



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

## **INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

**“OBTENCIÓN DE UN ADHESIVO NATURAL A PARTIR DE  
LA CÁSCARA DE JACA”**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO QUÍMICO**

Autor:

**JHONNY GEOVANNY CASTRO SARANGO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2017**

## RESUMEN

El presente trabajo pretende generar un campo de investigación en la obtención de un adhesivo natural a partir de una de las variedades de fruta poco conocidas en nuestro país como es la jaca o jackfruit (nombre científico: *Artocarpus heterophyllus*), la misma que se desarrolla generalmente en ambientes tropicales. En Ecuador no se han realizado estudios relacionados al aprovechamiento de la cáscara de jaca; por ello, este proyecto se lo realizó con la finalidad de comprobar la extracción de adhesivo natural y proponer su utilización entre diferentes sustratos.

Para el proyecto se tomaron muestras de cáscara de la jaca, para la ejecución de métodos que permitieron la extracción del adhesivo mediante prensado manual y por extracción alcohólica (utilizando etanol 96%), determinando a este último como el método con mayor porcentaje de rendimiento. La evaluación del adhesivo obtenido se realizó a temperatura de laboratorio con ensayos de adhesividad que permitieron evaluar sus propiedades adhesivas entre diferentes sustratos utilizados: papel-papel, papel-cartón, cartón-cartón, papel-acrílico, mostrando que con el ensayo cartón-cartón se obtuvieron mejores resultados. Posteriormente, se procedió a determinar el contenido de humedad (34%) y cenizas (7%) del adhesivo natural obtenido.

**Palabras claves:** *Artocarpus heterophyllus*, extracción, adhesivo, sustrato.

## ABSTRACT

The present work aims to generate a field of research in obtaining a natural adhesive from one of the varieties of fruit little known in our country, such as jackfruit (scientific name: *Artocarpus heterophyllus*), the same that develops generally in tropical environments.

In Ecuador, there have been no studies related to the use of the jaca shell; therefore, this project was carried out with the purpose of verifying the extraction of natural adhesive and proposing its use among different substrates.

For the project, samples were taken from the shell of the jackfruit, for the execution of methods that allowed the extraction of the adhesive by manual pressing and by alcohol extraction (using 96% ethanol), determining the latter as the method with the highest percentage of yield. The evaluation of the adhesive obtained was done at laboratory temperature with adhesivity tests that allowed to evaluate its adhesive properties between different substrates used: paper-paper, paper-cardboard, cardboard-paperboard, acrylic-paper, showing that with the paperboard-carton test better results were obtained. Subsequently, the moisture content (34%) and ashes (7%) of the obtained natural adhesive were determined.

**Keywords:** *Artocarpus heterophyllus*, extraction, adhesive, substrate.

## DEDICATORIA

A Dios,

A mi madre y hermano

A mi esposa e hijos

Por su sacrificio y apoyo  
incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco:

A Dios Todopoderoso, a mi familia y en general a todos quienes hicieron posible llevar a cabo este proyecto.

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente a:

Jhonny Geovanny Castro Sarango

Y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.”

Jhonny Geovanny Castro Sarango

## ACRÓNIMOS O SIGLAS

**ASTM:** American Society for Testing and Materials

**ISO:** International Organization for Standardization

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>PÁGINA</b>
RESUMEN	
ABSTRACT	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO .....	i
DECLARACIÓN EXPRESA .....	ii
ACRÓNIMOS O SIGLAS .....	iii
TABLA DE CONTENIDO .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
1. MARCO TEÓRICO .....	4
1.1 Jaca ( <i>Artocarpus heterophyllus</i> ).....	4
1.1.1 Características .....	4
1.1.2 Partes principales y Composición .....	5
1.1.3 Zonas de producción nacional .....	7
1.1.4 Usos como alimento.....	8
1.1.5 Otros usos.....	9
1.2 Adhesivo .....	11
1.2.1 Factores que influyen en la adhesión.....	13
1.2.2 Teorías sobre la Adhesión .....	14
1.2.3 Clasificación de los adhesivos .....	17
1.2.4 Componentes de un adhesivo.....	22
1.2.5 Ventajas y beneficios de los adhesivos.....	22
1.2.6 Desventajas e inconvenientes de los adhesivos .....	23
1.2.7 Aplicaciones de los adhesivos .....	25
1.2.8 Ensayos en adhesivos y uniones adhesivas.....	26
1.2.9 Normativas de referencia .....	30
2. METODOLOGÍA .....	33
2.1 Localización de la investigación .....	33
2.2 Tipo de investigación.....	33
2.3 Recolección del fruto .....	33

2.4 Extracción del adhesivo por prensado manual.....	33
2.5 Extracción alcohólica del adhesivo .....	34
2.6 Caracterización física del adhesivo extraído .....	38
2.6.1 Ensayos de calidad del adhesivo .....	38
2.7 Ensayos de composición mineral y humedad al adhesivo .....	43
2.7.1 Determinación de humedad .....	43
2.7.1 Determinación de cenizas .....	44
2.8 Evaluación del costo beneficio de producción de la jaca .....	45
2.8.1 Requerimiento de materia prima (cáscara de la jaca) .....	45
2.8.2 Mano de obra empleada .....	45
2.8.3 Equipos y materiales para la extracción de adhesivo.....	46
2.8.4 Costo de elaboración .....	46
2.8.5 Precio de venta .....	46
3. RESULTADOS.....	48
3.1 Desarrollo del adhesivo natural.....	48
3.2 Obtención del adhesivo natural.....	48
3.3 Ensayos de calidad del adhesivo .....	48
3.3.1 Ensayo N° 1: Papel – Papel .....	48
3.3.2 Ensayo N° 2: Papel – Cartón.....	49
3.3.3 Ensayo N° 3: Cartón – Cartón.....	49
3.3.4 Ensayo N° 4: Papel – Acrílico.....	50
3.4 Ensayos de composición mineral y humedad al adhesivo .....	51
3.4.1 Determinación de humedad .....	51
3.4.2 Determinación de cenizas .....	51
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	54
4.1 Porcentaje de adhesivo obtenido de la cáscara de jaca .....	54
4.2 Determinación de humedad y cenizas .....	55
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	57
5.1 CONCLUSIONES .....	57
5.2 RECOMENDACIONES .....	58
REFERENCIAS.....	59
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
Figura 1.1. Árbol de jaca con frutos .....	4
Figura 1.2. Fruto de la jaca .....	4
Figura 1.3. Fruto abierto de la jaca .....	6
Figura 1.4. Semilla envuelta en el bulbo .....	6
Figura 1.5. Trozos de jaca sin madurar se hierven o fríen .....	9
Figura 1.6. Semillas de la jaca tostadas como nueces .....	9
Figura 1.7. Hojas de la jaca.....	9
Figura 1.8. Flores de la jaca.....	9
Figura 1.9. Unión adhesiva .....	11
Figura 1.10. Componente usado para mantener juntos los ladrillos .....	12
Figura 1.11. Fuerzas de adhesión y cohesión.....	12
Figura 1.12. La tensión superficial hace que se mantengan esféricas las gotas ..	13
Figura 1.13. Teoría mecánica de la adhesión .....	15
Figura 1.14. Ejemplos de diferentes mojados superficiales .....	15
Figura 1.15. Teoría de la difusión.....	16
Figura 1.16. Teoría electrostática.....	16
Figura 1.17. Adhesivos a base de cola de conejo.....	17
Figura 1.18. Adhesivos a base de colas de caseína .....	17
Figura 1.19. Adhesivos de 1 y 2 componentes .....	18
Figura 1.20. Estructura molecular de adhesivos .....	20
Figura 1.21. Adhesivo de presión.....	20
Figura 1.22. Adhesivo de poliuretano en construcción de puertas.....	21
Figura 1.23. Adhesivo de silicona .....	21
Figura 1.24. Aplicación de adhesivo anaeróbico en superficie de metal.....	22
Figura 1.25. Ventajas y beneficios de los adhesivos.....	23
Figura 1.26. Desventajas de los adhesivos.....	24
Figura 1.27. Aplicaciones de los adhesivos en vehículos .....	25
Figura 1.28. Ensayos destructivos .....	26
Figura 1.29. Ensayos no destructivos .....	27
Figura 1.30. Ensayos de envejecimiento .....	27

Figura 1.31. Modos de fallo de las uniones adhesivas.....	28
Figura 1.32. Unión adhesiva por ensayo de tracción .....	29
Figura 1.33. Unión adhesiva por ensayo de cortadura.....	29
Figura 1.34. Uniones adhesivas por ensayos de pelado.....	30
Figura 2.1. Equipo de prensado manual .....	34
Figura 2.2. Flujograma extracción del adhesivo .....	35
Figura 2.3. Lavado del fruto .....	36
Figura 2.4. Cáscara extraída del fruto.....	36
Figura 2.5. Pequeños trozos de cáscara cortados .....	36
Figura 2.6. Licuado de solución cáscara:agua .....	36
Figura 2.7. Solución cáscara:agua cernida .....	36
Figura 2.8. Filtrado resultante en estufa.....	36
Figura 2.9. Filtrado a centrifugar .....	36
Figura 2.10. Equipo centrifuga universal.....	36
Figura 2.11. Obtención del sobrenadante y eliminación del sedimento .....	37
Figura 2.12. Sobrenadante sometido a Baño María.....	37
Figura 2.13. Precipitación del adhesivo con etanol 96%.....	37
Figura 2.14. Filtración y eliminación del filtrado .....	37
Figura 2.15. Secado del adhesivo requerido.....	37
Figura 2.16. Flujograma ensayo de calidad del adhesivo .....	39
Figura 2.17. Muestra colocada en tablero del equipo .....	40
Figura 2.18. Proceso de presión con rodillo (Roll down).....	40
Figura 2.19. Equipo (Dinamómetro) para medir la fuerza de peel.....	40
Figura 2.20. Colocación de muestra en equipo (Dinamómetro) .....	40
Figura 2.21. Proceso de despegue de los materiales papel – cartón.....	40
Figura 2.22. Gráfica con la carga promedio en g/f (gramos / fuerza) .....	40
Figura 2.23. Proceso de presión con rodillo (Roll down).....	41
Figura 2.24. Muestra colocada en tablero del equipo .....	41
Figura 2.25. Equipo (Dinamómetro) para medir la fuerza de peel.....	41
Figura 2.26. Colocación de muestra en equipo (Dinamómetro) .....	41
Figura 2.27. Proceso de despegue de los materiales papel – cartón.....	41
Figura 2.28. Gráfica con la carga promedio en g/f (gramos / fuerza) .....	41
Figura 2.29. Muestra colocada en tablero del equipo .....	42

Figura 2.30. Proceso de despegue de los materiales cartón – cartón .....	42
Figura 2.31. Gráfica con la carga promedio en g/f (gramos / fuerza) .....	42
Figura 2.32. Proceso de despegue de los materiales papel – acrílico .....	42
Figura 2.33. Gráfica con la carga promedio en g/f (gramos / fuerza) .....	42
Figura 2.34. Crisol con muestra colocada en mufla .....	44
Figura 2.35. Crisol con muestra en desecador.....	44
Figura 2.36. Peso de crisol con muestra en balanza analítica .....	44
Figura 3.1 Resultados de ensayos del adhesivo .....	51
Figura 3.2 Resultados de composición mineral y humedad del adhesivo .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
Tabla 1 Taxonomía .....	5
Tabla 2 Valor alimenticio por 100 g de la porción comestible .....	7
Tabla 3 Rendimiento de adhesivo por prensado manual .....	48
Tabla 4 Rendimiento de adhesivo por extracción alcohólica .....	48
Tabla 5 Resultados de prueba de pelado Papel – Papel .....	49
Tabla 6 Resultados de prueba de pelado Papel - Cartón .....	49
Tabla 7 Resultados de prueba de pelado Cartón - Cartón .....	50
Tabla 8 Resultados de prueba de pelado Papel - Acrílico .....	50

## INTRODUCCIÓN

La jaca (*Artocarpus heterophyllus*) es un árbol que se adapta al clima húmedo-tropical, siendo cultivado en países como China, Malasia y las Indias Orientales, incidiendo en su producción, el clima y las prácticas de agricultura utilizadas [5].

Su cultivo tiene una gran adaptabilidad en nuestras zonas subtropicales, incluso con altas probabilidades de convertirse en un producto de exportación; sin embargo, es poco lo que se conoce ya que no representa una demanda significativa dentro del Ecuador.

Los batidos de esta fruta tienen como característica de presentar una mezcla de varios sabores como: banano, mango, durazno, melón, piña, naranja y kiwi. Del tamaño de una sandía, pero pariente de la guanábana, la jaca presenta características físicas y químicas que son de alto aprovechamiento a la industria alimenticia; sin embargo, esta fruta ha sido pobremente utilizada para investigaciones de innovación y desarrollo de nuevos productos. En Ecuador, la jaca se ha ido adaptando, llegando a convertirse en una fruta llamativa para los habitantes de las diferentes regiones. Por ello, que sus cultivos se los puede apreciar en la provincia de Esmeraldas y en la Amazonía, siendo aprovechada como fruta fresca o preparada en batidos [8].

De la fruta se consumen todas sus partes excepto la corteza exterior, lo que ha generado una de las principales problemáticas ambientales, puesto que al carecer de un tratamiento o disposición adecuada, generalmente son incinerados o vertidos a los cuerpos de agua sin tratamiento previo, perjudicando la estabilidad del ecosistema. Por esta razón, es necesario disponer de información detallada respecto al aprovechamiento de la cáscara de jaca y de experiencia relacionada a la selección de un método o varios métodos integrados para la obtención de un adhesivo natural.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, el presente proyecto tiene como objetivo general establecer el método de extracción alcohólica para la obtención de un adhesivo natural a partir de la cáscara de jaca. Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

1. Determinar las condiciones y los parámetros físico-químicos bajo los cuales se obtiene un adhesivo natural.
2. Analizar física y químicamente el efecto del adhesivo natural obtenido.
3. Determinar las aplicaciones del adhesivo natural obtenido.

El trabajo a realizar en el presente proyecto se justifica y es de fundamental importancia, ya que en Ecuador no se ha realizado una investigación profunda sobre el aprovechamiento de la cáscara de jaca, debido principalmente a que en pocas ciudades se cultiva este fruto, lo cual impide que pueda ser evaluado.

Es importante mencionar que durante la producción, la cáscara de jaca no sólo que es poco aprovechada, sino que también está relacionada con la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas que muchas veces son fuentes de abastecimiento de agua potable.

La obtención de un adhesivo natural permitirá el empleo de nuevas metodologías para el desarrollo de diversos productos a partir de la jaca, abrirá paso a estudios dirigidos a la investigación, a procesos más sostenibles ambientalmente, lo cual representará una excelente oportunidad para los adhesivos naturales.

Por otro lado, el trabajo a desarrollar será de gran importancia a nivel investigativo, ya que inicialmente se evaluarán distintos métodos de extracción de adhesivos, para posteriormente, escoger el método apropiado que permita obtener el máximo aprovechamiento de este componente de la jaca desde el punto de vista técnico y, además, aprovechar esta materia prima para la elaboración de un adhesivo natural.

De acuerdo a la metodología a aplicar, la hipótesis del proyecto es comprobar que el látex que segrega la cáscara de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) pueda ser utilizada como un principio activo de adhesivo natural para su aplicación en diferentes sustratos o materiales adherentes.

A nivel económico, se convierte en una alternativa de emprendimiento de un negocio que sea rentable con este tipo de frutos no tradicionales, encontrando un equilibrio entre costo-beneficio.

El estudio tuvo una duración aproximada de cinco meses y a continuación se presentarán los métodos y el desarrollo del proyecto.

# **CAPÍTULO 1**

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

La jaca, también conocida como jackfruit (nombre científico: *Artocarpus heterophyllus*), pertenece a un grupo de especies de árboles verdes y caducifolios, es originario de la India; entre los principales países de cultivo se encuentran: India, Birmania, Ceilán, China, Malasia, las Indias Orientales, Filipinas, Kenia y Uganda [5] (véase figuras 1.1 y 1.2).



**Figura 1.1** Árbol de jaca con frutos

*Fuente: Crops for the Future, (2011). Vista del árbol con fruto. [Figura]. Recuperado de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jackfruit\\_tree\\_in\\_Gujarat.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jackfruit_tree_in_Gujarat.jpg)*



**Figura 1.2** Frutos de la jaca

*Fuente: Muduli, K. (2012). *Artocarpus heterophyllus*. [Figura]. Recuperado de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Panas\\_a.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Panas_a.jpg)*

### 1.1.1 Características

La fruta *Artocarpus heterophyllus* es considerada una de las más grandes del mundo, puede medir aproximadamente un metro y llegar a pesar entre 10 - 50 kg., en Ecuador el peso promedio de la fruta es de 11,5 kg. El tiempo de producción del árbol de jackfruit está entre 4 y 8 años y el tiempo de maduración de la fruta es de 3 a 8 meses [6], ya que su tiempo de cosecha varía en relación al clima [2]. El árbol del pan o jack fruit produce entre 150 y 200 frutos en un año, según su edad, variedad y el hábitat.

A continuación, se detalla la taxonomía de la jaca; es decir, su clasificación biológica (ver tabla 1).

**Tabla 1 Taxonomía**

<b>Familia:</b>	<b>Moraceae</b>
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Rosales
<b>Tribu:</b>	Artocarpeae
<b>Género:</b>	Artocarpus
<b>Nombre común:</b>	Árbol del pan
<b>Sinonimia común</b>	Pan del pobre, pan de palo, fruta de pan, yaca
<b>Nombre científico:</b>	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam
<b>Sinonimia científica:</b>	<i>Artocarpus integer</i> auct.; <i>Artocarpus integrifolius</i> auct.; y <i>Artocarpus integrifolius</i> L. f.
<b>Nombre en inglés:</b>	Breadfruit, jackfruit.

Fuente: Aguilar, 2011.

La jaca se puede presentar de diferentes maneras para su consumo, por ejemplo, como bulbos enlatados, como fruta deshidratada, en bebidas y como piel o cuero de fruta [28].

### 1.1.2 Partes principales y composición

Generalmente el fruto de la jaca está formado por 4 partes principales:

- ✓ Los bulbos [28]
- ✓ Las semillas [28]
- ✓ La piel (corteza) [28]
- ✓ Partes florales no fertilizadas [28]

La piel (corteza) del fruto es de color verde y amarillo al madurar, con puntas cónicas duras, conectadas a una superficie gomosa y elástica, de color amarillo pálido o blanquecino [11]. En el interior del fruto se encuentran grandes "bulbos" de masa de color amarillo similar al mango y con sabor a banano, rodeando un núcleo central [11]. A su vez, cada bulbo contiene una semilla lisa, ovalada, de color marrón (endocarpio) cubierta por una fina membrana de color blanco (exocarpio) [11] (véase figuras 1.3 y 1.4).

En promedio, los bulbos, semillas y corteza forman el 30%, 12% y 59% del total del fruto, respectivamente. Se consumen todas sus partes excepto la corteza exterior [28].



**Figura 1.3 Fruto abierto de la jaca**



**Figura 1.4 Semilla envuelta en el bulbo**

*Fuente: Recuperado de <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/imagenes/jackfruitfruto.jpg>*

*Fuente: Recuperado de <http://3.bp.blogspot.com/-uful7A99ljs/Th46BrfQ9rI/AAAAAAAAALY/0UFBuyCULyg/s1600/Kathal-11.png>*

La jaca madura emite un olor parecido al de las cebollas descompuestas, mientras que la pulpa de la fruta abierta presenta un aroma a piña y plátano [11].

La fruta de la jaca contiene un látex gomoso, el cual se encuentra compuesto por bálsamos, taninos, resinas, almidón, hidrocarburos, ceras, alcaloides, proteínas, sales minerales, azúcares, gomas y aceites; por ello, es considerado un producto natural con propiedades potenciales de adhesividad gracias a la gran cantidad de resinas presentes en su látex [4].

De acuerdo a estudios realizados por Tanchico y Magpanlay, el contenido de látex en el género *Artocarpus heterophyllus* está entre 82,6 a 86,4% de resinas [11].

La pulpa del jackfruit presenta los siguientes componentes químicos:

- Azúcares: principalmente fructuosa, glucosa y sacarosa. El contenido en sacarosa incrementa conforme avanza la maduración de la fruta [6].
- Ácidos: principalmente por un alto contenido de ácido cítrico durante la maduración [6].

- Proteínas y aminoácidos: compuesta por un 1,5-2,3% de proteína, el mismo que disminuye al madurar la fruta [6].
- Vitaminas y minerales: en 100 g de fruta presenta 30 mg magnesio, 35 mg sodio y 0,5 - 1,1 mg de hierro [6].
- Aroma: se debe aproximadamente a los 16 ésteres que contienen [6].

A continuación, en la tabla 2 se detalla el contenido nutricional en 100 gramos de fruta madura [6]:

**Tabla 2 Valor alimenticio por 100 g de la porción comestible**

	<b>Pulpa (madura-fresca)</b>	<b>Semillas (frescas)</b>	<b>Semillas (secas)</b>
<b>Calorías</b>	98	-	-
<b>Humedad</b>	72,0-77,2 g	51,6-57,77 g	-
<b>Proteína</b>	1,3-1,9 g	6,6 g	-
<b>Grasa</b>	0,1-0,3 g	0,4 g	-
<b>Carbohidratos</b>	18,9-25,4 g	38,4 g	-
<b>Fibra</b>	1,0-1,1 g	1,5 g	-
<b>Ceniza</b>	0,8-1,0 g	1,25-1,50 g	2,96%
<b>Calcio</b>	22 mg	0,05-0,55 mg	0,13%
<b>Fósforo</b>	38 mg	0,13-0,23 mg	0,54%
<b>Hierro</b>	0,5 mg	0,002-1,2 mg	0,005%
<b>Sodio</b>	2 mg	-	-
<b>Potasio</b>	407 mg	-	-
<b>Vitamina A</b>	540 I.U.	-	-
<b>Tiamina</b>	0,03 mg	-	-
<b>Niacina</b>	4 mg	-	-
<b>Ácido ascórbico</b>	8-10 mg	-	-

Fuente: Recuperado de [https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/jackfruit\\_ars.html](https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/jackfruit_ars.html)

### 1.1.3 Zonas de producción nacional

En Ecuador, la producción de jackfruit comenzó en la región amazónica (especialmente Napo, Sucumbíos y Orellana), posteriormente se fue extendiendo a Santo Domingo y al Noroccidente de Pichincha, específicamente los cantones de Pedro Vicente Maldonado y Puerto Quito [2], pero también se ha ido introduciendo en la región Costa, como la provincia de Esmeraldas;

sin embargo, es una fruta poca conocida para los pobladores de diferentes regiones [6].

#### **1.1.4 Usos como alimento**

Las partes del fruto son aprovechadas en el campo alimenticio de distintas maneras, como se detalla a continuación:

- La fruta inmadura cortada en trozos son cocinados y usados como vegetales en sopas, asados y fritos (véase figura 1.5).
- La pulpa de las frutas maduras se consume principalmente fresca o usada en ensaladas.
- La fruta inmadura cortada en trozos se la hierve en agua ligeramente salada, luego se separa la masa de la corteza y se consume como un delicioso vegetal, incluyendo las semillas [11].
- La pulpa de la fruta inmadura se la consume enlatada en salmuera o con curry. Además, puede secarse y mantenerse en latas todo un año [11].
- Los bulbos se consumen crudos o cocidos (con leche de coco o de otro tipo); o en helados, mermelada, jalea, pasta, o enlatados en sirope de azúcar o miel con ácido cítrico [11].
- Los bulbos hervidos en leche pueden someterse a congelación obteniendo una crema de color anaranjado muy agradable [11].
- En la India, los bulbos maduros se secan y se fríen en aceite para comer con sal. [11].
- Al madurar, fermentar y destilar los bulbos se obtiene un potente licor [11].
- Las semillas de la jaca son tostadas o hervidas para su consumo [11] (véase figura 1.6).
- Las hojas y racimos de flores machos tiernos pueden ser cocinadas para su consumo como hortalizas [11] (véase figuras 1.7 y 1.8).



**Figura 1.5 Trozos de jaca sin madurar se hierven o fríen**

*Fuente: Recuperado de <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/imagenes/jackfruitlascas.jpg>*



**Figura 1.6 Semillas de la jaca tostadas como nueces**

*Fuente: Recuperado de <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/imagenes/jackfruitsemillas.jpg>*

### 1.1.5 Otros usos

- **Fruto:** En ciertos lugares, los árboles son plantados en los pastos para que los animales consuman los frutos caídos [11]. Generalmente los residuos de cáscara o corteza son aprovechadas en las plantaciones como abono verde [11].
- **Hojas:** Las hojas de la jaca son aprovechadas por el ganado. En la India, las hojas también son utilizadas para envolver los alimentos y se unen entre sí para utilizarlos como platos [11] (véase figura 1.7).



**Figura 1.7 Hojas de la jaca**

*Fuente: Recuperado de [http://www.plantasyhongos.es/herbarium/a/Artocarpus\\_heterophyllus\\_07.jpg](http://www.plantasyhongos.es/herbarium/a/Artocarpus_heterophyllus_07.jpg)*



**Figura 1.8 Flores de la jaca**

*Fuente: Recuperado de <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/imagenes/jackfruitflores.jpg>*

- **Látex:** Una de las características de esta fruta es que su pulpa posee una gran cantidad de látex gomoso, que por sus propiedades adhesivas podría ser utilizada en la elaboración de pinturas, soldaduras epóxicas y recubrimientos [4].

Por su propiedad hidrofóbica; es decir, la propiedad física de las moléculas de repeler el agua, el látex caliente se implementa en las casas como cemento para la reparación de porcelana y loza, así como para reparar los barcos [11].

- **Madera:** De la jaca se obtiene una madera, la cual es utilizada para fabricar muebles, tornería, mástiles, remos, cepillos, instrumentos musicales, entre otros [11].

De las raíces de los árboles de jaca se elaboran y se tallan imágenes, así como de las ramas secas para generar fuego por fricción durante las ceremonias religiosas. Del aserrín o virutas del duramen (parte central, seca y compacta del tronco) de la jaca, hervidos con alumbre, se genera un colorante amarillo empleado en las túnicas de los sacerdotes budistas [11].

- **Usos medicinales:** Entre sus usos tenemos:
  - ✓ Los chinos consideran que las semillas y pulpa de la jaca tienen alta influencia en las personas que combaten el consumo de alcohol [11].
  - ✓ El consumo de semillas asadas aumenta la cantidad de espermatozoides [11].
  - ✓ Las cenizas de las hojas de jaca mezcladas con cáscaras de coco y maíz son empleadas en la curación de úlceras [11].
  - ✓ El látex mezclado con vinagre se emplea en la curación de abscesos (hinchazón e inflamación de un tejido del organismo), así como en las mordeduras de serpientes e hinchazones glandulares [11].
  - ✓ La raíz es utilizada para enfermedades de la piel y el asma. Un extracto de la raíz se toma en los casos de fiebre y diarrea [11].
  - ✓ Las hojas calientes se colocan en las heridas [11].
  - ✓ Además, entre otros beneficios de la jaca para la salud tenemos los siguientes: previene el cáncer, mantiene la

presión arterial, mejora la digestión, regula el sistema cardiovascular (rica en potasio), mejora la visión (alto contenido de vitamina A), cura la anemia, promueve la salud ósea (gran cantidad de potasio), usada para el tratamiento de verrugas, ayuda a prevenir la diabetes, mejora la digestión y por su función antioxidante mejora las funciones cerebrales [1].

## 1.2 Adhesivo

Se define como adhesivo a un material no metálico con la capacidad de unir 2 sustratos a través de mecanismos de adhesión (desarrollados entre el adhesivo y el sustrato) y cohesión (desarrollados en el interior del propio adhesivo) [12] (véase figura 1.9).

Además, los adhesivos se definen como polímeros orgánicos que se pueden presentar en estado líquido al momento de su aplicación y se convierte en estado sólido durante su secado o endurecimiento [12].



**Figura 1.9 Unión adhesiva**

*Fuente: Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/esquema-union-adhesiva.gif>*

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se definen 3 conceptos importantes:

- **Sustrato o adherente:** Se refiere al material a poner en contacto [12], por ejemplo:
  - ✓ Si queremos unir 2 planchas de aluminio, tenemos 2 sustratos iguales [12].
  - ✓ Si queremos unir un cristal frente a un marco de aluminio pintado, tenemos 2 sustratos diferentes [12].

- **Adhesión:** Se refiere a todas las fuerzas o mecanismos que mantienen en contacto el adhesivo con el sustrato [12]. Como ejemplo de adhesión, lo podemos observar en el componente usado para mantener unidas las hileras de ladrillos (véase figura 1.10).

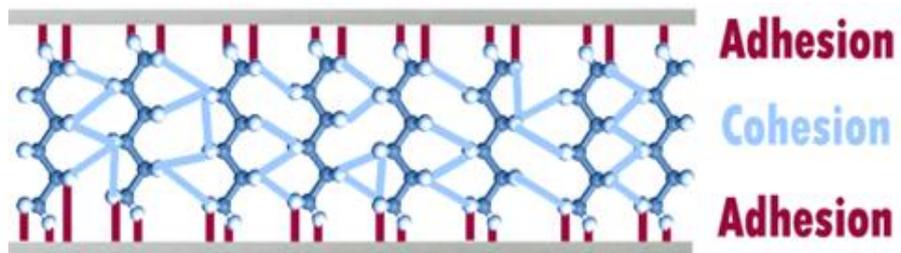


**Figura 1.10 Componente usado para mantener juntos los ladrillos**

*Fuente: Recuperado de [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Three\\_old\\_bricks\\_held\\_together\\_with\\_mortar.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Three_old_bricks_held_together_with_mortar.jpg)*

- **Cohesión:** Se refiere a todas las fuerzas o mecanismos que mantienen en sí la estructura del adhesivo [12].

A continuación, en la figura 1.11 se observa la interacción entre las fuerzas de adhesión y cohesión.



**Figura 1.11 Fuerzas de adhesión y cohesión**

*Fuente: Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/adhesion.gif>*

Las fuerzas que intervienen, tanto en la adhesión y cohesión, son:

- Los enlaces químicos
- Las fuerzas intermoleculares

Los enlaces químicos se originan de la unión de varios átomos hasta la creación de cadenas poliméricas compactas y altamente interconectadas (materiales termoestables) [12].

Por otro lado, las fuerzas intermoleculares corresponden a la interacción entre moléculas creando estructuras amorfas con características de elasticidad y deformabilidad [12].

### 1.2.1 Factores que influyen en la adhesión

A continuación, se detallan los factores a considerar en el proceso de adhesión:

- **Sustrato**

Existen aspectos del sustrato a tomarse en consideración:

- ✓ **Rugosidad o suavidad de un sustrato.** Este aspecto relaciona el área de contacto del adhesivo con el sustrato; por ello, si el sustrato es muy rugoso, se obtiene una adhesión pobre. De acuerdo a este aspecto, un adhesivo debe presentar fluidez y humectabilidad adecuada para abarcar toda la superficie de contacto [7].
- ✓ **Humedad.** El desarrollo de las propiedades de adhesivas de los adhesivos dependen de la humedad ambiental y/o del sustrato para desarrollar la adhesión [7].
- ✓ **Tensión superficial.** La tensión superficial evalúa la fluidez del adhesivo al unirse al sustrato, a través de un sistema de fuerzas que actúan sobre las moléculas superficiales del adhesivo [7]. Por ejemplo, la tensión superficial se lo puede observar al momento de mantenerse esféricas las gotas de agua (véase figura 1.12).



**Figura 1.12 La tensión superficial hace que se mantengan esféricas las gotas**

*Fuente: Recuperado de [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Drops\\_1.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Drops_1.jpg)*

✓ **Forma.** Otro aspecto a considerar es la forma de los sustratos a unir [7].

- **Temperatura**

Las propiedades adhesivas del adhesivo se relacionan con la temperatura; es decir, a bajas temperaturas los adhesivos se convierten en estado sólido, mientras que a temperaturas altas se encuentran en estado líquido, lo cual contribuye a que el adhesivo fluya y abarque la superficie del sustrato [7].

- **Resistencia a la oxidación y a la radiación U.V.**

A altas temperaturas, aumenta el índice de oxidación provocando el envejecimiento del adhesivo y el mismo se torne de color amarillo. Si las temperaturas elevadas persisten, el adhesivo perdería sus propiedades de adhesión [7].

La radiación U.V. se relaciona con la unión de estructuras transparentes [7].

### 1.2.2 Teorías sobre la Adhesión

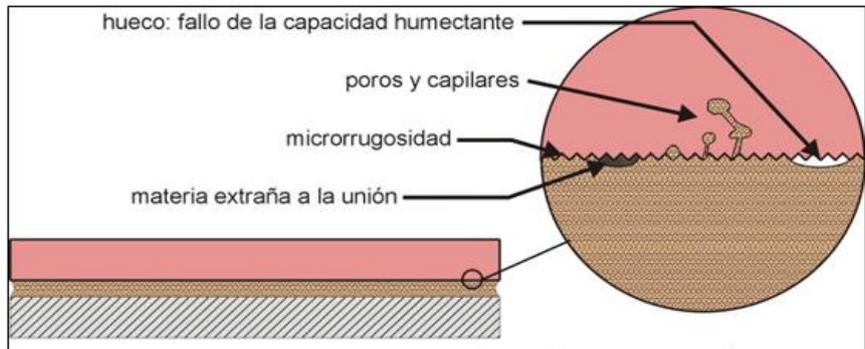
Hasta la actualidad no existe una determinada teoría que permita tener una clara idea sobre el proceso de adhesión y el comportamiento de los adhesivos en los materiales adherentes; por ello, se detallan a continuación las distintas teorías relacionadas con estos casos específicos:

- **Teoría mecánica de la adhesión**

Las variables que se consideran dentro de la teoría mecánica corresponden a la porosidad y rugosidad de la superficie del material adherente, de los cuales depende el resultado del proceso de adhesión [13] (véase figura 1.13).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, todo sustrato presenta una topografía superficial, la cual indica los “valles y crestas” a penetrar y rellenar por parte del adhesivo con la finalidad de mantener el contacto entre el adhesivo y el sustrato [13].

De la misma manera, para que exista esa fijación, se requiere que el adhesivo presente una alta capacidad de relleno en el sustrato; para ello, otra variable relacionada es la viscosidad del adhesivo [13].



**Figura 1.13 Teoría mecánica de la adhesión**

Fuente: Recuperado de [http://www.anfapa.com/images/69\\_rejuntado-grafico3\\_2.jpg](http://www.anfapa.com/images/69_rejuntado-grafico3_2.jpg)

- **Teoría de la adsorción**

Las variables que se consideran dentro de la teoría de adsorción corresponden al ángulo de contacto, mojado y tensión superficial, los cuales determinan el resultado del proceso de adhesión. Para ello se requiere que el adhesivo tenga un ángulo de contacto inferior a  $90^\circ$  para abarcar la superficie del sustrato [13].

A continuación, en la figura 1.14 se detallan los diferentes mojados en la superficie del sustrato.



**Figura 1.14 Ejemplos de diferentes mojados superficiales**

Fuente: Recuperado de [http://1.bp.blogspot.com/-GQZulCUkVSA/TI4hrZejs7I/AAAAAAAAA9k/7VQ\\_mLDp2sc/s1600/gota.JPG](http://1.bp.blogspot.com/-GQZulCUkVSA/TI4hrZejs7I/AAAAAAAAA9k/7VQ_mLDp2sc/s1600/gota.JPG)

- **Teoría de la quimisorción**

Esta teoría es un complemento de la teoría de la adsorción, la cual consiste en la generación de las fuerzas intermoleculares o

fuerzas de Van der Waals así como de los enlaces químicos formados entre el adhesivo y el sustrato [13].

- **Teoría de la difusión**

La teoría de la difusión está dirigida al contacto entre polímeros y la interacción entre las cadenas poliméricas, los cuales dan como resultado penetraciones parciales y zonas de fijación entre los 2 materiales, permitiendo cumplir con el proceso de adhesión (véase figura 1.15). Como ejemplos de esta teoría, lo podemos encontrar en la soldadura plástica, la unión de plásticos con adhesivos, entre otros [13].

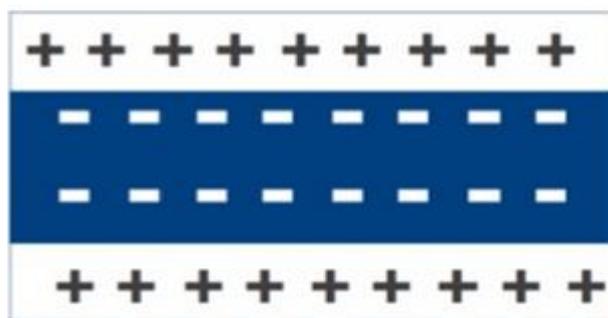


**Figura 1.15 Teoría de la difusión**

*Fuente: Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/difusion.gif>*

- **Teoría electrostática**

La teoría electrostática compara el proceso de la adhesión con el de un condensador, en el cual intervienen las cargas electrostáticas para que se origine el contacto entre el adhesivo y el sustrato [13] (véase figura 1.16).



**Figura 1.16 Teoría electrostática**

*Fuente: Recuperado de <https://image.slidesharecdn.com/cursodeadhesivos-170331224311/95/curso-de-adhesivos-10-638.jpg?cb=1491000294>*

### 1.2.3 Clasificación de los adhesivos

La finalidad de clasificarlos es para abarcar la extensa variedad de adhesivos que se conocen actualmente en el mercado, lo que permitiría entender de una manera más clara su origen, funcionamiento y aplicaciones.

En función de su origen o naturaleza, se clasifican en: adhesivos de origen natural y de origen sintético.

- **Adhesivos de origen natural**

Son aquellos adhesivos provenientes de los recursos naturales de nuestro planeta, sean vegetales o animales, como por ejemplo: el almidón, las colas de gelatina, caseína o el caucho natural [14] (véase figuras 1.17 y 1.18).



**Figura 1.17 Adhesivos a base de cola de conejo**

*Fuente: Recuperado de [http://1.bp.blogspot.com/-XAsgIM-uO68/VSAujZZGc6I/AAAAAAAAABns/xvBjD8bQwzI/s1600/vi\\_98266\\_1770838\\_182274.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-XAsgIM-uO68/VSAujZZGc6I/AAAAAAAAABns/xvBjD8bQwzI/s1600/vi_98266_1770838_182274.jpg)*



**Figura 1.18 Adhesivos a base de colas de caseína**

*Fuente: Recuperado de <http://1.bp.blogspot.com/-TsFQHUfiDog/VSAYkfsiQLI/AAAAAAAAABnE/Neis8DEyu0U/s1600/colablanca.jpg>*

- **Adhesivos de origen sintético**

Son aquellos adhesivos diseñados y producidos por el hombre; es decir, desarrollados a nivel de laboratorio gracias a los avances científicos y tecnológicos en el campo de la química [14].

Una característica de estos adhesivos es que poseen altas propiedades mecánicas, físicas y químicas [14].

De la misma manera, en la actualidad existe un amplio catálogo de adhesivos sintéticos, los cuales pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- ✓ Por el número de envases o componentes que se combinan para iniciar el proceso de endurecimiento:

**Adhesivos de 1 componente:** su composición se presenta en un solo envase, por ejemplo: los adhesivos de poliuretano de curado por humedad, cianoacrilatos, entre otros [14] (véase figura 1.19).

**Adhesivos de 2 componentes:** sus componentes se presentan por separados en 2 envases diferentes, como por ejemplo: los adhesivos de poliuretano de 2 componentes, acrilatos, entre otros [14] (véase figura 1.19).



**Figura 1.19 Adhesivos de 1 y 2 componentes**

*Fuente: Recuperado de  
<http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/adhesivos-tipos.gif>*

- ✓ Por la estructura y naturaleza polimérica una vez solidificado el adhesivo:

**Adhesivos termoplásticos.** Este tipo de adhesivos se ablandan hasta fundir con la temperatura; por ello ofrecen poca resistencia al calor, siendo una ventaja en aplicaciones de sellado [26].

Para explicar el comportamiento de un adhesivo termoplástico, lo podemos asemejar a un conjunto de cuerdas enredadas que tenemos encima de una mesa, mientras mayor sea el enredo de las cuerdas mayor será el esfuerzo que tendremos que realizar para separar las cuerdas entre sí, ocasionando un rozamiento entre las mismas. De acuerdo al

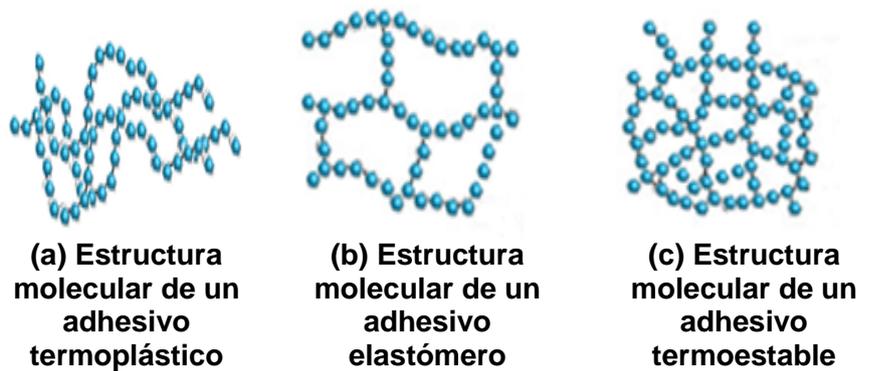
ejemplo mencionado, las cuerdas representan a los polímeros y el rozamiento representa las fuerzas intermoleculares que los mantienen enlazados [15] (véase figura 1.20 a).

**Adhesivos elastómeros vulcanizados.** Estos adhesivos ofrecen una mayor resistencia al calor que los termoplásticos, así mismo una alta resistencia a la flexión o doblado [26].

Siguiendo el ejemplo anterior, la estructura de un adhesivo elastómero lo podemos asemejar al conjunto de cuerdas entrelazadas unas con otras, las cuales son separadas aplicando un esfuerzo relativamente pequeño, por ende, mientras más nudos realizamos más ordenado y rígido se vuelve el conjunto de cuerdas. Para este caso, los nudos representan a los enlaces químicos, y para separar el conjunto de cuerdas se requiere tensionar con mayor fuerza haciendo que la longitud de las cuerdas aumente [16] (véase figura 1.20 b).

**Adhesivos termoestables.** Estos adhesivos están formados por polímeros que por curado o endurecimiento presentan una transformación física y química irreversible; es decir, no pueden ser fundidos ni diluidos. Además, tienen gran capacidad de elasticidad y mayor resistencia a la temperatura que los demás adhesivos [26].

De acuerdo al ejemplo anterior, se empieza a realizar nudos entre las cuerdas y mientras más nudos realicemos, más esfuerzo se necesita aplicar para separarlos. De acuerdo a lo mencionado, las cuerdas representan a los polímeros y los nudos representan a los enlaces químicos que unen fuertemente a los polímeros, originando estructuras poliméricas altamente reticuladas o interconectadas [17] (véase figura 1.20 c).



**Figura 1.20 Estructura molecular de adhesivos**

Fuente: Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/estructuras-polimeros.gif>

✓ Por el tipo de endurecimiento del adhesivo:

**Adhesivos de curado físico:** Como los adhesivos de contacto y adhesivos de presión, entre otros [14] (véase figura 1.21).



**Figura 1.21 Adhesivo de presión**

Fuente: Recuperado de [http://www.lancashiresock.es/images/284c\(edit\).jpg](http://www.lancashiresock.es/images/284c(edit).jpg)

**Adhesivos de curado químico:** Como los adhesivos de poliuretano, epoxy, acrilatos, entre otros [14] (véase figura 1.22).



**Figura 1.22 Adhesivo de poliuretano en construcción de puertas**

*Fuente: Recuperado de <http://www.barnizadoencoladomueble.com/wp-content/uploads/2015/05/Adhesivos-de-poliuretano-2-221x300.jpg>*

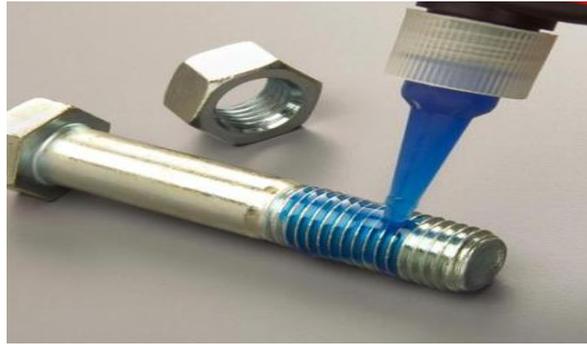
- ✓ Por las propiedades mecánicas de los adhesivos:  
**Adhesivos elásticos:** Presentan una mayor capacidad de elasticidad antes de que ocurra la separación de la unión adhesiva, como por ejemplo: adhesivos de silicona, silanos modificados, entre otros [14] (véase figura 1.23).



**Figura 1.23 Adhesivo de silicona**

*Fuente: Recuperado de [http://www.segopi.es/uploads/imagenes/Colasjpg\\_4f72c22f7d43e.jpg](http://www.segopi.es/uploads/imagenes/Colasjpg_4f72c22f7d43e.jpg)*

**Adhesivos rígidos:** Presentan una mayor resistencia frente a impactos con una menor elasticidad, como ejemplo tenemos: adhesivos epoxi, adhesivos anaeróbicos, entre otros [14] (véase figura 1.24).



**Figura 1.24 Aplicación de adhesivo anaeróbico en superficie de metal**

*Fuente: Recuperado de <https://i.mkt.lu/cont/2408112/665/400/grupo-solder-adhesivos-anaerobicos-1.jpg>*

#### **1.2.4 Componentes de un adhesivo**

Generalmente, el adhesivo está formado por un polímero principal que lo forma y que le atribuye sus propiedades de adhesión; sin embargo, también presentan los siguientes compuestos [18]:

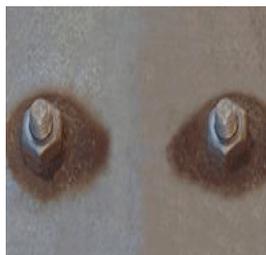
- Monómeros: Unidades básicas que formarán los polímeros [18].
- Prepolímeros: Cadenas de polímeros de pequeña longitud y peso [18].
- Cargas o rellenos: Compuestos químicos encargados de atribuir las propiedades mecánicas a los adhesivos [18].
- Pigmentos: Compuestos químicos encargados de dar color al adhesivo [18].
- Aditivos: Compuestos químicos encargados de las propiedades químicas de los adhesivos [18].

#### **1.2.5 Ventajas y beneficios de los adhesivos**

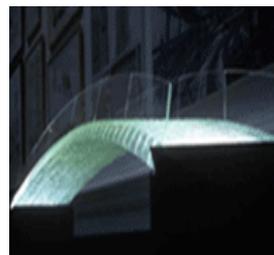
Entre las ventajas y beneficios que presentan los adhesivos se mencionan los siguientes:

- Los adhesivos son empleados en las uniones de sustratos con diferentes geometrías, tamaños y naturaleza, se pueden unir cristales, plásticos, metales, materiales cerámicos, entre otros [19].
- El uso de adhesivos no produce ninguna alteración en la estructura de los sustratos donde se aplica [19].

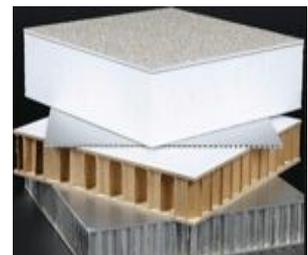
- Los adhesivos cumplen la función de sellado y protección frente a la corrosión, como por ejemplo: la unión de acero con aluminio [19] (véase figura 1.25 a).
- Los adhesivos presentan gran flexibilidad en el diseño de los productos, generando construcciones estéticamente muy atractivas [19] (véase figura 1.25 b).
- Reducción de peso del producto, aplicados en coches, barcos, locomotoras, el cual va acompañada de una reducción de consumo de energía y emisión de contaminantes al ambiente [19] (véase figura 1.25 c).
- Mayor resistencia frente a impactos mediante el uso de adhesivos elásticos, aumentando el buen desempeño y ciclo de vida del producto [19].
- Uniformidad de las tensiones a lo largo de toda la unión adhesiva impidiendo una posible fractura en dicha unión [19].
- Menor cantidad de ruido y vibraciones [19].
- Reducción del número de componentes para realizar las uniones como tornillos, tuercas, arandelas, remaches, etc., permitiendo reducir el costo de la fabricación [19].
- Adhesivos especiales con la finalidad de conducir electricidad o como aislante eléctrico [19].



**(a) Protección  
contra la corrosión**



**(b) Diseño libre**



**(c) Ahorro de peso**

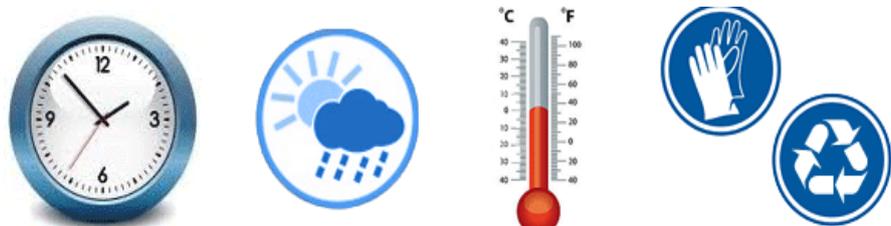
**Figura 1.25 Ventajas y beneficios de los adhesivos**

*Fuente: Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/ventajas-adhesivos.gif>*

### 1.2.6 Desventajas e inconvenientes de los adhesivos

El uso de los adhesivos también presenta inconvenientes y desventajas, entre los cuales se presentan a continuación:

- Tiempo de espera: Para que la unión adhesiva sea efectiva, es necesario esperar un tiempo para que el adhesivo se solidifique o cure [20] (véase figura 1.26).
- Resistencia a las temperaturas: Generalmente, los adhesivos con base en polímeros presentan una resistencia media a la temperatura [20] (véase figura 1.26).
- Envejecimiento: El tiempo de resistencia de la unión adhesiva se ve afectada por factores físicos y químicos como la luz ultravioleta, ataques de agentes químicos en el ambiente, presencia de la humedad, entre otros [20].
- Preparación superficial: Para que exista una buena adhesión entre el adhesivo y el sustrato, se requiere una preparación superficial previa al proceso de aplicación de adhesivos, el cual depende de los sustratos a ensayar, el tipo de adhesivo y las condiciones ambientales en que se realiza el proceso de unión [20].
- Desmontaje: El proceso de desmontaje implica separar los sustratos unidos, siendo un proceso costoso de realizar [20].
- Seguridad y medioambiente: Los adhesivos contienen compuestos químicos que pueden afectar a las personas durante el momento de su aplicación en los materiales. De la misma manera, durante la aplicación se generan residuos que deberán ser gestionados para su posterior tratamiento y reciclaje [20] (véase figura 1.26).



**Figura 1.26 Desventajas de los adhesivos**

Fuente: Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/desventajas-adhesivos.gif>

### 1.2.7 Aplicaciones de los adhesivos

Los adhesivos presentan diversas aplicaciones, en función de su naturaleza tenemos:

- Colas hechas de colágeno: Se aplican en la industria de la madera, la encuadernación de libros, la fabricación de papel engomado y en la unión de tejido y madera. La cola caseína se emplea en etiquetas adhesivas, recubrimientos de papel y en la fabricación de pinturas [9].
- Los adhesivos vegetales: Abarcan almidones y dextrinas derivadas de maíz, trigo, patatas y arroz, se utilizan para solapas y juntas de sobres, sellos de correos, etiquetas, preparado de tejidos (almidones de ropa blanca) y cintas adhesivas [9]. Así mismo, los pegamentos de celulosa, son empleados para pegar pieles, tela y papel, y en la construcción para el empapelado de paredes [9].

Por otro lado, los adhesivos se los encuentran en material médico (vendajes y esparadrapos), en material de oficina y en materiales decorativos como los vinilos y pegatinas [21].

Otro sector de aplicación es la industria aeronáutica para la fabricación de aviones, cohetes o helicópteros [21]. Así mismo, se aplica en los diferentes medios de transporte, para unir piezas durante la fabricación de vehículos de tierra, aire y mar [21].



**Figura 1.27 Aplicaciones de los adhesivos en vehículos**

Fuente: Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/adhesivos-vehiculos.gif>

### 1.2.8 Ensayos en adhesivos y uniones adhesivas

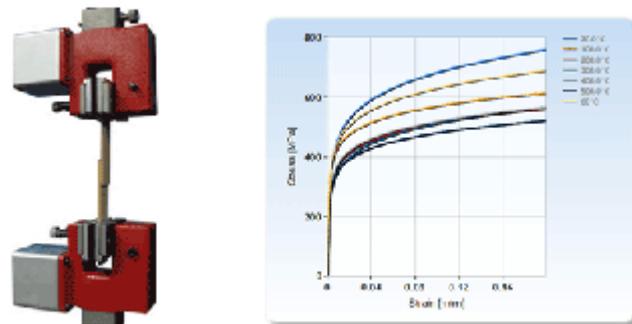
Los ensayos en adhesivos y uniones adhesivas son desarrollados para los siguientes fines:

- Determinar las características o propiedades mecánicas del adhesivo [22].
- Determinar los defectos en las uniones adhesivas [22].
- Evaluar el comportamiento de la unión adhesiva durante su tiempo de funcionamiento [22].
- Establecer las condiciones de aplicación tanto de los adhesivos y sustratos [22].

Existen 3 clases de ensayos que se pueden realizar en adhesivos y uniones adhesivas:

- Ensayos destructivos.
- Ensayos no destructivos.
- Ensayos de envejecimiento.

Los ensayos destructivos son aquellos que se basan en una especificación estándar, los cuales separan o rompen la unión adhesiva mediante el uso de diferentes equipos [22] (véase figura 1.28).



**Figura 1.28 Ensayos destructivos**

*Fuente: Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/ensayos-destructivos.gif>*

Los ensayos no destructivos son aquellos que utilizan algún proceso, medio o tecnología con la finalidad de constatar la ausencia o presencia de defectos que influyan en el comportamiento de la unión adhesiva sin modificar su composición

química ni su geometría [22]. Entre los ensayos no destructivos tenemos: ultrasonidos, ensayos acústicos, rayos X, entre otros [22] (véase figura 1.29).



**Figura 1.29 Ensayos no destructivos**

*Fuente: Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/ensayos-no-destructivos.gif>*

Los ensayos de envejecimiento tienen por finalidad evaluar el comportamiento del adhesivo o de la unión adhesiva durante su funcionamiento, sometida a diferentes condiciones ambientales [22] (véase figura 1.30).



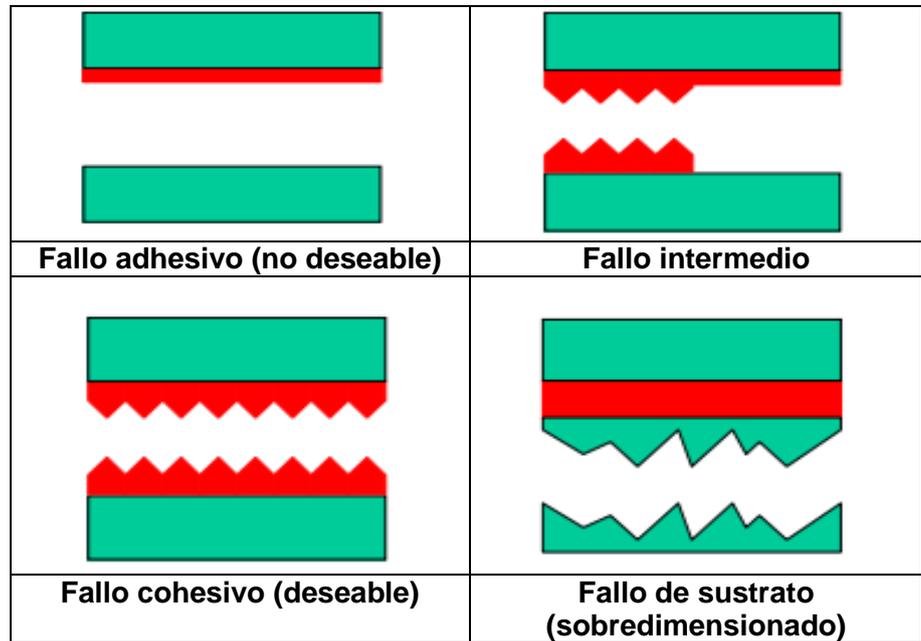
**Figura 1.30 Ensayos de envejecimiento**

*Fuente: Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/IMAGENES/ensayo-de-envejecimiento.gif>*

La adhesión de dos sustratos puede ser evaluada a través de un ensayo de rotura de la unión adhesiva, la cual puede presentar los siguientes escenarios:

- Separación por adhesión: cuando la separación se produce en la interfase sustrato-adhesivo [24].
- Separación por cohesión: cuando se produce la ruptura del adhesivo [24].
- Ruptura de sustrato: cuando el propio sustrato rompe antes de llegar a la unión adhesiva o a la interfase sustrato-adhesivo [24].

A continuación, en la figura 1.31 se ilustra el comportamiento de los distintos modos de fallo de las uniones adhesivas:



**Figura 1.31 Modos de fallo de las uniones adhesivas**

Fuente: Recuperado de

<https://image.slidesharecdn.com/cursoadhesivosparacomercialesenpdf-170113220206/95/curso-adhesivos-para-comerciales-4-638.jpg?cb=1484345362>

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, lo ideal es que la separación o rotura de la unión adhesiva se asemeje al comportamiento en modo cohesivo, con el cual se puede determinar las características mecánicas del adhesivo a través de diferentes tipos de ensayos [24].

A continuación, se detallan algunos ensayos para evaluar la adherencia mecánica entre materiales:

- **Ensayo de tracción**

Los ensayos de tracción permiten determinar la resistencia de la unión adhesiva a través de un esfuerzo requerido [25] (véase figura 1.32).

Entre los ensayos de tracción se encuentran: el ensayo “pull off”, usado para comprobar la adhesión y el endurecimiento de adhesivos y recubrimientos; y, el ensayo “pull out”, empleado para evaluar la unión adhesiva fibra-resina [25].



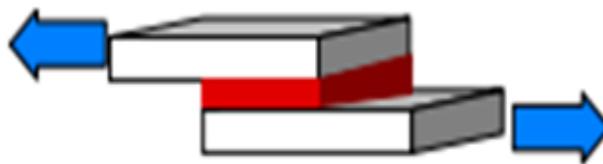
**Figura 1.32 Unión adhesiva por ensayo de tracción**

Fuente: Recuperado de <https://image.slidesharecdn.com/cursodeadhesivos-170331224905/95/curso-de-adhesivos-12-638.jpg?cb=1491000636>

- **Ensayo de cortadura o cizalla**

Este ensayo se aplica para evaluar la tensión de cortadura entre las capas adhesivas [25] (véase figura 1.33).

Entre los ensayos de cortadura se encuentran: el ensayo de adherencia de traslape simple (adherentes delgados), el ensayo de cizalla en adherentes gruesos y el ensayo adhesión de traslape doble (adherente central dos veces el grosor del adherente exterior) [25].



**Figura 1.33 Unión adhesiva por ensayo de cortadura**

Fuente: Recuperado de <https://image.slidesharecdn.com/cursodeadhesivos-170331224905/95/curso-de-adhesivos-12-638.jpg?cb=1491000636>

- **Ensayo de pelado (Peel test)**

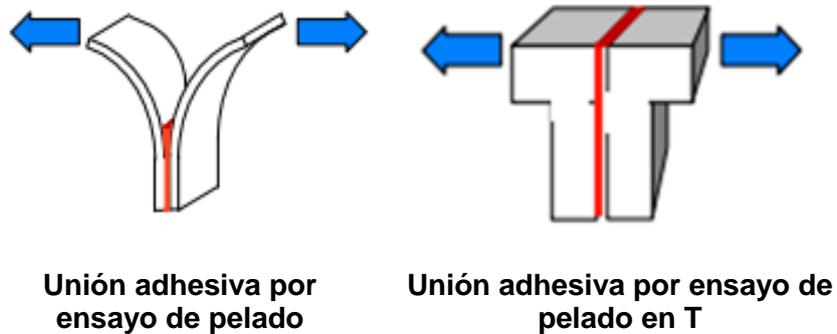
Los ensayos de pelado se utilizan comúnmente para determinar la resistencia en uniones adhesivas [25]. Este ensayo tiene dos ventajas que la diferencian de los demás:

- a) La rotura de la unión adhesiva se produce en un rango controlado [25].
- b) La fuerza de despegue es una medida directa del trabajo de desprendimiento [25].

Entre los ensayos de pelado se encuentran: el ensayo de pelado que evalúa la adhesión entre un adherente flexible y un adherente rígido con un ángulo de pelado constante; y, el ensayo

de pelado en T (T-peel), el cual utiliza adherentes flexibles que se puedan doblar en un ángulo de 90° [25].

A continuación, en la figura 1.34 se ilustran las uniones adhesivas por ensayos de pelado:



**Figura 1.34 Uniones adhesivas por ensayos de pelado**

*Fuente: Recuperado de <https://image.slidesharecdn.com/cursodeadhesivos-170331224905/95/curso-de-adhesivos-12-638.jpg?cb=1491000636>*

Dentro de la familia de normas ISO 9000, el ensayo de unión adhesiva debe presentarse como un proceso especial, ya que las uniones no pueden ser totalmente verificadas por inspección y ensayo del producto para garantizar el cumplimiento de los requisitos de calidad [10].

### 1.2.9 Normativas de referencia

Para determinar la calidad en los ensayos de unión adhesiva, se tienen como referencia las siguientes normativas:

- La norma DIN 2304-1: Tecnología de unión adhesiva - Requisitos de calidad para los procesos de unión adhesiva - Parte 1: Cadena de proceso de unión adhesiva). Esta normativa abarca los requisitos de calidad de acuerdo a la seguridad de las uniones adhesivas ejecutadas en cualquier sector industrial [10]. Esta norma perteneciente a la norma nivel global ISO 9000, se encarga de desarrollar un sistema de gestión de calidad que asegure el proceso desde el diseño hasta la producción y mantenimiento de la unión adhesiva [23].

La norma DIN 2304 establece 4 clases de uniones en función de su criticidad:

- ✓ S1: Unión adhesiva con requisito de seguridad alto.
- ✓ S2: Unión adhesiva con requisito de seguridad medio.
- ✓ S3: Unión adhesiva con requisito de seguridad bajo.
- ✓ S4: Unión adhesiva que no requiere ningún tipo de requisito de seguridad.

Para explicar con más detalle, tenemos que aquellas uniones en los que el fallo o rotura ocasione daños mortales o pérdida de la funcionalidad del producto están clasificados como una unión S1, como por ejemplo, las uniones adhesivas que se realizan en las palas que conforman los molinos eólicos [23].

- Otra normativa de referencia es la ASTM D1876: Método de ensayo estándar para la resistencia al desprendimiento de adhesivos (Ensayo T-Peel).

Con este método de ensayo se determina la resistencia relacionada al desprendimiento de uniones adhesivas entre dos adherentes flexibles o uno puede ser flexible mientras que el otro es rígido por medio de una muestra tipo T [3]. El propio adhesivo tomará generalmente la forma de una capa delgada entre los dos sustratos.

Generalmente, el objetivo de una prueba de despegado es determinar la resistencia adhesiva del material o la resistencia del enlace adhesivo entre dos materiales y este valor de resistencia adhesiva me ayuda a determinar si el enlace adhesivo es suficientemente fuerte o demasiado fuerte para la aplicación y si se necesita un proceso adhesivo o un adhesivo diferente.

## **CAPÍTULO 2**

## **2. METODOLOGÍA**

La metodología utilizada para la obtención de un adhesivo natural a partir de la cáscara de jaca fue realizada en dos etapas: la primera correspondió a los métodos por prensado manual y por extracción alcohólica del adhesivo natural y la segunda a los ensayos de calidad del adhesivo obtenido.

### **2.1 Localización de la investigación**

Los ensayos para este proyecto fueron realizados en el Laboratorio de Hidrocarburos de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas (FCNM) de la ESPOL.

### **2.2 Tipo de investigación**

Este proyecto se encuentra dentro del tipo de investigación experimental, utilizando como objeto de estudio la cáscara de jaca.

### **2.3 Recolección del fruto**

La obtención del fruto se lo realizó en una zona comercial de la ciudad de Guayaquil.

### **2.4 Extracción del adhesivo por prensado manual**

Inicialmente se procedió a realizar la extracción del adhesivo a través de un equipo de prensado manual (véase figura 2.1), para lo cual se realizó lo siguiente:

- a. Se colocó una muestra de la cáscara de jaca entre las mordazas del equipo de prensado.
- b. Se comenzó a girar la palanca del equipo para cerrar las mordazas.
- c. Se ejerció una presión constante de las mordazas contra la muestra a ensayar para la extracción del adhesivo.
- d. Finalmente, se recolectó pequeñas cantidades de adhesivo.



**Figura 2.1 Equipo de prensado manual**

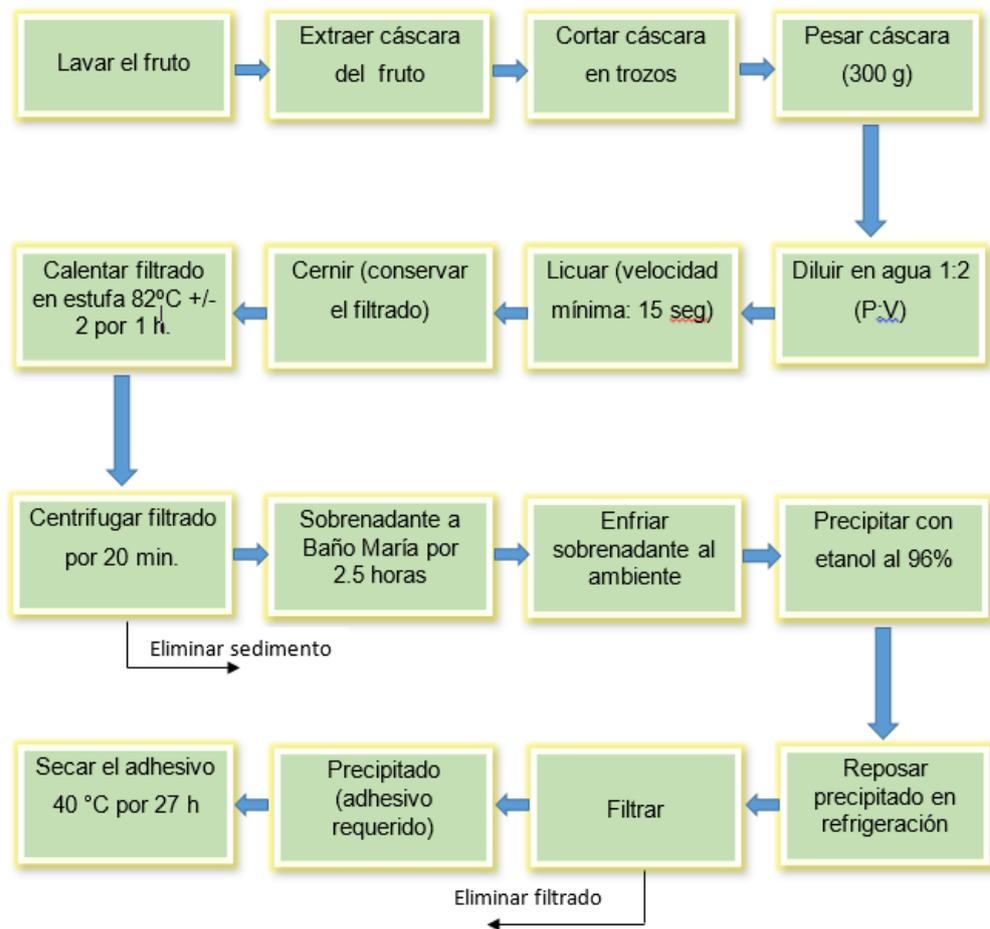
*Fuente: Taller Mecánico de Guayaquil, 2017.*

## **2.5 Extracción alcohólica del adhesivo**

A continuación, en el flujograma se detalla la extracción alcohólica del adhesivo (véase figura 2.2):

1. Se lavó el fruto de la jaca con agua de composición 10 ppm de hipoclorito de sodio (NaClO) (véase figura 2.3).
2. Se utilizó un cuchillo para extraer la cáscara del fruto (véase figura 2.4).
3. Se procedió a cortar la cáscara en pequeños trozos (véase figura 2.5).
4. El tamaño de la muestra para el ensayo fue de 300 gramos.
5. Se disolvió con agua en la relación 1:2 (peso: volumen); es decir, 300:600 (cáscara de jaca: agua).
6. La solución cáscara:agua, se licuó utilizando una licuadora a una velocidad mínima por un tiempo de 15 segundos (véase figura 2.6).
7. Se cernió para eliminar los restos de cáscara, conservándose el filtrado (véase figura 2.7).
8. El filtrado resultante se calentó en la estufa a 82°C +/-2 por un tiempo de 1 hora (véase figura 2.8).
9. Se recolectó 600 ml del filtrado.
10. El filtrado se lo centrifugo por un tiempo de 20 minutos (véase figura 2.9).
11. Se eliminó el sedimento (véase figura 2.11).
12. El sobrenadante resultante de 500 ml aproximadamente fue sometido a un calentamiento en Baño María por 2.5 horas (véase figura 2.12).
13. Se enfrió el sobrenadante con agua al ambiente.

14. Se precipitó el adhesivo con etanol 96%. Relación 1:4 (1 de sobrenadante: 4 de etanol) (véase figura 2.13).
15. Se dejó reposar el precipitado en el refrigerador a 4 °C por 48 horas.
16. Se filtró y se eliminó el filtrado (véase figura 2.14).
17. El precipitado o residuo resultante es el adhesivo requerido.
18. El adhesivo se lo secó a 40 °C por 27 horas (véase figura 2.15).



**Figura 2.2 Flujograma extracción del adhesivo**

*Fuente: Castro, 2017*

**Proceso de extracción del adhesivo de la cáscara de jaca**



**Figura 2.3 Lavado del fruto**



**Figura 2.4 Cáscara extraída del fruto**



**Figura 2.5 Pequeños trozos de cáscara cortados**



**Figura 2.6 Licuado de solución cáscara:agua**



**Figura 2.7 Solución cáscara:agua cernida**



**Figura 2.8 Filtrado resultante en estufa**



**Figura 2.9 Filtrado a centrifugar**



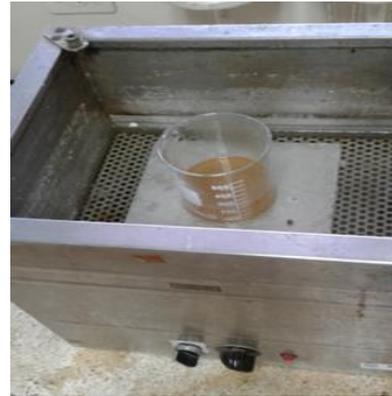
**Figura 2.10 Equipo centrifuga universal**

*Fuente: Castro, 2017.*

**Proceso de extracción del adhesivo de la cáscara de jaca**



**Figura 2.11 Obtención del sobrenadante y eliminación del sedimento**



**Figura 2.12 Sobrenadante sometido a Baño María**



**Figura 2.13 Precipitación del adhesivo con etanol 96%**



**Figura 2.14 Filtración y eliminación del filtrado**



**Figura 2.15 Secado del adhesivo requerido**

*Fuente: Castro, 2017.*

## **2.6 Caracterización física del adhesivo extraído**

Como parte de la caracterización física se realizaron ensayos para determinar la calidad del adhesivo natural extraído.

### **2.6.1 Ensayos de calidad del adhesivo**

Luego de obtener el adhesivo, se procedió a realizar los ensayos respectivos para evaluar sus propiedades adhesivas con los materiales definidos previamente (véase figura 2.16).

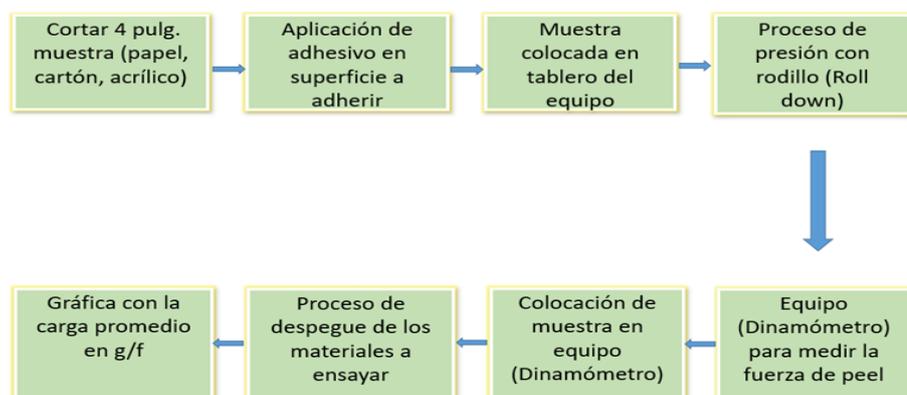
Los materiales utilizados fueron: papel bond, cartón y acrílico. Las uniones realizadas fueron: papel-papel, cartón-cartón, papel-cartón, papel-acrílico. El adhesivo se evaluó a temperatura de laboratorio (aproximadamente 24 – 25°C) y fue aplicado en forma de película delgada a una superficie de unión o sustrato utilizado.

Para objeto de este estudio, el método empleado correspondió a la prueba de pelado (Peel Test), el cual se utilizó para determinar la fuerza de peel en sujetadores mecánicos. La fuerza se midió al despegar los materiales a un ángulo aproximado de 180°. El valor del ensayo generado cuando se desprenden los sustratos es el promedio de los tres valores más altos. Los valores del ensayo peel (gramos/fuerza) indican cómo interactúan los diferentes materiales ensayados.

#### **Procedimiento:**

- a. Cortar una sección de 4 pulgadas aproximadamente de los materiales a ensayar (papel bond, cartón y acrílico).
- b. El adhesivo se aplica a la superficie a adherir (largo: 1 pulgada, ancho: 1 pulgada) entre los dos materiales utilizando una espátula, asegurando la adherencia entre 5 – 10 minutos. Posteriormente, se procedió con el ensayo de pelado con la finalidad de separar los materiales.
- c. Ajustar el interruptor de límite para establecer la posición de retorno del rodillo de acuerdo con el tamaño de la muestra de ensayo.

- d. Colocar los materiales en la tabla de muestras (véase figura 2.17).
- e. Alinear la zona adhesiva de los materiales con la línea central de la cara del rodillo, descender la mordaza y sujetarla.
- f. Presionar el botón de encendido “Start” para comenzar el proceso de presión con el rodillo. El rodillo rodará automáticamente para un ciclo completo (dos pasadas). El rodillo se frenará por un momento en la posición de retorno establecida y volverá a pasar. Mantener las manos alejadas del área de paso del rodillo (véase figura 2.18).
- g. Presionar el botón de parada de emergencia “Emergency Stop” en caso de necesitar detener el rodillo de inmediato.
- h. Luego de que el rodillo se detenga por completo, retirar con cuidado los materiales de la tabla de muestras.
- i. Preparar el medidor de tensión con las mordazas.
- j. Apertura de mordazas: 3 pulgadas, velocidad de la cruceta:  $20 \pm 0.4$  pulg/min. ( $500 \pm 10$  mm/min.) (véase figura 2.19).
- k. Ajustar el medidor a cero.
- l. Colocar las muestras en las mordazas, centrando la zona adhesiva, luego cierre las mordazas (véase figura 2.20).
- m. Dar inicio al ensayo para el proceso de despegue de los materiales (véase figura 2.21).
- n. Registrar la carga promedio en gramos / fuerza (véase figura 2.22).



**Figura 2.16 Flujograma ensayo de calidad del adhesivo**

*Fuente: Castro, 2017.*

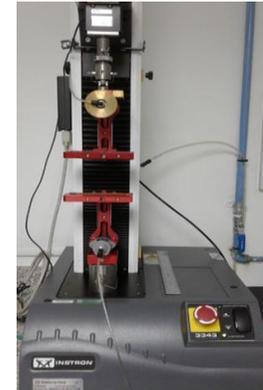
**Proceso de ensayo N° 1: Papel – Papel**



**Figura 2.17** Muestra colocada en tablero del equipo



**Figura 2.18** Proceso de presión con rodillo (Roll down)



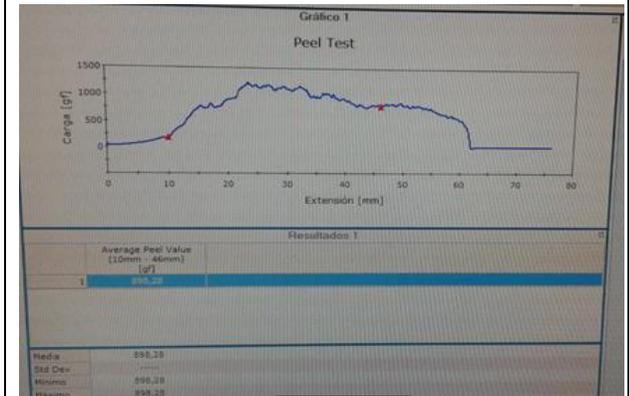
**Figura 2.19** Equipo (Dinamómetro) para medir la fuerza de peel



**Figura 2.20** Colocación de muestra en equipo (Dinamómetro)



**Figura 2.21** Proceso de despegue de los materiales papel – cartón



**Figura 2.22** Gráfica con la carga promedio en g/f (gramos / fuerza)

*Fuente: Castro, 2017.*

**Proceso de ensayo N° 2: Papel – Cartón**



**Figura 2.23 Proceso de presión con rodillo (Roll down)**



**Figura 2.24 Muestra colocada en tablero del equipo**



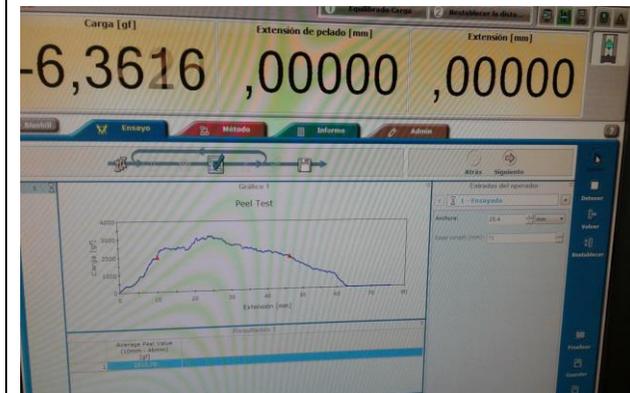
**Figura 2.25 Equipo (Dinamómetro) para medir la fuerza de peel**



**Figura 2.26 Colocación de muestra en equipo (Dinamómetro)**



**Figura 2.27 Proceso de despegue de los materiales papel – cartón**



**Figura 2.28 Gráfica con la carga promedio en g/f (gramos / fuerza)**

Fuente: Castro, 2017.

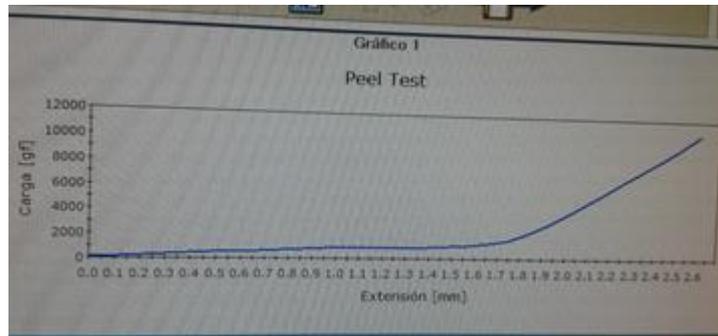
**Proceso de ensayo N° 3: Cartón – Cartón**



**Figura 2.29 Muestra colocada en tablero del equipo**



**Figura 2.30 Proceso de despegue de los materiales cartón – cartón**



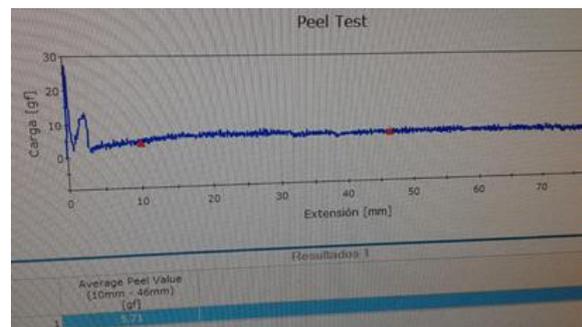
**Figura 2.31 Gráfica con la carga promedio en g/f (gramos / fuerza)**

*Fuente: Castro, 2017.*

**Proceso de ensayo N° 4: Papel – Acrílico**



**Figura 2.32 Proceso de despegue de los materiales papel – acrílico**



**Figura 2.33 Gráfica con la carga promedio en g/f (gramos / fuerza)**

*Fuente: Castro, 2017.*

## 2.7 Ensayos de composición mineral y humedad al adhesivo

Se realizaron ensayos para determinar el contenido de humedad y cenizas del adhesivo natural extraído.

### 2.7.1 Determinación de humedad

#### Procedimiento:

- a. Pesar un gramo de la muestra obtenida en un crisol previamente tarado.
- b. Colocar en la mufla a 105°C durante 4 horas.
- c. Posteriormente, el crisol con la muestra se transfiere al desecador, en donde se deja reposar por un tiempo de 20 minutos antes de ser pesado.
- d. Colocar el crisol en la mufla por 30 minutos.
- e. Llevar nuevamente el crisol al desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y proceder a pesar.

Para calcular el porcentaje de humedad en la muestra, se utilizó la ecuación 2.1.

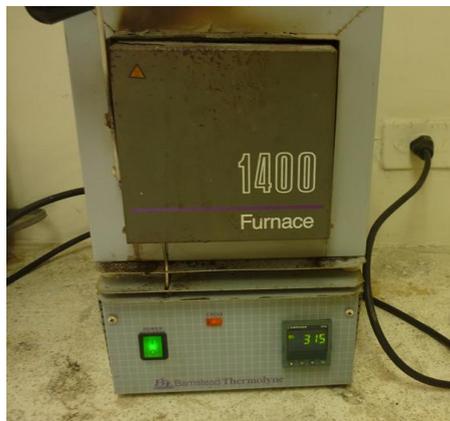
$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100 \quad (2.1)$$

Donde:

m: peso de la muestra

m<sub>1</sub>: peso del crisol más muestra húmeda

m<sub>2</sub>: peso del crisol más muestra seca



**Figura 2.34 Crisol con muestra colocada en mufla**



**Figura 2.35 Crisol con muestra en desecador**



**Figura 2.36 Peso de crisol con muestra en balanza analítica**

*Fuente: Castro, 2017.*

## 2.7.2 Determinación de cenizas

### Procedimiento:

- Pesar un gramo de la muestra en un crisol previamente pesado.
- El crisol con la muestra se somete al mechero para carbonizar la muestra lentamente.
- Al cesar el desprendimiento de humo, llevar el crisol a la mufla por una hora a 500°C.

d. Al finalizar este período, se retiran las cenizas de la mufla y colocar en el desecador por 20 minutos para que alcance la temperatura ambiente.

e. Finalmente se pesa.

Para calcular el porcentaje de cenizas en la muestra, se utilizó la ecuación 2.2.

$$\% \text{ cenizas} = \frac{w_1 - w_2}{w} \times 100 \quad (2.2)$$

Donde:

w: peso de la muestra

w<sub>1</sub>: peso del crisol más muestra calcinada

w<sub>2</sub>: peso del crisol sin muestra

## **2.8 Evaluación del costo beneficio de producción de la jaca**

Para determinar la relación costo-beneficio de la jaca mediante el proceso de extracción de adhesivo a partir de la cáscara, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Requerimiento de materia prima (cáscara de la jaca).
- Mano de obra empleada.
- Equipos y materiales para la extracción de adhesivo.
- Costo de elaboración.
- Precio de venta.

### **2.8.1 Requerimiento de materia prima (cáscara de la jaca)**

En este primer proceso se deberá establecer la cantidad de materia prima a utilizar para la obtención del producto final (adhesivo).

### **2.8.2 Mano de obra empleada**

En este aspecto, deberá ser necesario determinar el recurso humano (tanto directo como indirecto con sus respectivos costos) que se empleará para la extracción del adhesivo.

### **2.8.3 Equipos y materiales para la extracción de adhesivo**

Para la presente investigación será necesario la implementación de varios equipos, como por ejemplo: balanza analítica, estufa, centrífuga, también se utilizaron vasos de precipitación, embudos, agua destilada y etanol. Para cada equipo y material se deberá determinar la cantidad necesaria y el costo empleado en la investigación.

### **2.8.4 Costo de elaboración**

En esta etapa se deberá realizar la suma total y obtener el valor final, el cual se dividirá para la cantidad de producto final obtenido (adhesivo) y establecer el costo por Kg de adhesivo.

### **2.8.5 Precio de venta**

Finalmente al costo por Kg de adhesivo, se le deberá añadir un porcentaje de ganancia que se espera obtener de la venta del adhesivo, este valor corresponderá al precio de venta al público o de comercialización.

De acuerdo a la cantidad de producto final obtenido (adhesivo) se deberá analizar el costo-beneficio de la jaca mediante el proceso de extracción.

Además, se deberá tomar como referencia los adhesivos comerciales y la supuesta proyección de una planta para producción de adhesivos a base de cáscara de la jaca, con el fin de determinar los costos de producción, precios de ventas y competitividad del producto en comparación con los adhesivos comerciales.

## **CAPÍTULO 3**

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Desarrollo del adhesivo natural

El proceso de desarrollo del adhesivo natural abarcó desde la etapa de extracción del adhesivo a partir de la cáscara de jaca hasta la ejecución de ensayos de adhesividad.

#### 3.2 Obtención del adhesivo natural

En la tabla 3 se muestra el porcentaje de adhesivo natural obtenido con respecto al peso de muestra utilizada (cáscara de jaca) mediante prensado manual.

**Tabla 3 Rendimiento de adhesivo por prensado manual**

Peso cáscara de jaca utilizada (g)	Peso adhesivo (g)	Rendimiento (%)
300	28,29	9,43

En la tabla 4 se muestra el porcentaje de adhesivo natural obtenido con respecto al peso de muestra utilizada (cáscara de jaca) mediante extracción alcohólica.

**Tabla 4 Rendimiento de adhesivo por extracción alcohólica**

Peso cáscara de jaca utilizada (g)	Peso adhesivo (g)	Rendimiento (%)
300	65,14	21,71

#### 3.3 Ensayos de calidad del adhesivo

##### 3.3.1 Ensayo N° 1: Papel – Papel

Se registró adherencia en la superficie de ambos materiales y se percibió resistencia al pelado. Se observó gran cantidad de residuos de adhesivo en la superficie de los materiales en forma de lámina transparente que adoptaba un tono de coloración café.

A continuación, en la tabla 5 se detallan los resultados obtenidos.

**Tabla 5 Resultados de prueba de pelado Papel – Papel**

<b>Nº Prueba</b>	<b>Prueba de pelado (Peel test) (gf)</b>
1	898,28
2	901,71
3	758,13
4	869,12
5	956,45
6	877,23
7	639,12
8	775,69
9	886,13
10	1025,61
<b>Promedio</b>	<b>858,75</b>

### 3.3.2 Ensayo Nº 2: Papel – Cartón

Se observó una gran resistencia al despegue de los materiales. Se registró adherencia en la superficie de ambos materiales, así como pequeñas cantidades de adhesivo en la superficie del cartón.

A continuación, en la tabla 6 se detallan los resultados obtenidos.

**Tabla 6 Resultados de prueba de pelado Papel - Cartón**

<b>Nº Prueba</b>	<b>Prueba de pelado (Peel test) (gf)</b>
1	2513,70
2	1119,31
3	2231,45
4	1648,14
5	2156,78
6	2443,40
7	1778,41
8	1992,46
9	2069,36
10	2469,74
<b>Promedio</b>	<b>2042,27</b>

### 3.3.3 Ensayo Nº 3: Cartón – Cartón

Se registró adherencia en la superficie de ambos materiales y se percibió resistencia al pelado. Además, se observó desprendimiento de las superficies de los materiales.

A continuación, en la tabla 7 se detallan los resultados obtenidos.

**Tabla 7 Resultados de prueba de pelado Cartón - Cartón**

<b>Nº Prueba</b>	<b>Prueba de pelado (Peel test) (gf)</b>
1	10602,25
2	12412,36
3	9638,96
4	9145,15
5	10563,20
6	9678,44
7	10036,12
8	13362,48
9	8678,88
10	9314,10
<b>Promedio</b>	<b>10343,09</b>

#### **3.3.4 Ensayo Nº 4: Papel – Acrílico**

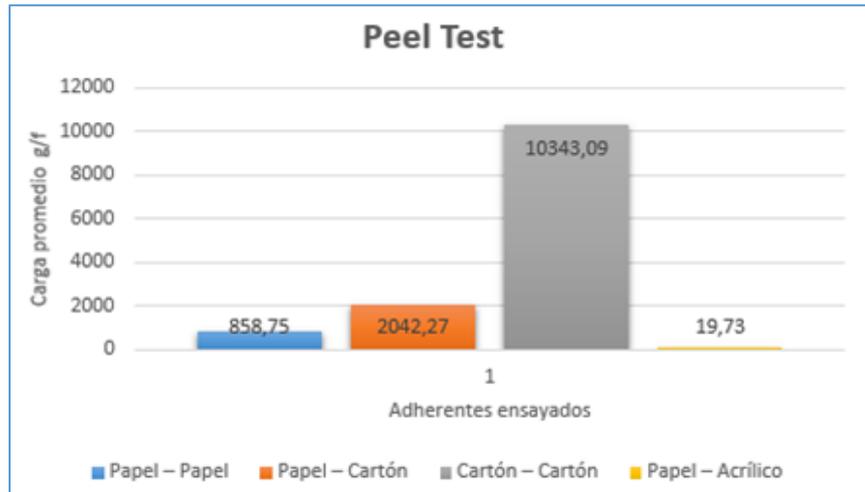
Se observó baja resistencia al despegue de los materiales. No se registró adherencia en la superficie de ambos materiales y no se presentó resistencia al pelado.

A continuación, en la tabla 8 se detallan los resultados obtenidos.

**Tabla 8 Resultados de prueba de pelado Papel - Acrílico**

<b>Nº Prueba</b>	<b>Prueba de pelado (Peel test) (gf)</b>
1	5,71
2	10,63
3	15,69
4	24,51
5	26,37
6	34,45
7	14,60
8	22,33
9	11,36
10	31,69
<b>Promedio</b>	<b>19,73</b>

A continuación, en la figura 3.1 se detalla un resumen con los resultados de los ensayos realizados.



**Figura 3.1 Resultados de ensayos del adhesivo**

*Fuente: Castro, 2017.*

### 3.4 Ensayos de composición mineral y humedad al adhesivo

#### 3.4.1 Determinación de humedad

Al determinar la humedad presente en el adhesivo obtenido, se observa que presenta el siguiente contenido de humedad:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{30.64 \text{ g} - 20.10 \text{ g}}{30.64 \text{ g}} \times 100 = 34\%$$

#### 3.4.2 Determinación de cenizas

El porcentaje de cenizas obtenidas del adhesivo se ilustra en la figura 3.8.

$$\% \text{ cenizas} = \frac{31.55 \text{ g} - 29.4 \text{ g}}{31.55 \text{ g}} \times 100 = 7\%$$

A continuación, en la figura 3.2 se detallan los resultados obtenidos de composición mineral y humedad del adhesivo.



**Figura 3.2 Resultados de composición mineral y humedad del adhesivo**

*Fuente: Castro, 2017.*

# **CAPÍTULO 4**

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Porcentaje de adhesivo obtenido de la cáscara de jaca

En un principio se emplearon dos metodologías: por prensado y por extracción alcohólica (utilizando etanol 96%), por lo que se procedió a determinar el método apropiado que presente un mayor porcentaje de rendimiento en la obtención del adhesivo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la ejecución de los dos métodos de extracción presentó diferentes porcentajes de rendimiento.

Realizando el análisis con respecto al prensado, con este método se debió mantener una presión constante entre las superficies de compresión y la muestra a prensar; sin embargo, esta presión ejercida por una fuerza manual, no se mantuvo estable por un tiempo prolongado ocasionando que se obtengan pequeñas cantidades de adhesivo natural; es decir, este método presentó un menor rendimiento.

Por otro lado, con la extracción alcohólica se eliminaron contaminantes disueltos, lo cual elevó la cantidad y calidad del producto final. Dentro de este método, también se incluyó la filtración, el mismo que contribuyó a optimizar el proceso de extracción; por ello, la cantidad de adhesivo natural obtenido es mayor en relación al prensado manual. Además, debido a que el etanol presenta un bajo punto de ebullición y una fácil evaporación, esto contribuyó a una extracción libre de residuos y de olores indeseados.

Independientemente de los rendimientos por cada método, estos resultados me indicaron que el látex que segregó la cáscara de jaca puede ser aprovechado y utilizado como principio activo para la elaboración de adhesivos.

Con la obtención de adhesivo natural, se realizaron pruebas de calidad con diferentes materiales (papel, cartón y acrílico) para evaluar los diferentes comportamientos en relación a la fuerza de adherencia del adhesivo y al desprendimiento de los materiales unidos.

#### **4.2 Determinación de humedad y cenizas**

La determinación del porcentaje de humedad en el adhesivo (34% obtenido) es una variable que se consideró, ya que es una manera de controlar la concentración y el tiempo de duración del adhesivo en las superficies a adherir.

En cuanto a la determinación de cenizas (7% obtenido), me indica que el adhesivo presentó un menor contenido de sustancias minerales debido a la presencia de gran cantidad de materia orgánica.

# **CAPÍTULO 5**

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se comprobó la obtención de adhesivo natural a partir de la cáscara de jaca utilizando el método de extracción alcohólica, el cual generó un porcentaje de rendimiento del 21,71%.
- Se determinaron las condiciones y los parámetros físico-químicos bajo los cuales se obtuvo el adhesivo natural.
- Se analizó física y químicamente el efecto del adhesivo natural obtenido.
- Se determinaron las aplicaciones del adhesivo natural obtenido, a través de la adherencia que presentó en los diferentes materiales ensayados.
- La concentración de etanol 96% favoreció la obtención del adhesivo, lo que genera un alto grado de confiabilidad al utilizarlo en procesos de extracción.
- Se determinó la calidad del adhesivo obtenido utilizando el método de desprendimiento o pelado (peel test) para los ensayos: papel – papel, papel – cartón, cartón – cartón, por tratarse de sustratos flexibles. De acuerdo a esto, el ensayo cartón – cartón presentó mayor influencia del adhesivo, ya que se registró una alta adherencia en la superficie de ambos materiales y se percibió una mayor resistencia al desprendimiento (resultado promedio del ensayo: 10343,09 g/f).
- Se determinó el método de cortadura o cizalla para el ensayo papel – acrílico, por tratarse de un adherente no flexible (acrílico) con un adherente flexible (papel), el cual presentó menos resistencia al despegue de los materiales (resultado promedio del ensayo: 19,73 gf), lo cual nos indica que el adhesivo no es aplicable entre estos adherentes.
- Durante los ensayos, se observaron los fallos de las uniones adhesivas: para los ensayos papel – papel y papel – cartón se presentaron fallos cohesivos (deseable), para el ensayo cartón – cartón se presentó un

fallo intermedio y, finalmente para el ensayo papel – acrílico se obtuvo un fallo adhesivo (no deseable).

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Generar una investigación donde se realicen las siguientes pruebas al adhesivo resultante: pH, viscosidad, porcentaje de sólidos totales y tiempo de secado con la finalidad de establecer los parámetros finales del producto a la hora de su elaboración industrial.
- Realizar un estudio económico del producto (costos de producción, precio de venta, tasa de rentabilidad) en base a un estudio de mercado proyectado y comportamiento del mercado frente a este tipo de producto y así determinar una proyección en ventas.
- Utilizar otras variedades de frutos para la obtención de adhesivos.
- Proponer una investigación para evaluar las propiedades de los adhesivos a diferentes temperaturas y tiempos de secado.
- Desarrollar pruebas de adhesividad empleando otros sustratos como plástico, metal y madera.

## REFERENCIAS

- [1] Agronegocios Ecuador (2012, 23 de Febrero). La Jackfruit ayuda a prevenir la diabetes. *El Comercio*. Recuperado de [http://agronegocioecuador.ning.com/notes/La\\_Jackfruit\\_ayuda\\_a\\_prevenir\\_la\\_diabetes](http://agronegocioecuador.ning.com/notes/La_Jackfruit_ayuda_a_prevenir_la_diabetes)
- [2] Aguilar Osorio, M. (2011). Estudio de la temperatura y concentración de azúcar en la deshidratación osmótica de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam). (Proyecto de Trabajo de Graduación, Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/843>
- [3] ASTM Int'l. (2008). Standard Test Method for Peel Resistance of Adhesives (T-Peel Test). Recuperado de [http://cms-ultmb.web.cern.ch/cms\\_tmb/tracker\\_upgrade/ls1/sealing/materials/radiation\\_test\\_oct2012/astm-d1876-2001--standard%20peel.pdf](http://cms-ultmb.web.cern.ch/cms_tmb/tracker_upgrade/ls1/sealing/materials/radiation_test_oct2012/astm-d1876-2001--standard%20peel.pdf)
- [4] Elaboración de un material de recubrimiento con características impermeables a partir del fruto *Artocarpus Heterophyllus* Lam (2012, Marzo). Recuperado de [http://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria20/feria048\\_01\\_elaboracion\\_de\\_un\\_material\\_de\\_recubrimiento\\_con\\_ca.pdf](http://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria20/feria048_01_elaboracion_de_un_material_de_recubrimiento_con_ca.pdf)
- [5] Elevitch, C. & Manner, H.I. (2006). *Artocarpus Heterophyllus* (jackfruit). Recuperado de [https://www.ctahr.hawaii.edu/sustainag/extn\\_pub/fruitpubs/A.heterophyllus-jackfruit.pdf](https://www.ctahr.hawaii.edu/sustainag/extn_pub/fruitpubs/A.heterophyllus-jackfruit.pdf)
- [6] Simba Casa, M. (2014). Caracterización físico- química del jack fruit y propuestas de dos alternativas para el procesamiento. (Trabajo de Titulación, Universidad Tecnológica Equinoccial). Recuperado de [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5062/1/55526\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5062/1/55526_1.pdf)

- [7]Garde Belza, J. Colas y adhesivos. Recuperado de <http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wn/Colas%20y%20adhesivos?OpenDocument>
- [8]Grupo EL COMERCIO (2011, 14 de Mayo). Las frutas típicas de Santo Domingo. *El Comercio*. Recuperado de <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/frutas-tipicas-de-santo-domingo.html>
- [9]Hernández Ruiz, M. & Vergara Narváez, A. (2008). Elaboración y evaluación de un adhesivo a partir del almidón de yuca nativo, (*manihot sculenta crantz*), variedad m-tai, utilizando hidróxido de sodio como agente hidrolizante. (Trabajo de Titulación Universidad de Sucre). Recuperado de <http://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/255/2/668.38H557.pdf>
- [10]Institut Tècnic Català de la Soldadura. (s.f.). Uniones adhesivas – Archivos. Recuperado de <http://www.itcsoldadura.org/es/detalle/archivos/1049/uniones-adhesivas>
- [11]Jackfruit. (s.f.). Recuperado de [https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/jackfruit\\_ars.html](https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/jackfruit_ars.html)
- [12]La web de los adhesivos. (s.f.). Adhesivo – definición de adhesivo. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/definicion-de-adhesivo.html>
- [13]La web de los adhesivos. (s.f.). Teorías sobre la Adhesión – Modelos de adhesión. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/teorias-adhesion.html>
- [14]La web de los adhesivos. (s.f.). Clasificación de los adhesivos. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/clasificacion-de-los-adhesivos.html>

- [15]La web de los adhesivos. (s.f.). Termoplástico. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/termoplastico.html>
- [16]La web de los adhesivos. (s.f.). Elastómero. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/elastomero.html>
- [17]La web de los adhesivos. (s.f.). Termoestable. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/termoestable.html>
- [18]La web de los adhesivos. (s.f.). Clasificación de los adhesivos. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/componentes-de-los-adhesivos.html>
- [19]La web de los adhesivos. (s.f.). Ventajas y beneficios de los adhesivos. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/ventajas-adhesivos.html>
- [20]La web de los adhesivos. (s.f.). Desventajas e inconvenientes de los adhesivos. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/desventajas-adhesivos.html>
- [21]La web de los adhesivos. (s.f.). Aplicaciones de los adhesivos. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/aplicaciones-adhesivos.html>
- [22]La web de los adhesivos. (s.f.). Ensayos en adhesivos y uniones adhesivas. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/ensayos-adhesivos.html>
- [23]La web de los adhesivos. (s.f.). DIN 2304 – La norma de usos de adhesivos para la Industria. Recuperado de <http://www.losadhesivos.com/din-2304.html>
- [24]Madrid, M. (s.f.). Tecnología de la adhesión. Recuperado de [https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/7071/7071377/curso\\_de\\_adhesivos.pdf](https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/7071/7071377/curso_de_adhesivos.pdf)

- [25]Pardo Cano, D. (2006). Propiedades superficiales y evaluación de adherencia mecánica - química de laminados metal-polímero. (Trabajo de Titulación, Universidad Austral de Chile). Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmf cip226p/doc/bmf cip226p.pdf>
- [26]QuimiNet (2006, 27 de Abril). Tipos de adhesivos según su origen. Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/tipos-de-adhesivos-segun-su-origen-8101.htm>
- [27]Soriano Lima, A. (2000, 26 de Junio). La jaca alimento del futuro. El Universal. Recuperado de <http://archivo.eluniversal.com.mx/estados/12112.html>
- [28]Ulloa, J., Ulloa, R., Flores, J. R., Ulloa, B.E. & Escalona, H. (2007). Comportamiento del color en bulbos del fruto de la jaca (*Artocarpus Heterophyllus*). Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/724/72450508/>
- [29]Vazhacharickal *et al.* (2015) Chemistry and medicinal properties of jackfruit *artocarpus heterophyllus* a review on current status of knowledge, 3 (2). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/304605177\\_CHEMISTRY\\_AND\\_MEDICINAL\\_PROPERTIES\\_OF\\_JACKFRUIT\\_ARTOCARPUS\\_HETEROPHYLLUS\\_A\\_REVIEW\\_ON\\_CURRENT\\_STATUS\\_OF\\_KNOWLEDGE](https://www.researchgate.net/publication/304605177_CHEMISTRY_AND_MEDICINAL_PROPERTIES_OF_JACKFRUIT_ARTOCARPUS_HETEROPHYLLUS_A_REVIEW_ON_CURRENT_STATUS_OF_KNOWLEDGE)

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

**Adhesión:** Corresponde a todas las fuerzas o mecanismos que mantienen unido el adhesivo con cada sustrato.

**Adhesivo:** Material no-metálico capaz de unir 2 sustratos mediante los mecanismos de adhesión y de cohesión.

### C

**Cohesión:** Corresponde a todas las fuerzas o mecanismos que mantienen unido el propio adhesivo.

### E

**Extracción:** Procedimiento de separación de una sustancia que puede disolverse en dos disolventes no miscibles entre sí, con distinto grado de solubilidad y que están en contacto a través de una interfase.

### P

**Polímero:** Son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros.

**Prensado:** Es la separación de líquido de un sistema de dos fases de sólido-líquido mediante la compresión, en condiciones que permiten que el líquido escape al mismo tiempo que se retiene el sólido entre las superficies de compresión.

### S

**Sustrato:** Corresponde al material que pretendemos adhesivar o unir.