidad técnica de envases biodegradables automontables a partir del seudotallo del plátano como alternativa ecológica a las bolsas almacigueras*. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, San Martín. Tarapoto: Proyecto de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico 024-2018-FONDECYT-BM-IADT-MU, Financiado por FONDECYT.
- Ordoñez Pineda, K. L., & Sepúlveda Monroy, C. (2019). *Caracterización físico química de los residuos del Plátano y el café para su posible uso como materia prima en la Fabricación de Papel*. Tesis para Título de Tecnólogo en saneamiento ambiental, Universidad Distrital Francisco José de ca, Bogotá.
- Pereyra, C. M. (17, 18 y 19 de Octubre de 2018). Obtención y caracterización de almidón químicamente modificado de arroz. *Jornada de Jóvenes Investigadores AUGM*, 1-12. Obtenido de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/13332/27-agroalimentos-pereyra-florenia-uner.pdf
- Perez, M. R., & Martínez, G. (2008). *Evaluación del efecto antioxidante de un extracto de musa paradisiaca L. Estudio in vitro*. Universidad de la Habana, Cuba.
- Pizá, H., Rolando, S., Ramirez, C., Villanueva, S., & Zapata, A. (2017). *Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura, Perú*. Piura.
- QuimiNet. (27 de abril de 2006). *Tipos de adhesivos según su origen*. Obtenido de QuimiNet: <https://www.quiminet.com/articulos/tipos-de-adhesivossegun->

- Ríos, K. S. (2019). *Diseño de un envase orgánico biodegradable: una contribución a la sostenibilidad en el ámbito del take away*. Tesis de Grado, Universidad Politécnica de València. Recuperado el 27 de Noviembre de 2020
- Robles, M. (1996). *Diseño Gráfico de envases, guía y metodología*. Universidad Iberoamericana.
- Rodríguez, N. (2017). *Manejo de residuos en la agroindustria cafetera y Platanera*. Guayaquil.
- Sarantópoulos, C. I., Oliveira, L. M., Padula, M., Coltro, L. A., & Garcia, E. E. (2002). *Embalagens Plásticas Flexíveis. Principais Polímeros e Avaliação de Propriedades*.
- Secretaria de fomento agropecuario. (2016). *Anuario Estadístico*. Colombia: dap boyaca. Obtenido de https://www.dapboyaca.gov.co/descargas/anuarios/2015/ANUARIO_ESTADISTICO
- Sobral, P., Ocuno, D., & Savastano, H. (1998). Preparo de proteínas miofibrilares de carne e elaboração de biofilmes com dois tipos de ácidos: propriedades Mecânicas. *Journal Food Technology*, 1(1-2), 44-52 pp.
- Song, X., He, G., Ruan, H., & Chen, Q. (2006). Preparation and properties of octenyl succinic anhydride modified Early Indica rice starch. *Starch - Stärke*(58), 109-117.
- Tinajero, A. (2018). *Diseño experimental de mobiliario para el sector de ecoturismo empleando los desechos del pseudotallo del banano de las plantaciones de Mindo*. Ecuador: PUCE.
- Torregrosa, B. M. (2016). *Caracterización de películas biodegradables con la incorporación de un agente de biocontrol*. Valencia : Universidad politècnica de valència escola tècnica superior d'enginyeria agronòmica i del medi natural.
- Torres, N. (2013). Experimentación tecnológica de la fibra de banano aplicada en el diseño de objetos. *Informador Técnico*, 3(80).
- Trujillo, C. R. (2014). *Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) Doblemente modificado para uso en empaque de alimentos"*. Puerto Maldonado - Perú: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Valenzuela, A., Huari, R., & Romero, J. (2017). Fabricación de plásticos biodegradables a base de cáscara y refuerzos con fibras de la hoja de plátano. *Studocu*, 1-10 p.

Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/aliat-universidades/quimica/fabricacion-de-plasticos-biodegradables-a-base-de-cascaras-y-refuerzos-con-fibras-de-la-hoja-de-platano/5122060>

- Vidales, D. (1995). *El mundo del envase. Manual para el diseño y producción de envases y embalajes*. México.
- Viola, E. (2007). *La Calidad de una obra*. Proyecto Editorial del Centro de Estudiantes de la Sociedad Central de Arquitectos. Nobuko: D. Silberfaden.
- Vivian, H. (2017). *Innovación en textiles Sustentables: Bannana fibre*. Obtenido de <https://fashionunited.es/noticias/moda/innovacion-en-textiles-sustentables-banana-fibre/2017090824373>.
- Ward, I., & Hardley, D. (1998). *An introduction to the mechanical properties of solid polymers*. John Wiley & Sons, Great Britain.
- Ward, I., & Sweeney, J. (2004). *"An Introduction to Mechanical Properties of Solid Polymers,"*. Second Edition ed. vol. 1 Cornwall: John Wiley & Sons.
- Xu, F., Sun, R., Lu, P., & Jones, G. (2006). Estudio comparativo de la anatomía y distribución lignina en la madera normal y la tensión de gordejecis Salix. *Ciencia y Tecnología de la madera*, 40, 358-370 p.

ANEXOS

Anexo A: Análisis estadístico de elongación (%) de las fibras secas delseudotallo

Fibras de Seudotallo de Plátano en las dos direcciones (Vertical y Horizontal) con sus respectivas dimensiones en el espesor (Delgado, Mediano y Grueso).

Tratamiento Orientación Fibra	%Elongación			Xi	Promedio X
	Delgado	Mediano	Grueso		
Fibra Vertical	9.19	10.19	9.25	28.63	9.54
Fibra Horizontal	26.83	14.9	9.13	50.86	16.95
Yi	36.02	25.09	18.38		
Promedio Y	18.01	12.545	9.19		

Análisis de varianza (ANOVA) para el % de Elongación de las fibras deseudotallo usando programa estadístico Minitab español-2017

N	6
K	2
B	3

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados medios	F Calculada	F Tabulada	Significancia
Tratamiento	1	79.28	79.28	1.880	18.51	Si
Bloques	2	82.36	41.18	0.98	19	Si
Error	2	84.32	42.161			
Total	5	245.96				

Afirmativamente existe diferencia estadística significativa para $p < 0,05$.

Como hay diferencia significativa por la orientación de la Fibra con respecto a su espesor se hace la prueba de Tukey al 0,05

Prueba de Tukey:

$$DMS_{5\%} = Q_x \sqrt{\frac{CM_{error}}{n}}$$

Tukey (0.05;2;2) = **T_{tabla}**=6,08

DMS_{5%}=11,40

N	Valor	Resto	Diferencia	DMS _{5%}	Significancia
A	9,19	a-f	0,06	11,40	No
B	10,19	b-a	1	11,40	No
C	9,25	b-c	0,94	11,40	No
D	26,83	b-f	1,06	11,40	No
E	14,9	c-a	0,06	11,40	No
F	9,13	c-f	0,12	11,40	No
		d-a	17,64	11,40	Si
		d-b	16,64	11,40	Si
		d-c	17,58	11,40	Si
		d-e	11,93	11,40	Si
		d-f	17,7	11,40	Si
		e-a	5,71	11,40	No
		e-b	4,71	11,40	No
		e-c	5,65	11,40	No
		e-f	5,77	11,40	No

*Anexo B: Análisis estadístico en **Módulo de Young** (N/mm^2) de las fibras secas del seudotallo*

*Fibras de Seudotallo de Plátano en las dos direcciones (**Vertical y Horizontal**) con sus respectivas dimensiones en el espesor (**Delgado, Mediano y Grueso**).*

Tratamiento Orientación Fibra	Módulo de Young			Xi	Promedio X
	Delgado	Mediano	Grueso		
Fibra Vertical	666.55	687.73	353.29	1707.57	569.19
Fibra Horizontal	44.04	25.55	37.1	106.69	35.56
Yi	710.59	713.28	390.39		
Promedio Y	355.295	356.64	195.195		

Análisis de varianza (ANOVA) para el Modulo de Young de las fibras de seudotallo usando programa estadístico Minitab español-2017

N	6
K	2
B	3

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados medios	F Calculada	F Tabulada	Significancia
Tratamiento	1	34465.54	34465.54	1.923	18.51	Si
Bloques	2	427136.13	213568.06	11.91	19	Si
Error	2	35852.46	17926.228			
Total	5	497454.12				

Como existe significancia para el resultado de Modulo de Young debido a su orientación de la fibra en contra de sus espesores. $p < 0,05$

Como hay diferencia significativa la orientación de la Fibra, se hace la prueba de Tukey al 0,05

Prueba de Tukey:

$$DMS_{5\%} = Q_x \sqrt{\frac{CM_{error}}{n}}$$

Tukey (0.05;2;2) = **T_{tabla}**=6,08

DMS_{5%}=575,62

N	Valor	Resto	Diferencia	DMS_{5%}	Significancia
A=DV	666.55	a-c	313,26	575,62	No
B=MV	687.73	a-d	622,51	575,62	Si
C=GV	353.29	a-e	641	575,62	Si
D=DH	44.04	a-f	629,45	575,62	Si
E=MH	25.55	b-a	21,18	575,62	No
F=GH	37.1	b-c	334,44	575,62	No
		b-d	643,69	575,62	Si
		b-e	662,18	575,62	Si
		b-f	650,63	575,62	Si
		c-d	309,25	575,62	No
		c-e	327,74	575,62	No
		c-f	316,19	575,62	No
		d-e	18,49	575,62	No
		d-f	6,49	575,62	No
		f-e	11,55	575,62	No

Anexo C: Análisis estadístico %Perforación de la lámina seca del seudotallo formato Circular

Fibras de Seudotallo de Plátano en formato circular radio 5 cm con dimensiones en el espesor (Delgado, Mediano y Grueso).

Muestra Diámetro Circular (cm)	REPETICIONES (%PERFORACIÓN)				Yi	Promedio Yi
	I	II	III	IV		
Grueso	77,1297	76,7402	76,2955	76,6359	306,8013	76,7003
Mediano	75,9539	75,5993	75,9938	76,2053	303,7523	75,9381
Delgado	75,7665	75,8024	76,1614	75,4255	303,1558	75,7890

Análisis de varianza (ANOVA) para el % de Perforación de las fibras de seudotallo formato circular de medición en resistencia se utilizó el programa estadístico Minitab español-2017

N 12

K 3

R 4

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados medios	F Calculada	F Tabulada	Significancia
Tratamiento	2	1.911823625	0.955911813	10.5558225	4.45897011	No
Error	9	0.815019985	0.090557776			
Total	11	2.72684361				

No se encontró diferencia estadística significativa para $p < 0,05$.

Anexo D: Análisis estadístico %Elongación de las láminas Engomados (Goma Común/sintética; Goma de Arroz y Goma Arroz +10%Resina) con tratamiento de ajuste de rodillo de laminadora (0,5;0,4 y 0,3 mm)

Material Engomado	%Elongación-Ajuste rodillado (mm)			X _i	Promedio X _i
	0,5	0,4	0,3		
Goma Común	18.13	16.23	14.56	48.92	16.31
Goma de Arroz	10.32	10.42	9.72	30.46	10.15
Goma Arroz+10%Resina	13.62	14.12	15.13	42.87	14.29
Y_i	42.07	40.77	39.41		
Promedio Y_i	14.02	13.59	13.14		

Análisis de varianza (ANOVA) usando programa estadístico Minitab español-2017

N	9
K	3
B	3

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	F Tabulada	Significancia
Tratamiento	2	1.179	0.58973333	0.35356422	6.9442719	No
Bloques	2	59.0424667	29.5212333	17.6989348	6.9442719	Si
Error	4	6.672	1.66796667			
Total	8	66.8938				

Como hay diferencia significativa por el ajuste de rodillado por la goma a utilizar, se hace la prueba de Tukey al 0,05

*Prueba de comparaciones múltiples para la interacción Tratamientos*bloques al 95%*

Prueba de Tukey:

$$DMS_{5\%} = Q_x \sqrt{\frac{CM_{error}}{n}}$$

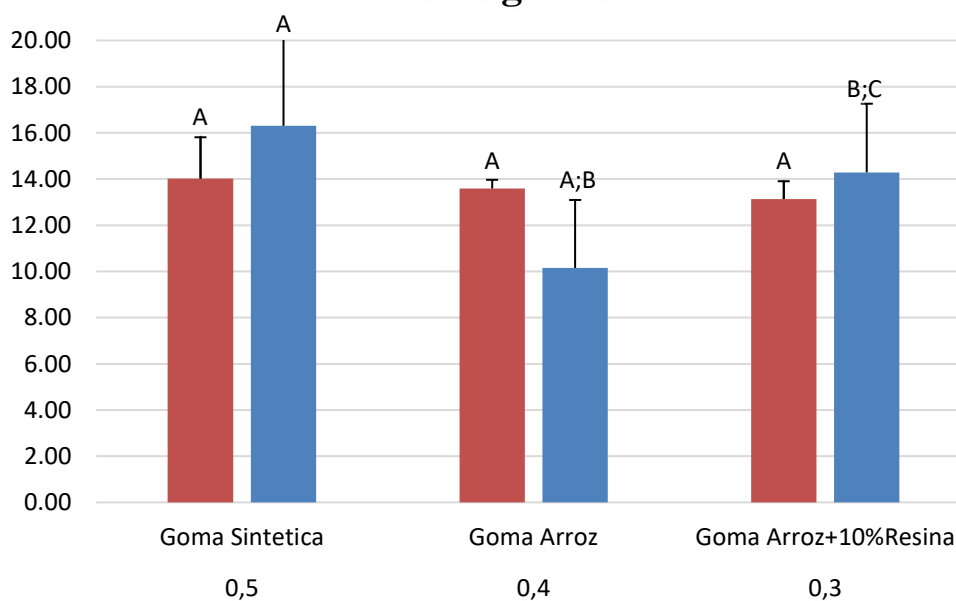
Tukey (0.05;3;4) = $T_{tabla}=5,04$

$DMS_{5\%}=3,76$

Rodillado	Engomado	Media R. A	DSM R. A	Media E.	DSM E.
Ajuste					
0,5	Goma Común	14.02	3.92059	16.31	1.78623
0,4	Goma Arroz	13.59	2.94104	10.15	0.37859
0,3	Goma Arroz+10% Resina	13.14	2.97261	14.29	0.76922

R. A	C	B	A	DMS _{5%}	Significancia	Retorno	E.	B	C	A	DMS _{5%}	Significancia	Retorno
0,5	0,89	0,45	0,00	3,76	No	a	a	6.15	2.02	0	3,76	Si	a
0,4	0,45	0,00		3,76	No	a	b	4.14	0		3,76	Si	a, b
0,3	0,00			3,76	No	a	c	0.00			3,76	No	b, c

DBCA %Elongacion



Anexo E: Análisis estadístico Módulo de Young de las láminas Engomados (Goma Común/sintética; Goma de Arroz y Goma Arroz +10%Resina) con tratamiento de ajuste rodillo laminadora (0,5;0,4 y 0,3 mm).

Material Engomado	Módulo de Young-Ajuste rodillado (mm)			X _i	Promedio X _i
	0,5	0,4	0,3		
Goma Común	9.54	8.82	8.61	26.97	8.99
Goma de Arroz	4.32	6.7	5.81	16.83	5.61
Goma Arroz+10%Resina	9.5	10.32	9.97	29.79	9.93
Y _i	23.36	25.84	24.39		
Promedio Y _i	7.79	8.61	8.13		

Análisis de varianza (ANOVA) usando programa estadístico Minitab español-2017

N	9
K	3
B	3

Fuente Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados medios	F Calculada	F Tabulada	Significancia
Tratamiento	2	1.0349	0.517433333	0.77467811	6.94427191	No
Bloques	2	30.9704	15.4852	23.1837509	4.45897011	Si
Error	4	2.6717	0.667933333			
Total	8	34.677				

Como hay diferencia significativa por el ajuste de rodillado por la goma a utilizar, se hace la prueba de Tukey al 0,05

*Prueba de comparaciones múltiples para la interacción Tratamientos*bloques al 95%*

Prueba de Tukey:

$$DMS_{5\%} = Q_x \sqrt{\frac{CM_{error}}{n}}$$

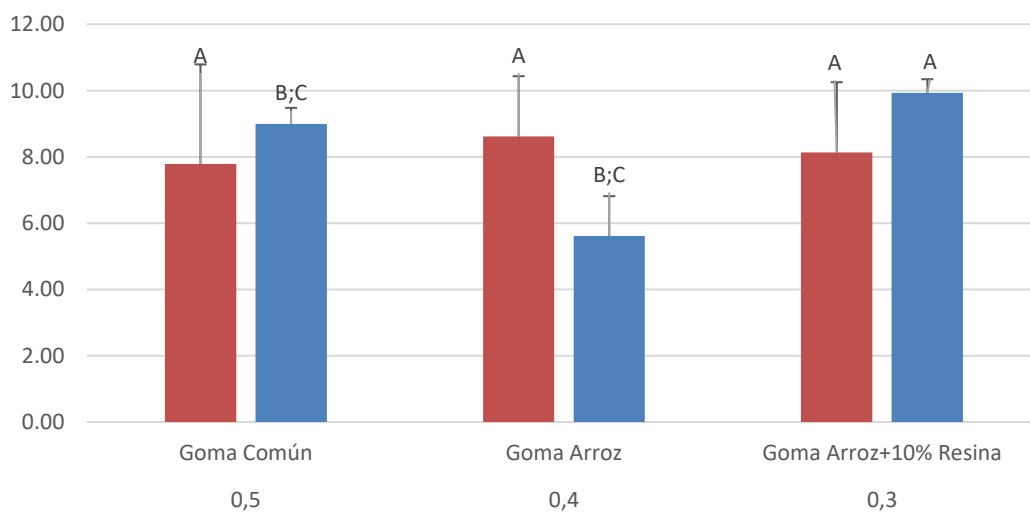
Tukey (0.05;3;4) = **T**_{tabla}=5,04

DMS_{5%}=3,76

Rodillado	Engomado	Media R. A	DSM R. A	Media E.	DSM E.
Ajuste					
0,5	Goma Común	14.02	3.92059	16.31	1.78623
0,4	Goma Arroz	13.59	2.94104	10.15	0.37859
0,3	Goma Arroz+10% Resina	13.14	2.97261	14.29	0.76922

R. A	A	C	B	DMS _{5%}	Significancia	Retorno	E.	B	A	C	DMS _{5%}	Significancia	Retorno
0.4	0.83	0.48	0.00	3,76	No	a	c	4.32	0.94	0	3,76	Si	a
0.3	0.34	0.00		3,76	No	a	a	3.38	0		3,76	Si	a, b
0.5	0.00			3,76	No	a	b	0			3,76	No	b, c

DBCA Modulo de Young



Anexo F: Datos post-elemental para los cálculos para la resistencia mecánica de las muestras de fibras secas deseudotallo.

FIBRA SEUDOTALLO

G = GRUESO

M = MEDIA

D = DELGADO

					x	y	x*y
Nª	mediciones	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor Prom (mm)	Ancho (mm)	Area Transversa mm2
G.Vertical	1	0.9	1	0.9	0.933333333	14	13.06666667
	2	0.9	0.9	0.9	0.9	14	12.6
	3	0.8	0.7	0.9	0.8	14	11.2
	4	0.7	0.8	0.8	0.766666667	14	10.73333333
G. Vertical Promedio					0.85	14	11.9
M.Vertical	1	0.4	0.42	0.4	0.406666667	14	5.693333333
	2	0.5	0.5	0.39	0.463333333	14	6.486666667
	3	0.5	0.35	0.51	0.453333333	14	6.346666667
	4	0.4	0.5	0.42	0.44	14	6.16
M. Vertical Promedio					0.440833333	14	6.171666667
D.Vertical	1	0.3	0.31	0.32	0.31	14	4.34
	2	0.25	0.28	0.35	0.293333333	14	4.106666667
	3	0.3	0.32	0.29	0.303333333	14	4.246666667
	4	0.23	0.3	0.27	0.266666667	14	3.733333333
D. Vertical Promedio					0.293333333	14	4.106666667
G. Horizontal	1	0.5	0.53	0.57	0.533333333	9	4.8
	2	0.6	0.59	0.59	0.593333333	9	5.34
	3	0.5	0.52	0.54	0.52	9	4.68
	4	0.5	0.54	0.56	0.533333333	9	4.8
G. Horizontal Promedio					0.545	9	4.905
M.Horizontal	1	0.4	0.47	0.41	0.426666667	9	3.84
	2	0.4	0.45	0.42	0.423333333	9	3.81
	3	0.3	0.35	0.4	0.35	9	3.15
	4	0.3	0.32	0.39	0.336666667	9	3.03
M. Horizontal Promedio					0.384166667	9	3.4575
D. Horizontal	1	0.2	0.23	0.21	0.213333333	9	1.92
	2	0.2	0.22	0.2	0.206666667	9	1.86
	3	0.2	0.25	0.23	0.226666667	9	2.04
	4	0.2	0.21	0.24	0.216666667	9	1.95
D. Horizontal Promedio					0.215833333	9	1.9425

Anexo G: Datos y cálculos de Resistencia de Elongación y Módulo Young utilizando Texturómetro (Marca Brookfield) con las muestras de fibras secas deseudotallo.

Nº de Tratamientos	Mediciones	A	B	Pico de Carga (N)	Sección Transversal (mm ²)	Resistencia a la tensión (N/mm ²)	%Elongación(B/A) x100	Módulo de Young (N/mm ²)
		Separación mordazas (mm)	Elongación Longitud (mm)					
G. Vertical	1	40	3.3	349.05	13.06666667	26.7130102	8.25	323.7940631
	2	40	4.6	414.1	12.6	32.86507937	11.5	285.7832988
	3	40	3.8	381.2	11.2	34.03571429	9.5	358.2706767
	4	40	3.1	411.2	10.73333333	38.31055901	7.75	494.3297936
G. Vertical PROMEDIO			3.7	388.8875	11.9	32.67962185		353.2932092
M. Vertical	1	40	4.3	477.2	5.693333333	83.81733021	10.75	779.696095
	2	40	2.6	319.6	6.486666667	49.27029805	6.5	758.0045853
	3	40	4	426.85	6.346666667	67.25577731	10	672.5577731
	4	40	5.4	505.95	6.16	82.13474026	13.5	608.4054834
M. Vertical PROMEDIO			4.075	432.4	6.171666667	70.0621118		687.7262508
D. Vertical	1	40	3.5	321.7	4.34	74.12442396	8.75	847.1362739
	2	40	4.8	347.5	4.106666667	84.61850649	12	705.1542208
	3	40	4	194.8	4.246666667	45.87127159	10	458.7127159
	4	40	2.4	141.95	3.733333333	38.02232143	6	633.7053571
D. Vertical PROMEDIO			3.675	251.4875	4.106666667	61.23883929		666.5451895
G. Horizontal	1	75	13	19.3	4.8	4.020833333	17.33333333	23.19711538
	2	75	12.9	16.95	5.34	3.174157303	17.2	18.45440293
	3	75	0.7	15.65	4.68	3.344017094	0.933333333	358.2875458
	4	75	0.8	14.59	4.8	3.039583333	1.066666667	284.9609375
G. Horizontal PROMEDIO			6.85	16.6225	4.905	3.388888889		37.10462287
M. Horizontal	1	75	10.1	13.25	3.84	3.450520833	13.46666667	25.62267946
	2	75	7.3	11.5	3.81	3.018372703	9.733333333	31.01067846
	3	75	15.9	14.35	3.15	4.555555556	21.2	21.4884696
	4	75	11.4	13.55	3.03	4.471947195	15.2	29.42070523
M. Horizontal PROMEDIO			11.175	13.1625	3.4575	3.806941432		25.54994249
D. Horizontal	1	100	25	23.55	1.92	12.265625	25	49.0625
	2	100	29	24.9	1.86	13.38709677	29	46.16240267
	3	100	26.5	23.4	2.04	11.47058824	26.5	43.28523862
	4	100	26.8	19.95	1.95	10.23076923	26.8	38.17451206
D. Horizontal PROMEDIO			26.825	22.95	1.9425	11.81467181		44.04351096

TEST	TENSIÓN
TIGGER	0.45 N
DEFORMACION	30 mm
SPEED	1 mm/s

Anexo H: Datos de Resistencia a la %Perforación de las láminas secas del pseudotallo en formato circular radio 5 cm utilizando Texturómetro (Marca Brookfield).

TEST	NORMAL	FORMULA PARA %DEFORMACIÓN POR PERFORACION (H)
TIGGER	0.45 N	$H = \sqrt{\frac{(b^2 + a^2)}{c}} \times 100$
DEFORMACIÓN	15 mm	
SPEED	1 mm/s	

Nº de Tratamientos	mediciones	c		Pico de Carga (N)	b		H
		Distancia (mm)	Radio (mm)		Deformacion (mm)	trabajo (mJ)	%Perforación
G. CIRCULAR	1	40	30	80.95	7.2	312	77.1298
	2	40	30	84.9	6.5	335.5	76.7402
	3	40	30	73.75	5.6	273	76.2955
	4	40	30	55.6	6.3	210	76.6359
G PROMEDIO				73.8	6.4	282.625	76.7003
M.CIRCULAR	1	40	30	56.3	4.8	169	75.9539
	2	40	30	91.1	3.8	308.5	75.5993
	3	40	30	80.35	4.9	282.5	75.9938
	4	40	30	88	5.4	313	76.2053
M PROMEDIO				78.9375	4.725	268.25	75.9381
D.CIRCULAR	1	40	30	80.75	4.3	207.5	75.7665
	2	40	30	74.75	4.4	173	75.8024
	3	40	30	80.05	5.3	205.5	76.1614
	4	40	30	59.75	3.2	133	75.4255
D PROMEDIO				73.825	4.3	179.75	75.7889

Anexo I: Datos de lectura de la Resistencia Elongación y Módulo de Young de láminas

Engomado (Ajuste de Rodillo) utilizando laminadora (marca Fraclen).

N ^a	mediciones	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor Prom (mm)	Ancho (mm)	Área Transversal mm ²
Goma comun	1	0,5	0,43	0,48	0,47	13	6,11
	2	0,52	0,51	0,42	0,483333333	13	6,28
	3	0,48	0,45	0,49	0,473333333	13	6,15
	4	0,35	0,38	0,41	0,38	13	4,94
G. Vertical PROMEDIO					0,451666667	13	5,872
Goma Arroz	1	0,4	0,42	0,4	0,406666667	13	5,29
	2	0,5	0,5	0,39	0,463333333	13	6,02
	3	0,5	0,35	0,51	0,453333333	13	5,89
	4	0,4	0,5	0,42	0,44	13	5,72
M. Vertical PROMEDIO					0,440833333	13	5,731
Goma Arroz +10% resina	1	0,3	0,31	0,32	0,31	13	4,03
	2	0,25	0,28	0,35	0,293333333	13	3,81
	3	0,3	0,32	0,29	0,303333333	13	3,94
	4	0,23	0,3	0,27	0,266666667	13	3,47
D. Vertical PROMEDIO					0,293333333	13	3,813

N ^a de Tratamientos	mediciones	Elongación Longitud (mm)	Pico de Carga (N)	Sección Transversal (mm ²)	Resistencia a la tensión (N/mm ²)	%Elongación(B/A) x100	Módulo de Young (N/mm ²)
Goma Común	1	19,1	22,05	6,11	3,6088	31,833	11,337
	2	4,70	4,75	6,283	0,7560	7,833	9,651
	3	1,70	2,95	6,153	0,4794	2,833	16,921
	4	18	10,85	4,94	2,1964	30	7,321
PROMEDIO		10,875	10,15	5,8717	1,7286	18,125	9,537
Goma Arroz	1	6,40	4,25	5,287	0,8039	10,667	7,537
	2	6,20	4,20	6,023	0,6973	10,333	6,748
	3	5,40	2,70	5,893	0,4581	9	5,090
	4	7	4,85	5,72	0,8479	11,667	7,268
PROMEDIO		6,25	4	5,7308	0,6980	10,417	6,701
Goma Arroz +10% resina	1	4,30	1,80	4,03	0,4467	7,167	6,232
	2	12,40	9,85	3,813	2,5830	20,667	12,499
	3	14	6,90	3,943	1,7498	23,333	7,499
	4	5,60	4,45	3,467	1,2837	9,333	13,753
PROMEDIO		9,075	5,75	3,8133	1,5079	15,125	9,969

Anexo J: Fotos de la parte experimental del trabajo de investigación.



a. Materia prima elemental para la investigación (Seudoallos recién cortadas)



b. Seudoallos capa por capa separadas y cortadas a las dimensiones de la estufa.



c. Seudoallos dentro de la estufa a 60 °C por 24 horas.



d. Capa del seudoallos seco y listo para la primera pasada a la laminadora de rodillos.



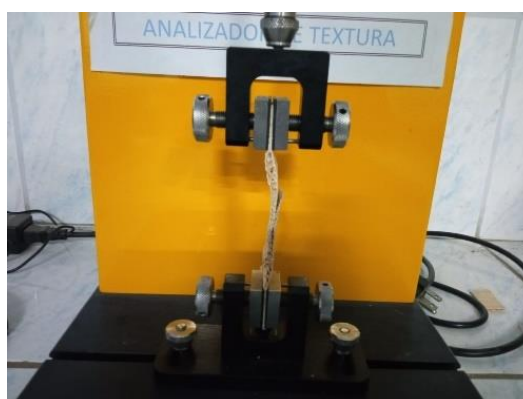
e. Uniformidad de las capas del seudotallo seco.



f. Incorporación del adhesivo (Sintético, natural de almidón de arroz y un combinado con resina del mismo corazón del Platanal).



g. Segunda uniformidad a las láminas ya engomadas al laminador de rodillos.





h. Realización de pruebas mecánicas y también los cortes respectivos para el ensamblamiento del envase.



i. Ensamblado del envase automontable en sus diferentes presentaciones en capacidad.



j. Envase ecológico como alternativa a los usos de plásticos en almacigueras.

Obtención de láminas del seudotallo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) para el diseño de envases almacigueras en formato automontables

por Patrick Abner Obregón García

Fecha de entrega: 29-ago-2023 12:28p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2153579135

Nombre del archivo: TESIS_MAESTRIA_REVISADO_28.08.23.docx (8.85M)

Total de palabras: 16668

Total de caracteres: 89941

Obtención de láminas del seudotallo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) para el diseño de envases almacigueras en formato automontables

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

Fuente de Internet

2%

3

api.ning.com

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.uptc.edu.co

Fuente de Internet

1%

5

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

6

www.slideshare.net

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.ucp.edu.co

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%