



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE INGENIERÍA TEXTIL

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
“INGENIERO TEXTIL”

Tema: “DESARROLLO DE LAMINADOS A ESCALA DE LABORATORIO  
UTILIZANDO CELULOSA DE BAMBÚ Y POLÍMEROS NATURALES”.

ELABORADO POR:

GUAYTARILLA ROSERO MARÍA DEL CARMEN

DIRECTOR DE TESIS:

MSC. OMAR VINICIO GODOY COLLAGUAZO

IBARRA - ECUADOR

2021



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En el cumplimiento del Art. 144 de la Ley Superior de Educación, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a su disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	105009422-4		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Guaytarilla Rosero María del Carmen		
<b>DIRECCIÓN:</b>	El Sagrario – Puerto Rico 1-24 y Brasil		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:mdguaytarillar@utn.edu.ec">mdguaytarillar@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	----	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0984151032

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	DESARROLLO DE LAMINADOS A ESCALA DE LABORATORIO UTILIZANDO CELULOSA DE BAMBÚ Y POLÍMEROS NATURALES
<b>AUTOR (ES):</b>	María del Carmen Guaytarilla Rosero
<b>FECHA:</b>	26-03-2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EN EL OPTA:</b>	Ingeniería Textil
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

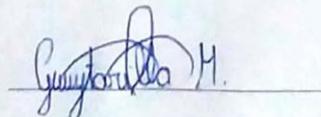
## 2. CONSTANCIAS

### 2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar los derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) a defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de junio de 2021

**LA AUTORA:**



María del Carmen Guaytarilla Rosero

C.I: 105009422-4



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por la egresada **MARÍA DEL CARMEN GUAYTARILLA ROSERO**, para optar el título de **INGENIERA TEXTIL**, cuyo tema es **“DESARROLLO DE LAMINADOS A ESCALA DE LABORATORIO UTILIZANDO CELULOSA DE BAMBÚ Y POLÍMEROS NATURALES”**, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los opositores que se designe.

Ibarra, a los 10 días del mes de junio de 2021



**MSc. OMAR VINICIO GODOY COLLAGUAZO**

**DIRECTOR DE TESIS**

## DEDICATORIA

A mi Dios todopoderoso, el ser supremo que cada día me guía y da fortaleza para continuar mi camino, “*el tiempo de DIOS es perfecto*”.

A mis queridos padres, Pablo Guaytarilla y Alexandra Rosero, quienes con su apoyo incondicional a pesar de las situaciones me ayudan a cumplir cada uno de mis sueños y metas, con su esfuerzo y trabajo arduo logran proporcionarme todo lo necesario e inculcar excelentes valores que aplico en mi diario vivir.

A mi esposo Franco, que me ha apoyado incondicionalmente dándome fuerza y palabras de aliento en los altos y bajos de mi carrera estudiantil “*Gracias por estar junto a mí*”.

A mi hija Sofy, un ángel enviado por Dios, el mejor regalo, quien me enseña cada día lo maravilloso de ser mamá y que gracias a ella lo tengo todo. “*Mi mundo entero*”

**María del Carmen Guaytarilla Rosero**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Dios todopoderoso, “Gracias Dios Mío por estar conmigo siempre y no abandonarme, lo mío no es suerte son bendiciones”

A mis queridos padres, hermana y sobrina, gracias por brindarme todo su apoyo, su ejemplo de trabajo y dedicación, son una guía para mí.

A mi director de tesis MSc. Omar Godoy, mis opositores MSc. Wilson Herrera, MSc. Fernando Fierro, MSc William Esparza, apreciados laboratoristas Ing. Fausto Gualoto e Ing. José Posso, quienes me han brindado sus conocimientos y tiempo a lo largo de la carrera y también para la realización de esta investigación.

A todos los docentes de la Carrera en Textiles y a todas las personas que de un modo u otro me ayudaron y participaron en este proceso para cumplir esta meta.

**María del Carmen Guaytarilla Rosero**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	i
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	xv
GLOSARIO DE ABREVIATURAS .....	xvi
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
CAPÍTULO I .....	1
1. Introducción.....	1
1.1. Descripción del tema.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Importancia del estudio.....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos a alcanzar .....	3
1.5. Características del sitio del proyecto .....	3
CAPÍTULO II.....	5
2. Estado del arte .....	5
2.1. Estudios previos .....	5
2.1.1. Polímeros .....	5

2.1.2.	<b>Celulosa</b> .....	5
2.1.3.	<b>Laminados</b> .....	6
2.2.	<b>Marco legal</b> .....	6
2.2.1.	<b>Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte</b> .....	6
2.2.2.	<b>Registro oficial de la Constitución de la República del Ecuador</b> .....	7
2.3.	<b>Marco conceptual</b> .....	7
2.3.1.	<b>Bambú</b> .....	8
2.3.2.	<b>Polímeros</b> .....	12
2.3.3.	<b>Látex</b> .....	14
2.3.4.	<b>Silicona</b> .....	17
2.3.5.	<b>Celulosa</b> .....	21
2.3.6.	<b>Laminación</b> .....	23
<b>CAPÍTULO III</b> .....		24
3.	<b>Metodología</b> .....	24
3.1.	<b>Método de investigación</b> .....	24
3.1.1.	<b>Método científico</b> .....	24
3.1.2.	<b>Método experimental</b> .....	24
3.2.	<b>Flujograma de proceso</b> .....	24
3.3.	<b>Flujograma muestral</b> .....	27
3.3.2.	<b>Determinación de la resistencia a la tracción para tejidos recubiertos de plástico o caucho ISO 1421:2016</b> .....	28
3.4.	<b>Instrumentos, materiales y equipos de laboratorio</b> .....	29
3.4.1.	<b>Auxiliares</b> .....	29
3.4.2.	<b>Materiales</b> .....	29
3.4.3.	<b>Equipos</b> .....	30
3.5.	<b>Procedimiento</b> .....	30
3.5.1.	<b>Guadua angustifolia pulverizada</b> .....	30

3.5.2.	<b>Materiales y cálculo de auxiliares para la obtención de celulosa</b> .....	31
3.5.3.	<b>Proceso alcalino</b> .....	32
3.5.4.	<b>Obtención de la celulosa</b> .....	33
3.5.5.	<b>Secado</b> .....	33
3.5.6.	<b>Materiales y cálculo de auxiliares para la elaboración de laminados</b> 34	
3.5.7.	<b>Medición de pH siliconas y látex</b> .....	39
3.5.8.	<b>Mezcla de celulosa y polímeros (látex y silicona Artesil TV)</b> .....	41
3.5.9.	<b>Proceso de laminación</b> .....	42
3.5.10.	<b>Secado en el horno de secado y estabilización al ambiente</b> .....	47
3.5.11.	<b>Obtención de laminados</b> .....	49
3.6.	<b>Pruebas de laboratorio</b> .....	51
3.6.1.	<b>Deslizamiento de costuras ISO 139 36-1</b> .....	51
3.6.2.	<b>Determinación de la resistencia a la tracción para tejidos recubiertos de plástico o caucho ISO 1421:2016</b> .....	51
3.6.3.	<b>Resistencia al desgarro de la tela ASTM D2261</b> .....	52
3.7.	<b>Costo de producción de laminado</b> .....	53
3.7.1.	<b>Laminados látex</b> .....	53
3.7.2.	<b>Laminados de Silicona Artesil RTV</b> .....	55
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		58
4.	<b>Resultados y discusión de resultados</b> .....	58
4.1.	<b>Resultados</b> .....	58
4.1.1.	<b>Tablas de resultados</b> .....	58
4.2.	<b>Discusión de resultados</b> .....	69
4.2.1.	<b>Resumen de resultados</b> .....	69
4.2.2.	<b>Análisis de la varianza</b> .....	70
4.2.3.	<b>Normalidad de datos</b> .....	71
4.2.4.	<b>Formas de representación estadística</b> .....	73

<b>CAPÍTULO V</b> .....	77
<b>5. Conclusiones y recomendaciones</b> .....	77
<b>5.1. Conclusiones</b> .....	77
<b>5.2. Recomendaciones</b> .....	79
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	81
<b>ANEXOS</b> .....	87
<b>Anexo 1.</b> Obtención de la celulosa de bambú pulverizada.....	87
<b>Anexo 2.</b> Norma INEN 145 1976-09 Determinación de la humedad en el algodón.....	88
<b>Anexo 3.</b> Marcos de serigrafía y madero .....	92
<b>Anexo 4.</b> Características del laminado de silicona (Fabsoft) N°2.....	93
<b>Anexo 5.</b> Ficha Técnica silicona Fabsoft .....	94
<b>Anexo 6.</b> Ficha Técnica Silicona Artesil RTV .....	96
<b>Anexo 7.</b> Ficha Técnica Látex - Caucho Natural .....	98
<b>Anexo 8.</b> Pruebas de laboratorio .....	99
<b>Anexo 9.</b> Certificado de utilización de laboratorios de la Planta Textil UTN .....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación Planta Textil de la Universidad Técnica del Norte.....	4
<b>Figura 2.</b> Bambú.....	9
<b>Figura 3.</b> Distribución geográfica en Ecuador.....	9
<b>Figura 4.</b> Crecimiento del bambú.....	10
<b>Figura 5.</b> Representación de polietileno (a) molecular (b) desarrollo.....	12
<b>Figura 6.</b> Clasificación de los polímeros.....	13
<b>Figura 7.</b> Clasificación de los polímeros biodegradables.....	14
<b>Figura 8.</b> Clasificación del caucho.....	15
<b>Figura 9.</b> Fórmula química del látex natural.....	16
<b>Figura 10.</b> Extracción de caucho natural del árbol Hevea brasiliensis.....	16
<b>Figura 11.</b> Estructura química de la silicona.....	18
<b>Figura 12.</b> Fórmula estructural del polidimetilsiloxano.....	19
<b>Figura 13.</b> Estructuras químicas de las siliconas.....	19
<b>Figura 14.</b> Fórmula química de la celulosa.....	21
<b>Figura 15.</b> Flujograma general del proceso.....	25
<b>Figura 16.</b> Flujograma muestral.....	27
<b>Figura 17.</b> Caña guadua seca.....	31
<b>Figura 18.</b> Caña guadua pulverizada.....	31
<b>Figura 19.</b> a) Celulosa, b) lignina obtenida.....	33
<b>Figura 20.</b> Diseño de los marcos de serigrafía.....	35
<b>Figura 21.</b> Marco de serigrafía para silicona.....	36
<b>Figura 22.</b> Marco de serigrafía para látex.....	36
<b>Figura 23.</b> Paso de la silicona (Fafsoft) a través de la malla de estampación.....	37
<b>Figura 24.</b> Marco de madera de laurel con superficie de tríplex de 12 capas Látex.....	37
<b>Figura 25.</b> Marco de madera de laurel con superficie de tríplex de 12 capas Silicona.....	38
<b>Figura 26.</b> Diseño del madero.....	39
<b>Figura 27.</b> Medición del pH a la silicona Fabsoft.....	40
<b>Figura 28.</b> Medición de pH de silicona (Artesil RTV).....	40
<b>Figura 29.</b> Medición del pH de látex natural.....	41
<b>Figura 30.</b> Mezcla del polímero y celulosa de bambú pulverizada.....	42
<b>Figura 31.</b> Colocación de la mezcla de celulosa y látex.....	42
<b>Figura 32.</b> Colocación de la mezcla en el marco de serigrafía.....	44

<b>Figura 33.</b> Colocación de la mezcla en el marco (base de tríplex).....	46
<b>Figura 34.</b> Secado del laminado de látex.....	48
<b>Figura 35.</b> Secado del laminado de silicona Fabsoft.....	48
<b>Figura 36.</b> Estabilización y secado al ambiente silicona Artesil RTV.....	49
<b>Figura 37.</b> Obtención del laminado de látex.....	49
<b>Figura 38.</b> Laminado de silicona Fabsoft.....	50
<b>Figura 39.</b> Laminado silicona Artesil RTV.....	50
<b>Figura 40.</b> Análisis de la varianza (laminados látex).....	70
<b>Figura 41.</b> Análisis de la varianza (laminados silicona Artesil RTV).....	71
<b>Figura 42.</b> Normalidad de datos (laminados látex).....	72
<b>Figura 43.</b> Normalidad de datos (laminados silicona Artesil RTV).....	72
<b>Figura 44.</b> Gráfico general de datos (látex).....	73
<b>Figura 45.</b> Gráfico general de datos (silicona Artesil RTV).....	74
<b>Figura 46.</b> Diagrama matriz (látex).....	75
<b>Figura 47.</b> Diagrama matriz (silicona Artesil RTV).....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	7
<b>Tabla 2</b> Composición de la fibra de <i>G angustifolia</i> Kunth .....	8
<b>Tabla 3</b> Aplicaciones de la silicona .....	20
<b>Tabla 4</b> Muestras para la prueba de deslizamiento de costuras ISO 139 36-1 .....	27
<b>Tabla 5</b> Muestras para la prueba de determinación de la resistencia a la tracción para tejidos recubiertos de plástico o caucho ISO 1421:2016.....	28
<b>Tabla 6</b> Muestras para la prueba de resistencia al desgarro de la tela ASTM D2261 ...	28
<b>Tabla 7</b> Materiales a utilizar .....	29
<b>Tabla 8</b> Equipos a utilizar .....	30
<b>Tabla 9</b> Especificaciones de los marcos de serigrafía .....	34
<b>Tabla 10</b> Especificaciones de los materiales para los marcos de serigrafía (Látex).....	34
<b>Tabla 11</b> Especificaciones de los materiales para los marcos de serigrafía (Silicona)..	35
<b>Tabla 12</b> Especificaciones del madero .....	38
<b>Tabla 13</b> Concentraciones de celulosa pulverizada, silicona Artesil RTV y látex.....	39
<b>Tabla 14</b> Parámetros aplicados en laminados de látex .....	43
<b>Tabla 15</b> Materiales, peso en gramo por centímetros cuadrado y porcentajes utilizados en el laminado de látex.....	43
<b>Tabla 16</b> Parámetros aplicados en el laminado de Silicona (Fabsoft) .....	45
<b>Tabla 17</b> Materiales, peso en gramo por centímetro cuadrado y porcentaje utilizados en los laminados de silicona Fabsoft.....	45
<b>Tabla 18</b> Parámetros aplicados en el laminado de Silicona (Artesil RTV) .....	47
<b>Tabla 19</b> Materiales, peso en gramo por centímetro cuadrado y porcentaje aplicados en laminados de silicona Artesil RTV.....	47
<b>Tabla 20</b> Costo de producción celulosa de bambú .....	53
<b>Tabla 21</b> Costo de un laminado 75 g/cm <sup>2</sup> látex .....	54
<b>Tabla 22</b> Costo de un laminado 100 g/cm <sup>2</sup> látex .....	54
<b>Tabla 23</b> Costo de un laminado 125 g/cm <sup>2</sup> látex .....	55
<b>Tabla 24</b> Costo de un laminado 75 g/cm <sup>2</sup> silicona Artesil RTV.....	56
<b>Tabla 25</b> Costo de un laminado 100 g/cm <sup>2</sup> silicona Artesil RTV.....	56
<b>Tabla 26</b> Costo un laminado 125g/cm <sup>2</sup> silicona Artesil RTV .....	57
<b>Tabla 27</b> Ensayo deslizamiento de costuras, laminados de látex .....	59

<b>Tabla 28</b> Medición deslizamiento de costuras (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 75g/cm <sup>2</sup> de silicona Artesil RTV).....	60
<b>Tabla 29</b> Medición deslizamiento de costuras (laminados 10g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 100 g/cm <sup>2</sup> de silicona Artesil RTV).....	60
<b>Tabla 30</b> Medición deslizamiento de costuras (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm <sup>2</sup> de silicona Artesil RTV).....	61
<b>Tabla 31</b> Medición de la resistencia a la tracción (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 75 g/cm <sup>2</sup> látex) .....	62
<b>Tabla 32</b> Medición de la resistencia a la tracción (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 100 g/cm <sup>2</sup> látex) .....	62
<b>Tabla 33</b> Medición de la resistencia a la tracción (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm <sup>2</sup> látex) .....	63
<b>Tabla 34</b> Ensayo de resistencia a la tracción, laminados de silicona Artesil RTV.....	63
<b>Tabla 35</b> Medición de la resistencia a la tracción (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm <sup>2</sup> silicona Artesil RTV).....	64
<b>Tabla 36</b> Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa y 75 g/cm <sup>2</sup> látex) .....	65
<b>Tabla 37</b> Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa y 100 g/cm <sup>2</sup> látex) .....	65
<b>Tabla 38</b> Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú y 125g/cm <sup>2</sup> látex).....	66
<b>Tabla 39</b> Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú y 75g/cm <sup>2</sup> silicona Artesil RTV) .....	67
<b>Tabla 40</b> Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú y 100g/cm <sup>2</sup> silicona Artesil RTV) .....	68
<b>Tabla 41</b> Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm <sup>2</sup> celulosa de bambú y 125g/cm <sup>2</sup> silicona Artesil RTV) .....	69
<b>Tabla 42</b> Síntesis de resultados de los ensayos de laboratorio (laminados látex) .....	69
<b>Tabla 43</b> Síntesis de resultados de los ensayos de laboratorio (laminados silicona Artesil RTV).....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Obtención de la celulosa de bambú pulverizada.....	87
<b>Anexo 2.</b> Norma INEN 145 1976-09 Determinación de la humedad en el algodón.....	88
<b>Anexo 3.</b> Marcos de serigrafía y madero .....	92
<b>Anexo 4.</b> Características del laminado de silicona (Fabsoft) N°2.....	93
<b>Anexo 5.</b> Ficha Técnica silicona Fabsoft .....	94
<b>Anexo 6.</b> Ficha Técnica Silicona Artesil RTV .....	96
<b>Anexo 7.</b> Ficha Técnica Látex - Caucho Natural .....	98
<b>Anexo 8.</b> Pruebas de laboratorio .....	99
<b>Anexo 9.</b> Certificado de utilización de laboratorios de la Planta Textil UTN .....	101

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Lemna:** es un género de pequeñas plantas acuáticas que crecen y flotan libres en charcos de agua dulce, incluye a las lentejas de agua.

**Estireno butadieno:** es un caucho sintético que se obtiene mediante el proceso de polimerización de los monómeros estireno y butadieno; y es utilizado en la fabricación de neumáticos.

**Bioempaques:** son materiales utilizados para empaquetar o embalar productos que ayudan a protegerlos para que sean utilizados en su disposición final y no causan daño en el ambiente.

**Nanomateriales:** aplica a una gran variedad de materiales de composición y propiedades diferentes, aun esto, tienen en común que sus dimensiones son inferiores a 100nm.

**Carboxil metil celulosa:** es un compuesto orgánico que se deriva de la celulosa y que por sus propiedades transparencia, viscosidad y tolerancia a medios ácidos puede ser aplicado en la industria alimenticia.

**Lignina:** compuesto orgánico básico de los tejidos leñosos de las plantas.

**Hemicelulosa:** es un grupo muy diverso de polisacáridos presentes en las paredes celulares de muchas plantas y vegetales al igual que la celulosa.

**Biomonómeros:** están constituidos por la unión de monómeros formando macromoléculas que están presentes en todos los seres vivos. Pueden ser aplicables en distintas áreas debido a su compatibilidad como por ejemplo las proteínas.

**Biomasa:** se lo considera también como paisaje bioclimático y se lo define como un conjunto de ecosistemas que interactúan entre sí y que están caracterizados por flora, fauna y clima que predominan en un área determinada.

**Caustificación:** procedimiento por medio del cual se obtiene sosa cáustica tomando como materia prima el carbonato de sodio.

## **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

<b>NaOH</b>	Hidróxido de sodio o sosa cáustica.
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización
<b>AATCC</b>	Asociación Americana de Químicos Textiles y Coloristas
<b>ASTM</b>	Asociación Americana para Pruebas y Materiales
<b>SENESCYT</b>	Secretaria de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación
<b>HCU</b>	Honorable Consejo Universitario
<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>UV</b>	Radiación ultravioleta
<b>INEN</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización
<b>MD</b>	Dirección de la máquina
<b>CD</b>	Dirección transversal de la máquina

## RESUMEN

El principal objetivo planteado en esta investigación consistió en elaborar laminados ecológicos utilizando celulosa de bambú pulverizada y polímeros naturales (látex y silicona) para ser aplicados en la industria con diferentes usos, considerando además, que los materiales que los conforman son de naturaleza orgánica y se descomponen fácilmente en el ambiente sin causar mayores perjuicios y de esta manera puedan sustituir a productos fabricados con derivados de petróleo (plásticos) extremadamente tóxicos que causan daños y enfermedades a los seres vivos además de un aumento desmedido de contaminación en el planeta.

Para la realización de este proyecto se obtuvo la celulosa del bambú mediante el método alcalino utilizando hidróxido de sodio al 45% de su concentración que posteriormente se mezcló con látex y silicona cada una con concentraciones de 75, 100 y 125 g/cm<sup>2</sup>, consiguiendo 27 laminados de látex y 27 laminados de silicona de 20 x 20 cm<sup>2</sup> en un total de 54 laminados; mismos que fueron sometidos a ensayos de deslizamiento de costuras, resistencia a la tracción, alargamiento y desgarró realizados en los laboratorios físico - químicos de la Carrera en Textiles de la Universidad Técnica del Norte.

Mediante la utilización del equipo dinamómetro Titan 5 modelo 1410 se determinó que los laminados de látex tienen excelentes valores de elasticidad, alargamiento y desgarró; mientras que para los laminados de silicona los valores obtenidos de los análisis muestran un menor desempeño al someterlos a ensayos de laboratorio anteriormente descritos. Posterior a ello, se realizaron análisis estadísticos utilizando el SOFTWARE PAST 4 que permitan determinar de forma matemática el rendimiento de las probetas a los análisis realizados.

Además, se logró determinar el costo preliminar de los laminados de látex y silicona, en las concentraciones trabajadas a nivel de laboratorio siendo éstas, directamente proporcionales a la concentración de los productos químicos utilizados; los laminados con un costo mayor son aquellos que en su composición utilizan silicona.

**Palabras clave:** laminado, celulosa de bambú, látex, silicona, polímeros.

# ABSTRACT



## ABSTRACT

The main objective set out in this research was to produce ecological laminates using pulverized bamboo cellulose and natural polymers (latex and silicone) to be applied in the industry in numerous ways of use, considering that the materials that make them up are organic and they get decompose easily in the environment without causing damage and in this way, it can replace products made with toxic derivatives from petroleum (plastics) that damage and cause diseases to all human beings as well as an excessive increase of pollution in planet Earth.

For this project, cellulose was obtained from bamboo by the alkaline method using sodium hydroxide at 45% of its concentration, later it was mixed with latex and silicone each one with concentrations of 75, 100, and 125 g / cm<sup>2</sup>, getting 27 latex laminates and 27 silicone laminates of 20 x 20 cm<sup>2</sup>, and the total amount was 54 laminates. They were subjected to seam slippage, tensile strength, lengthening, and tear tests, the tests were carried out in the physical-chemical laboratories of the Textile Career at Técnica del Norte University.

Using the dynamometer, Titan 5 prototype 1410, it was determined that latex laminates have excellent elasticity, lengthening, and tear values; while for silicone laminates the values obtained indicate a lower performance when they were subjected to laboratory tests described above. Consequently, statistical analyzes using the SOFTWARE PAST 4 determined mathematically the performance of the test tubes of these analyzes.

Besides, it was possible to calculate the preliminary cost of latex and silicone laminates, in the concentrations, worked at the laboratory, these are directly proportional to the concentration of the chemical products used; laminates with a higher cost are those which use silicone in their composition.

Keywords: laminate, bamboo cellulose, latex, silicone, polymers.



*RAÚL RODRÍGUEZ*

*Reviewed by Victor Raúl Rodríguez Viteri*



Juan de Velasco 2-39 entre Salinas y Juan Montalvo  
062 997-800 ext. 7351 - 7354  
Ibarra - Ecuador

gerencia@lauemprende.com  
www.lauemprende.com  
Código Postal: 100150

# CAPÍTULO I

## 1. Introducción

### 1.1. Descripción del tema

La creciente industrialización a nivel mundial ha creado una gran problemática que engloba a todo el planeta poniendo en riesgo la conservación de todos los seres vivos e inertes que en él subsisten (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2007). Así también Rodolfo (2015) alude que la proliferación de materiales plásticos en los océanos está relacionada con una ideología adquisitiva y la ausencia de concientización de las personas. De acuerdo con lo anterior Jaén, Esteve, & Banos-González (2019) mencionan que la diligencia por satisfacer las necesidades del ser humano causa una contaminación ambiental acompañada de una filosofía consumista, egoísta y contaminante. Al hablar de consumo de plásticos Rojo & Montoto (2017) afirman que son materiales que están presentes en la naturaleza y podrían causar riesgos para los seres humanos, fauna marina y salvaje produciendo cambios en los ecosistemas, exposición a productos químicos que podrían causar daños irreparables y efectos letales.

El presente trabajo de investigación **“DESARROLLO DE LAMINADOS A ESCALA DE LABORATORIO UTILIZANDO CELULOSA DE BAMBÚ Y POLÍMEROS NATURALES”** tiene como objetivo primordial promover el uso de materiales orgánicos útiles que sean amigables con el ambiente, ayudar a la disminución de la contaminación producida por plásticos y apoyar al sector socio económico especialmente de los lugares en los que crece el bambú o también conocido como caña guadúa. La parte práctica se ha realizado en los laboratorios de la Carrera en Textiles de la Universidad Técnica del Norte mediante la utilización del equipo dinamómetro para la realización las pruebas de laboratorio de deslizamiento de costuras ISO 139 36-1, determinación de la resistencia a la tracción para tejidos recubiertos de plástico o caucho ISO 1421:2016, y resistencia al desgarro de la tela ASTM D2261 para obtener y analizar los resultados de ellas.

### 1.2. Antecedentes

El bambú angustifolia es una de las especies de bambúes que más se producen en Ecuador en climas cálidos y son comercializadas para la construcción, artículos decorativos y otros productos. Al mencionar que el bambú ha sido utilizado en la

antigüedad para construcciones López & Correal (2009) afirman que la principal razón es su magnífica relación de resistencia y peso, ligado a una alta sustentabilidad en virtud de su crecimiento veloz que van desde los 3 a los 6 años y una impresionante flexibilidad para crear diferentes figuras geométricas.

Al analizar sus características físicas Hallet & Jhonston (2010) mencionan que:

El bambú es resistente, duradera, firme y flexible, posee una sección transversal circular que le concede la propiedad de ser suave, y su superficie de la sección transversal contiene micro espacios y micro agujeros proporcionándole buena absorción de humedad y un alto nivel de respirabilidad (pág. 46).

Por ejemplo, en Medio Oriente donde abunda el bambú lo han utilizado desde el nacer de sus culturas representando de tal manera un sustento para el diario vivir de los pobladores. Según Borges, Ros, Castellanos, Milanés, & Velásquez (2004) en su artículo exponen que en varios países el bambú cumple un rol importante en las tradiciones culturales ya que es una vía de manutención para la gran mayoría de familias.

Por lo tanto, se puede utilizar al bambú (caña guadua) como material orgánico amigable como el medio para reemplazar productos sintéticos y ayudar en la reducción del impacto ambiental, debido a las posibles aplicaciones y las características que este presenta. Es necesario mencionar que se debe crear una conciencia ambientalista que promueva el cuidado del medio.

### **1.3. Importancia del estudio**

La investigación nace fruto de la necesidad de conocer algo nuevo, llamativo que tenga como objetivo dar solución a un problema específico de la sociedad actual como lo es la contaminación y su minimización a través de la utilización de material orgánico que en este caso es el bambú o caña guadua.

Con la elaboración de laminados se pretenden encontrar aplicaciones de la celulosa de bambú con polímeros naturales. Las características físicas que posee el bambú son extraordinarias y al estar en mezcla se intensifican aún más; además de ser un producto orgánico amigable con el ambiente con múltiples usos en la industria. Son productos ecológicos ya que para su elaboración se utiliza celulosa de caña guadua pulverizada y polímeros naturales tales como silicona y látex (caucho natural). Son también, materiales que presentan alta resistencia, flexibilidad, no son tóxicos ni inflamables. Tienen un costo relativamente bajo y son accesibles en el mercado.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

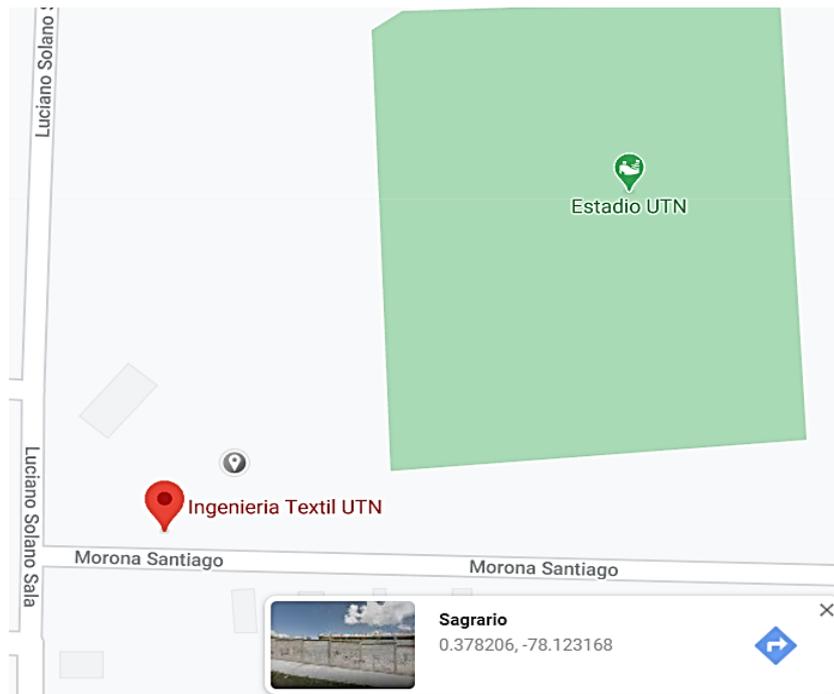
Desarrollar laminados a escala de laboratorio utilizando celulosa de bambú y polímeros naturales mediante el uso de marcos de serigrafía para la obtención de artículos decorativos.

### **1.4.2. Objetivos específicos a alcanzar**

- Realizar un estudio del arte y patentes acerca de la obtención de la celulosa de bambú, polímeros (látex y silicona) y laminados.
- Obtener la celulosa de bambú mediante el método alcalino utilizando hidróxido de sodio con 45% de concentración.
- Determinar la optimización de los parámetros del laminado apropiados mediante un estudio experimental para generar un modelo matemático empírico y realizar las pruebas de laboratorio de deslizamiento de costuras ISO 13936-1, determinación de la resistencia a la tracción para tejidos recubiertos de plástico o caucho ISO 1421:2016, y resistencia al desgarro de la tela ASTM D2261, mediante el equipo dinamómetro Titan 5 modelo 1410 e interpretar los resultados.
- Realizar el análisis económico preliminar del costo de producción de los laminados y polímeros naturales.

## **1.5. Características del sitio del proyecto**

Este proyecto de investigación se ha desarrollado en los laboratorios de la Carrera en Textiles de la Universidad Técnica del Norte, ubicados en la ciudad de Ibarra, en el sector de Azaya en las calles Luciano Solano Sala y Morona Santiago con las coordenadas 0,378206-78,123168 (ver **Figura 1**).



**Figura 1.** Ubicación Planta Textil de la Universidad Técnica del Norte.

Fuente: (Google maps, 2020)

Los laboratorios de la Carrera en Textiles cuentan con equipos de alta calidad y funcionan bajo normas internacionales tales como AATCC, ISO, entre otras. Se realizan diferentes ensayos a fibras, hilos y telas obteniendo resultados con un margen de error mínimo. Actualmente, se consiente que los estudiantes guiados por los laboratoristas manipulen estos aparatos, como una forma de aprendizaje. Se llevan a cabo prácticas preprofesionales tomando en cuenta todas las medidas de seguridad y con las precauciones necesarias. Se prestan los servicios a las diferentes empresas del Ecuador para las áreas de hilatura, tejeduría, tintorería, acabados y corte y confección (Universidad Técnica del Norte, 2015).

## **CAPÍTULO II**

### **2. Estado del arte**

#### **2.1. Estudios previos**

En esta sección se pretende dar a conocer una recopilación de algunos estudios realizados acerca de los polímeros, la celulosa y los laminados, mismos que tienen una estrecha e importante relación con esta investigación. Así también, se dan a conocer los métodos, variables utilizadas y los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

##### **2.1.1. Polímeros**

En el año 2011 se realizó un trabajo de grado acerca de un acabado a base de micro emulsión de silicona como retardante de fuego en las prendas de vestir, donde se utilizó el método por agotamiento trabajando con variables tales como temperatura de 40°C y tiempo de 30 minutos a fuego bajo, dando como resultado al ser aplicado sobre un sustrato textil, una mejora en las propiedades de tacto, brillo, caída y suavidad. Se determinó que el mejor porcentaje de micro emulsión de silicona es de 20% mismo que no presentó residuos en el baño (Chugá, 2011).

En la tesis doctoral de Mansilla (2012) con tema de influencia de la microestructura en las propiedades mecánicas y térmicas de mezclas de caucho térmicas de mezclas de caucho natural y caucho estireno butadieno, donde se realizó una investigación acerca de la mezcla vulcanizada de caucho natural y caucho estireno butadieno. Estos compuestos al ser combinados con un producto reforzante mejoran las propiedades físicas generando que tengan diferentes aplicaciones y usos a nivel industrial, y también pueden ser utilizados para reducir costos de fabricación.

##### **2.1.2. Celulosa**

En el artículo realizado por los autores Camacho, Vega, & Campos (2011) acerca del uso de nanomateriales en polímeros para la obtención de bioempaques en aplicaciones alimentarias, donde se analizan los materiales con ciertas características y propiedades, uno de ellos es la celulosa que puede utilizarse como material de empaquetado puesto que es un material amigable con el ambiente.

En la investigación realizada por Jiménez, Rodríguez, Contreras, Valbuena, & Colina (2011) sobre la obtención de carboximetilcelulosa usando leña como materia prima,

donde se hizo un análisis físico-químico obteniendo como resultado la composición tanto en humedad, celulosa, lignina, hemicelulosa, proteínas y cenizas. Se determinó el método más adecuado para extraer la celulosa de la lezna (pequeña planta acuática); para aplicarlo es necesario realizar una cadena de procedimientos en los que actúan factores específicos tales como la concentración de hidróxido de sodio, temperatura y tiempo. El proceso comprende disolver la hemicelulosa y lignina mediante la cocción con el NaOH. Por último, luego de 5 horas se obtuvo 44,05% de rendimiento de la celulosa.

Se investigó en los laboratorios de la Carrera en Textiles por Esparza et al. (2018) donde se menciona que se utilizó el método alcalino con hidróxido de sodio en escamas al 45% de concentración, trabajando con temperatura de 150°C, tiempo de 6 horas y una relación de baño de 1:10. Se consiguió el rendimiento óptimo de celulosa de bambú de 44,8% y se eliminó 51,2% de lignina.

### **2.1.3. Laminados**

En Barcelona se estableció la Patente N° WO 2008/071812 A1 (2008) con el tema material resultante de la implantación de silicona sobre una base de origen celulósica y su procedimiento de elaboración, en el que se colocó una película de silicona sobre base de celulosa obteniendo un material con múltiples usos dentro de la industria debido a las características que se obtienen luego del proceso y que en relación de otros productos tienen una gran ventaja. Como resultado, al trabajar las dos opciones de aplicación de la silicona ya sea por inmersión en un baño o por medio de una pistola (pulverizado), se determinó que se puede someter a un proceso de termofijado para conceder una forma específica dependiendo del uso que se le confiera.

## **2.2. Marco legal**

### **2.2.1. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte**

Según lo descrito en la Resolución N° 122-SO-HCU-UTN

Las líneas de investigación (ver **Tabla 1**) que la Universidad Técnica del Norte utilizará para el desarrollo de sus Proyectos de investigación, estará enmarcada o se tomarán en cuenta las recomendaciones del SENESCYT, como organismo oficial rector de la Ciencia y Tecnología en Ecuador, además de las propias líneas generadas por las diferentes carreras que oferta la UTN (Universidad Técnica del Norte, 2020)

Esta investigación ha seguido la línea número 9 que trata acerca de gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico.

**Tabla 1**

*Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte*

N°	Líneas de investigación de la UTN
1	Producción industrial y tecnología sostenible.
2	Desarrollo forestal agropecuario y forestal sostenible.
3	Biotecnología, energía, recursos naturales renovables.
4	Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sustentable.
5	Salud y bienestar integral.
6	Gestión, calidad de la educación, procesos pedagógicos e idiomas.
7	Desarrollo artístico, diseño y publicidad.
8	Desarrollo social y del comportamiento humano.
9	Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico
10	Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética)

Fuente: (Universidad Técnica del Norte, 2015)

### **2.2.2. Registro oficial de la Constitución de la República del Ecuador**

El registro oficial N° 174, con fecha 1 de abril del año 2020, el artículo 14 establece que debe existir un ambiente propicio, es decir, un ambiente equilibrado libre de contaminación garantizando el buen vivir para todos y todas. Se declara que la preservación del ambiente es de obligación de cada ciudadano, prevención del daño ambiental y la recuperación de espacios naturales (Derecho Ecuador, 2020).

El derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (Derecho Ecuador, 2020, pág. 1)

### **2.3. Marco conceptual**

En esta parte se pretende obtener y detallar toda la información bibliográfica referente a la investigación, para cimentar y fortalecer conocimientos.

### 2.3.1. Bambú

Al mencionar sobre el concepto de bambú Pin, Coque, & Carabajo (2019) afirman que el bambú está formado por fibras de celulosa introducidas en la parte central de la lignina, además forma parte de la familia de gramíneas Bambusoideae.

Kumar & Sastry (1997) conceptualizan al bambú como una planta leñosa de la cual existen 1250 especies y piensan que apareció en la faz de la Tierra hace más o menos 250 millones de años. Actualmente, su área de distribución engloba las zonas tropicales, subtropicales y templadas en todas sus regiones menos en Europa y Asia Occidental.

Así también Quintana, Hidalgo, & Muñoz (2011) mencionan que el bambú es uno de los recursos forestales más importantes pues su ciclo de crecimiento es relativamente corto, potencialmente reciclable, material orgánico, ecológico, de origen natural, amigable con el medio y su uso data de tiempos milenarios.

#### 2.3.1.1. Composición química de la *guadua angustifolia*

En la **Tabla 2** se muestran, de acuerdo con estudios realizados, la composición química de la *guadua angustifolia*:

**Tabla 2**

*Composición de la fibra de G angustifolia Kunth*

Componente	% en base húmeda
Humedad (NTC 727)	8,97
Celulosa (NTC 697)	47,06
Lignina (NTC 998)	21,88
Hemicelulosas (por diferencia)	11,82
Extractivos [10]	6,47
Cenizas (NTC 841)	3,80

Fuente: (Cuéllar & Muñoz, 2010)

#### 2.3.1.2. El bambú en Ecuador

PRO Ecuador (2016) en su documento describe que el territorio ecuatoriano es muy biodiverso, gracias a ello el bambú cuenta con una gran variedad géneros en las cuatro regiones siendo 44 especies nativas y 11 comunes (ver **Figura 2**). Una de las especies

que tiene una gran importancia económica es la guadua angustifolia Kunth y seguida de la guadua gigante ya que son utilizadas debido a las propiedades que éstas poseen para el área de construcción obteniendo diferentes productos de uso común.

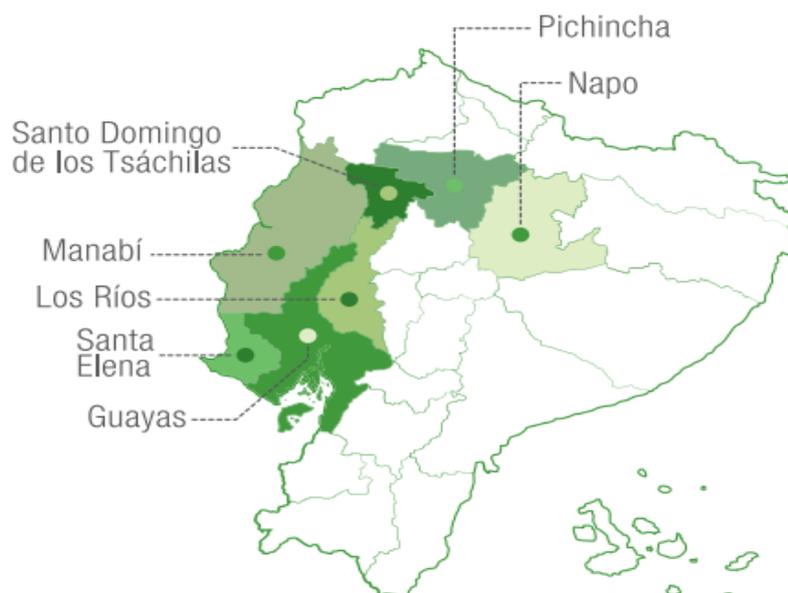


**Figura 2.** Bambú.

Fuente: (PRO Ecuador, 2016)

### 2.3.1.3. Distribución geográfica

El bambú está presente en todo el Ecuador (ver **Figura 3**), pero hay la mayor concentración en Guayas, Manabí, Pichincha, Napo, Los Ríos, la Península de Santa Elena y Santo Domingo (PRO Ecuador, 2016).



**Figura 3.** Distribución geográfica en Ecuador

Fuente: (PRO Ecuador, 2016)

#### 2.3.1.4. Características del bambú

Mercado & Molina (2015) y Kumar & Sastry (2017) describen las principales características del bambú:

- Colabora en el sostenimiento de los suelos y su restauración, evadiendo la erosión.
- Regulariza las aguas, cuando las guaduas se encuentran en las riveras de los ríos, almacenan en su interior grandes cantidades de agua y en época de sequía la regresan al caudal.
- Mantiene y perfecciona la calidad de aire por la captura de CO<sub>2</sub> debido al proceso de fotosíntesis que realiza.
- Su propiedad de peso - resistencia se puede comparar con la del acero.
- Es un recurso renovable y sostenible
- Crece aproximadamente de 75 a 400 mm por día (ver **Figura 4**).
- Crece tres veces más rápido que algunas especies de eucalipto.
- Su tiempo de maduración va desde 4 a 5 años.
- Se puede realizar múltiples cosechas cada dos años.
- Su liviandad y módulos de elasticidad (de 9 000 a 10100 N/mm<sup>2</sup>) y rotura (84 a 126 N/mm<sup>2</sup>) lo hace un material ideal para la construcción.
- La resistencia a la tracción es mayor a la del acero.
- Sus tallos son comestibles, contiene fibra, calcio, hierro, vitamina C y B, proteínas hidratos de carbono y fósforo y glucosa.
- Adaptable al entorno



**Figura 4.** Crecimiento del bambú.

Fuente: (*Bambusa*, 2019)

#### 2.3.1.5. Usos y aplicaciones del bambú

Mercedes (2006) informa que el bambú es uno de los recursos renovables del planeta de los que se puede obtener una gran variedad de productos forestales con diversas utilidades; en la actualidad tienen aplicaciones en los campos de la arquitectura, ingeniería, medicina, química y la industria, de tal manera se nombran algunas de ellas: construcciones de casas, antenas de televisión, postes de tendido eléctrico, escaleras, envases, juguetes, instrumentos musicales, muebles, manualidades y otros artículos y objetos de uso diario.

“Entre los principales productos que se ofrecen en Ecuador se encuentran:

- Bambú preservado
- Pisos laminados
- Tablas para encofrado
- Muebles
- Latones y latillas
- Aglomerados
- Artesanías
- Sistemas de construcción (casas, viveros, invernaderos, etc)” (PRO Ecuador, 2016, pág. 5).

#### 2.3.1.6. Ventajas al utilizar el bambú

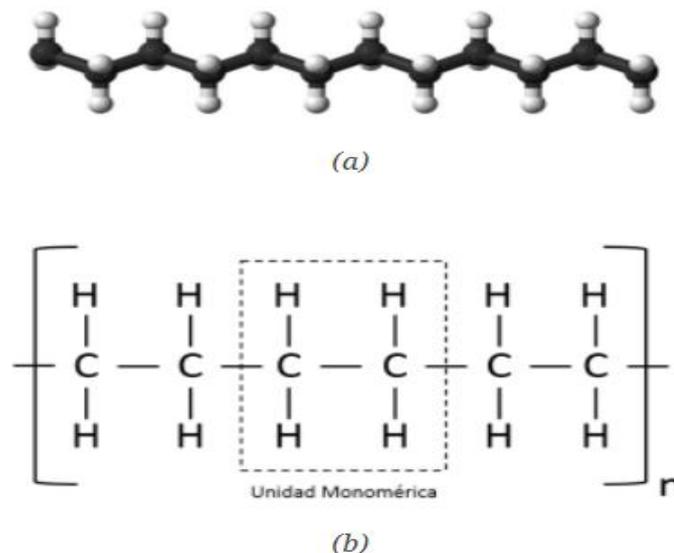
En la industria textil el uso del bambú crece diariamente debido a sus múltiples ventajas así como indica Ferrari (2011)

- Es una opción natural diferente a las fibras convencionales.
- No absorbe humedad, dando una sensación de sequedad al contacto con la piel.
- Tiene un poder de absorción 200 veces mayor que el algodón.
- Mantiene la temperatura corporal.
- Tiene características antibacterianas y antimicóticas, elimina las bacterias que producen mal olor y reduce la transpiración frente al calor.
- No produce reacciones alérgicas, es decir, no irrita la piel del usuario.
- Resguarda la piel ante los rayos UV ya que los depura de forma natural.
- Tiene una textura sedosa y suave.

### 2.3.2. Polímeros

Al indicar el concepto de polímeros Ravve (2013) afirma:

Los polímeros son grandes moléculas que están formadas por la unión de muchas unidades repetitivas. Generalmente, los polímeros involucran uniones covalentes entre los átomos (generalmente) de carbono que constituyen la columna vertebral de la cadena polimérica. El vocablo polímero significa una molécula constituida por la repetición de una unidad más simple: los monómeros que son pequeñas moléculas de las que se parte para formar los polímeros. (pág. 1) (ver **Figura 5**)



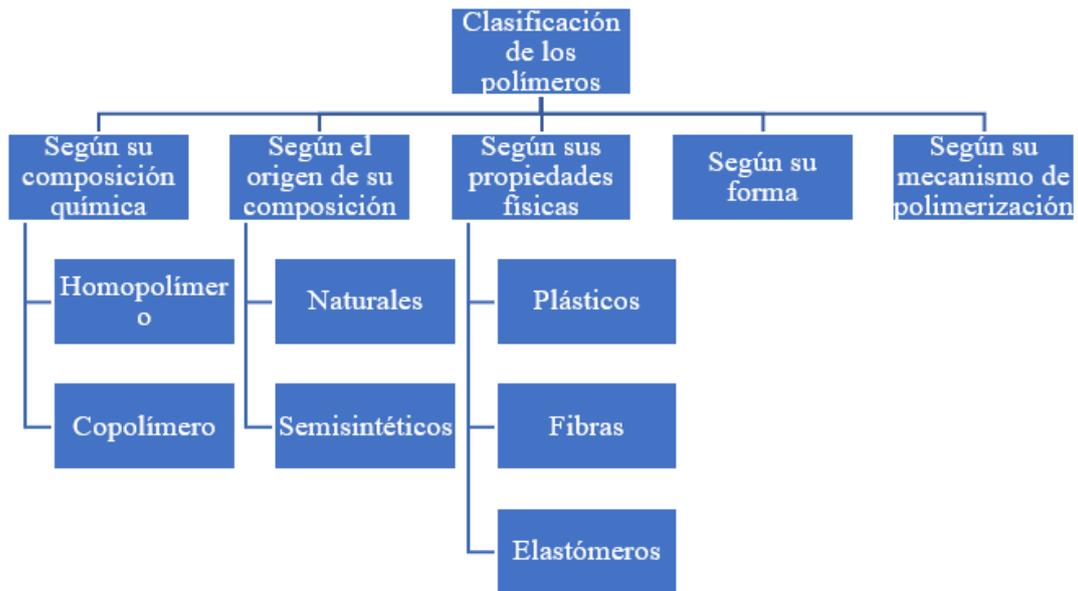
**Figura 5.** Representación de polietileno (a) molecular (b) desarrollo.

Fuente: (Ravve, 2013)

#### 2.3.2.1. Clasificación de los polímeros

Los polímeros son macromoléculas formadas por monómeros repetitivos. Tienen una amplia gama de aplicaciones en la industria debido a las características y propiedades que poseen, es decir, son versátiles. De tal manera, se los pueden agrupar dependiendo la estructura química que posean y las similitudes entre ellos (Portal educativo, 2020).

La clasificación de los polímeros (ver **Figura 6**) se determina de la siguiente manera: composición química (homopolímeros y copolímeros), origen de su composición (naturales y sintéticos), propiedades físicas (plásticos, fibras y elastómeros), forma y mecanismo de polimerización.



**Figura 6.** Clasificación de los polímeros

Fuente: (Clasificación de, 2017)

### **Polímeros naturales**

Son aquellos materiales que se presentan directamente en el reino animal y vegetal tal como la seda, el algodón, la lana, la celulosa, el almidón, las proteínas, el caucho, entre otros. Mismos que se pueden utilizar para diferentes aplicaciones dentro de la industria como, por ejemplo: fibras, telas, papel, neumáticos, aceites, a manera de materia prima y demás (Polímeros Naturales, Usos y ejemplos, 2020).

### **Polímeros sintéticos**

Los polímeros son compuestos químicos que se forman a partir de la unión de moléculas de tamaño menor llamados monómeros. Son elaborados de manera industrial tomando como materias primas elementos de la naturaleza con características y propiedades definidas. Estas sustancias se encuentran en casi todos los objetos del medio como recipientes, ropa, cables, botellas, nylon, baquelita, polietileno, policarbonato, poliéster, entre otras cosas (Edured, 2020).

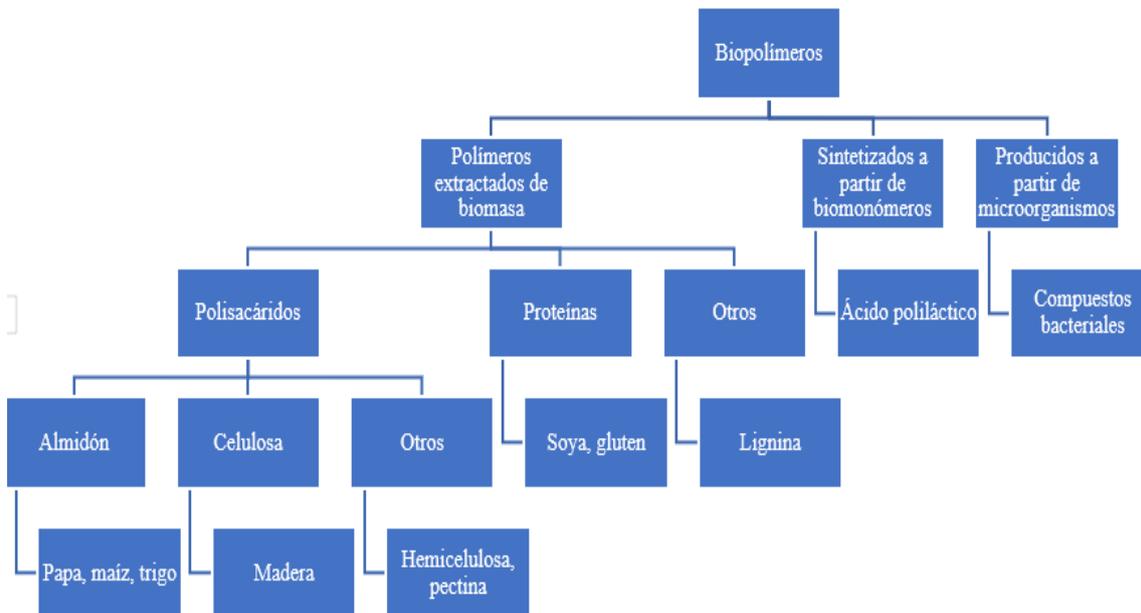
### **Biopolímeros**

Samaniego (2019) informa que los biopolímeros o también denominados bioplásticos son polímeros orgánicos cuyo proceso de degradación es relativamente rápido en relación a los demás. Algunos microorganismos y plantas pueden polimerizarse por medio de

alguno de sus compuestos como, por ejemplo: ácido láctico. A pesar de ser orgánicos no están exentos de contaminar de cierta forma el ambiente debido a que el proceso de fabricación está relacionado con la emisión de carbono y el cultivo de las plantas para la extracción.

### Clasificación de los biopolímeros

Los biopolímeros se clasifican (ver **Figura 7**) dependiendo de su forma de obtención, tales como: extraídos de biomasa, sintetizados a partir de biomonomeros y producidos en base a microorganismos.



**Figura 7.** Clasificación de los polímeros biodegradables

Fuente: Adaptado de (Dirección de educación media superior, 2015)

### Reticulación

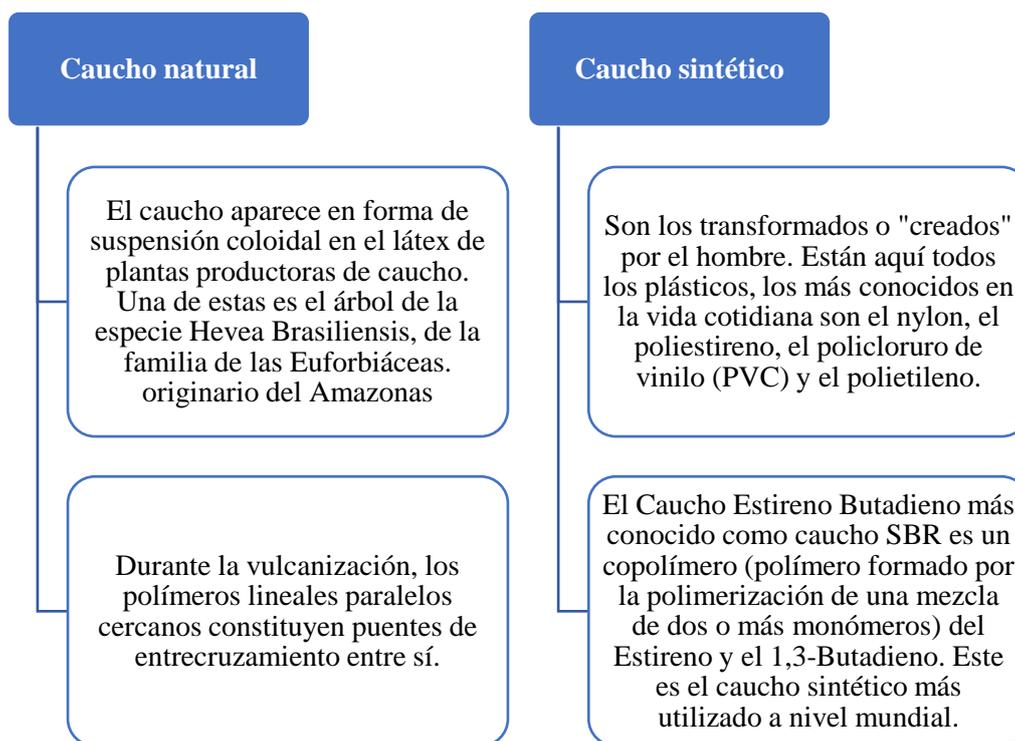
Se considera a la reticulación como una reacción química en la que los polímeros se unen unos con otros formando cadenas tridimensionales generando de tal manera algo similar a una red y produce el cambio de las propiedades químicas iniciales (Mexpolímeros, 2020).

#### 2.3.3. Látex

El caucho o látex natural se obtiene en estado líquido a partir de la insición en los troncos de árboles tropicales y plantas lechosas, es un proceso artesanal en el que no se

utiliza químicos peligrosos ni contaminantes. En cambio, el caucho sintético es creado y modificado por el hombre a conveniencia generando los diferentes plásticos que se conoce y utiliza. (Mansilla, 2012).

El látex o caucho natural se clasifica (ver **Figura 8**) en natural y artificial, así como se observa a continuación en donde se describen cada uno de ellos en tanto a sus características y obtención:

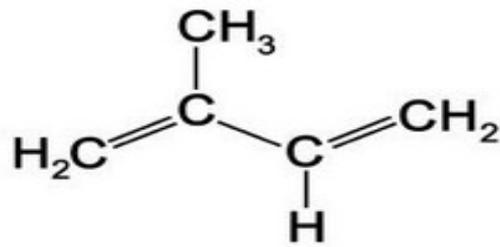


**Figura 8.** Clasificación del caucho

Fuente: Adaptado de (El caucho en la química, 2016)

### 2.3.3.1. *Látex natural*

Al conceptualizar al látex natural Mansilla (2012) menciona que el látex natural es un polímero natural (ver **Figura 9**) mismo que se obtiene a partir de sustancias lechosas que tienen algunas plantas y árboles de caucho mediante un corte y haciendo que fluya para luego ser recolectado por las personas de las comunidades por medio de recipientes y ser importados y exportados (ver **Figura 10**). Ecuador está entre uno de los productores de Latinoamérica.



**Figura 9.** Fórmula química del látex natural

Fuente: (Mexpolímeros, 2020)



**Figura 10.** Extracción de caucho natural del árbol *Hevea brasiliensis*.

Fuente: (Mansilla, 2012)

### **Características del látex natural**

Mansilla (2012) describe algunas de las características que posee el caucho o látex natural:

- Reducido costo de producción.
- Si se le somete al proceso de vulcanizado, adquiere otras propiedades como resistencia elástica, mecánica y a la abrasión.
- Es un recurso renovable.
- No es tóxico.
- Se coagula al estar mezclado con ácido fórmico.
- Tienen la capacidad de resistir fuerzas de corte extremadamente altas.
- Soportan cambios de temperatura violentos.

#### 2.3.3.2. *Látex sintético*

Cruzeiro Minería (2016) indica que el látex sintético es una sustancia creada y producida por la mano del hombre para tener una sustancia similar al látex natural mediante procesos industriales. Se lo puede definir como aquella sustancia creada de forma artificial con el objetivo de reemplazar al caucho natural y llevar su producción a mayor escala, es decir, en grandes cantidades. Este material se lo obtiene del proceso de condensado o polimerización a partir de reacciones químicas utilizando como materia prima los hidrocarburos insaturados.

### **Tipos de látex sintético**

#### **Neopreno**

Al describir al neopreno Cruzeiro Minería (2016) alude que es uno de los primeros cauchos artificiales creados por la mano del hombre en el año 1931. Es un polímero generado a partir del monómero cloropreno y su fórmula química es  $\text{CH}_2 - \text{C}(\text{Cl})\text{CH} - \text{CH}_2$ . Presenta características tales como: resistencia al calor, no sufre daño al contacto con productos químicos como aceites y petróleo.

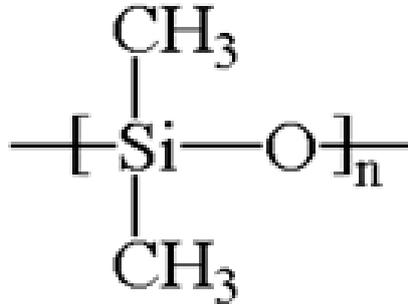
#### **Buna (caucho sintético)**

Buna (caucho sintético) son una serie de cauchos sintéticos que se producen de un proceso llamado copolimerización a partir de comonómeros, es muy útil ya que se caracteriza por su elevada resistencia a la acción de aceites y a la abrasión. Además, se los pueden obtener de forma industrial mediante la copolimerización de butadieno y estireno (Cruzeiro Minería, 2016).

#### **2.3.4. Silicona**

Al analizar la definición de la silicona Chemicalsafetyfacts (2016) afirma: “Las siliconas son una familia diversa de materiales de especialidad y de alto rendimiento que incluye silanos reactivos, fluidos de silicona y polímeros de silicona, productos ampliamente utilizados en varios productos industriales y de consumo” (pag.1). (ver **Figura 11**).

Así también Maldonado (2015) determina que la silicona es una sustancia química que se obtiene a partir del silicio, mismo que se encuentra de forma natural en la arena, el cuarzo y en algunas otras rocas.



**Figura 11.** Estructura química de la silicona

Fuente: (Tecnología de los Plásticos, 2011)

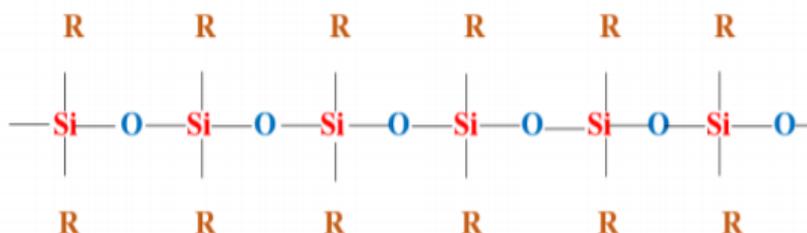
#### 2.3.4.1. *Propiedades de la silicona*

Al mencionar las propiedades de la silicona Ecured (2020) y Maldonado (2015) afirman:

- Resistente a temperaturas extremas (-60° a 250°C).
- Resistente a la intemperie, ozono, radiación y humedad.
- Excelentes propiedades eléctricas como aislador.
- Larga vida útil.
- Gran resistencia a la deformación por compresión.
- Apto para uso alimenticio y sanitario.
- Es inodora, incolora.
- Tienen una estructura química muy rígida.
- Se presenta como líquida, sólida, gel, polvo.
- Repele el agua y crea sellos herméticos.
- Tienen muy baja toxicidad y reactividad química.
- No corroe ni ensucia otros materiales que estén cerca de ella.
- Realzan y mantienen las características de otros productos.
- Tienen usos desde la construcción hasta el cuidado personal.
- En la industria textil se presentan como emulsiones y micro emulsiones.

#### 2.3.4.2. Obtención de la silicona

Aza (2016) menciona que para obtener la silicona se utiliza el método de hidrólisis donde se utilizan como materia prima los metil clorosilanos y que luego de pasar por varios procesos se obtienen los diferentes tipos de siliconas. En la **Figura 12** se puede observar la fórmula estructural química del polidimetilsiloxano.

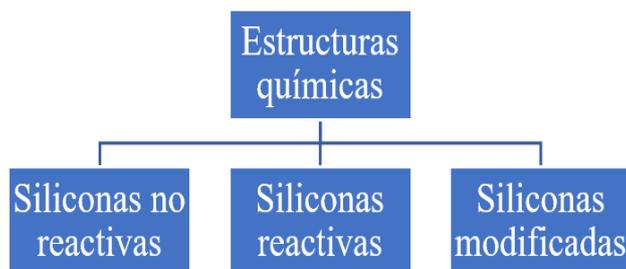


**Figura 12.** Fórmula estructural del polidimetilsiloxano

Fuente: (Aza, 2016)

#### 2.3.4.3. Estructuras químicas de las siliconas

En la industria textil, las siliconas que se utilizan se dividen (ver **Figura 13**) en tres familias tales como: siliconas no reactivas, siliconas reactivas y siliconas modificadas.



**Figura 13.** Estructuras químicas de las siliconas

Fuente: Adaptado de (Aza, 2016)

#### **Siliconas no reactivas**

Las siliconas no reactivas son emulsiones que tienen la característica de apoyar en el proceso de secado proporcionando una elevada lubricación. Fue una de las primeras sustancias utilizadas en la industria textil para dar propiedades y características a las fibras

y a su vez a las telas. No se fijan en la fibra por lo que no tienen solidez al lavado (Juma, 2013)

### **Siliconas reactivas**

Juma (2013) en su investigación informa que las siliconas reactivas tienen la característica de proporcionar elasticidad y un tacto suave a los sustratos. Se aplican a temperaturas elevadas aproximadamente 120 °C para que se puedan fijar pasando por el proceso de polimerización.

### **Siliconas modificadas**

El hombre ha desarrollado polímeros con características alteradas químicamente para su beneficio, con mejores propiedades y beneficios para realizar acabados textiles, lo cual se ve reflejado en los excelentes resultados obtenidos al ser aplicadas. De tal manera, se pueden nombrar a las siliconas modificadas que brindan tacto sedoso, durabilidad en el lavado, bajo grado de amarillamiento, entre otras al ser aplicadas en un sustrato (Juma, 2013).

#### *2.3.4.4. Aplicaciones de la silicona*

En la **Tabla 3** se pueden detallar las aplicaciones de la silicona, las cuales son muy extensas dentro de todas las industrias.

**Tabla 3**

*Aplicaciones de la silicona*

<b>Industria</b>	<b>Aplicación</b>
Médica y quirúrgica	Prótesis vasculares cardíacas e implantes de mamas
Construcciones y mantenimiento	Sellantes
Mecánica	Lubricantes, adhesivos, refrigerantes, fluido dieléctrico, agente humectante
Energética	Aislamiento eléctrico, impregnación de bobinas eléctricas

Fuente: (Juma, 2013)

#### 2.3.4.5. Formas de presentación de la silicona

### Emulsión

- Las emulsiones son dispersiones coloidales de partículas relativamente pequeñas.
- Se caracterizan por ser solubles en el agua, poseen buena estabilidad y resisten condiciones extremas.
- Tienen gran amplitud de aplicaciones tales como: pinturas, adhesivos, tintas de impresión, entre otros (Aza, 2016).

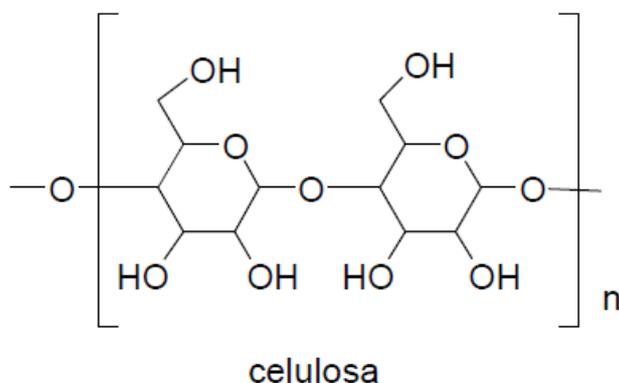
### Micro emulsión

Las micro emulsiones de silicona son sustancias químicas transparentes, cada una de las gotas individuales no se las aprecia fácilmente (Juma, 2013).

### 2.3.5. Celulosa

“La celulosa es el componente fundamental de la pared de las células vegetales en plantas, madera y fibras naturales, y se encuentra combinada, generalmente, con sustancias como la lignina, hemicelulosas (carbohidratos más cortos principalmente pentosanos), pectinas y ácidos grasos” (Sanz, 2020). La celulosa es una sustancia principal que se encuentra en las plantas, así como también sustancias secundarias combinadas para la existencia de ellas.

Primo (2007) en su libro define a la celulosa como una sustancia orgánica natural (ver **Figura 14**) que abunda en el planeta y una materia prima con un gran potencial para elaborar combustibles líquidos o gaseosos y para la industria química. Se presenta en todo el mundo vegetal en más o menos concentración, además, es el alimento para algunas especies de animales. Es un componente fundamental de la pared de las células vegetales.



**Figura 14.** Fórmula química de la celulosa

Fuente: (Sanz, 2020)

### 2.3.5.1. *Propiedades físicas y químicas*

Las propiedades físicas y químicas que se miden en la celulosa son:

- El volumen específico es inverso a la densidad, en la industria papelera se prefiere fibras con alto volumen específico.
- El índice de tensión, determina la resistencia a la tracción que tiene ese papel con esa celulosa.
- El índice de rasgado, define la energía utilizada para rasgar un papel.
- El largo de la fibra, mide el largo promedio en milímetros de la fibra de celulosa.
- La drenabilidad, permite conocer la capacidad que tiene la fibra para despojarse del agua que contiene.
- Los contenidos de finos, miden los elementos ajenos a las fibras de celulosa.
- La viscosidad, indica el grado de polimerización de la celulosa.
- El contenido de distribución, indica el peso de la celulosa en relación a los demás componentes (Sanz, 2020).

### 2.3.5.2. *Obtención de la celulosa*

Existen varios procedimientos para la obtención de la celulosa ya sean estos de forma mecánica o química y también mediante la utilización de auxiliares específicos como sulfato o sulfito. Además, estos procesos tienen como materia prima astillas, es decir, pasar de madero a partes pequeñas para luego continuar con los diferentes pasos (Leithe & Barreiro, 2004).

### 2.3.5.3. *Clasificación según los tipos de pulpa*

#### **Pulpa mecánica**

La madera es triturada mediante los procesos mecánicos liberando de tal forma las fibras, es decir, una especie de astillas de diferentes tamaños. Se convierte un 95% de este material en pulpa que aún contiene lignina lo cual influye en conceder un color amarillento al papel. Este tipo se emplea específicamente para productos en donde la impresión no sea tan importante por ejemplo papel periódico (Leithe & Barreiro, 2004).

#### **Pulpa química**

En este tipo la madera como primer paso es transformada en astillas de tamaño reducido, luego se somete a un proceso de cocción con productos químicos y por último pasa por un proceso de refinado. Se obtiene como resultado la separación de la celulosa

y la lignina. Esto se logra mediante hidrólisis a temperatura elevada, productos químicos, tales como sosa cáustica o sulfito y energía (Leithe & Barreiro, 2004).

#### 2.3.5.4. *Clasificación según el proceso químico utilizado*

##### **Proceso Kraft**

Es un proceso que combina la calidad con el bajo costo debido a que sucede en dos etapas, trituración mecánica y posteriormente una caustificación en baño. La celulosa obtenida mediante este método tiene gran resistencia en virtud de la eficiencia y la longitud de las fibras que se utilizan (López E. , 2005).

La madera se descorteza mediante acción mecánica donde se obtiene astillas de pequeñas dimensiones, luego se procede a la cocción con sosa cáustica o hidróxido de sodio, para finalmente separar la celulosa de la lignina. En relación a la sosa cáustica, se genera del procedimiento de caustificación o también por medio de un baño acuoso de sal común (López E. , 2005).

##### **Proceso al sulfito**

Las astillas son procesadas con sulfito de sodio aplicando altas presiones y temperaturas de 170°C donde se disuelve fácilmente la lignina y los carbohidratos presentes en la madera, permitiendo dejar libres a las fibras con un gasto menor logrando como resultado rendimientos de 65 a 80% (Duque, 2009).

##### **Proceso termo mecánico**

Al nombrar el proceso termomecánico Leithe & Barreiro (2004) afirman que: “el proceso termomecánico químico, donde se calienta al vapor y se trata las astillas con productos químicos antes de molerlas” (pág. 1).

#### **2.3.6. Laminación**

La laminación “es un proceso de conformado mediante el cual se reduce el espesor del material de partida mediante fuerzas de compresión ejercidas por unos rodillos. Cuando se lamina un material, disminuye su sección y aumenta su longitud” (Formación Profesional a distancia en el País Vasco, 2020). El proceso exitoso de laminación se da, teniendo en cuenta los parámetros necesarios y esenciales, tales como: temperatura, presión y galga para obtener un laminado de un tamaño y grosor específico.

## CAPÍTULO III

### 3. Metodología

#### 3.1. Método de investigación

En la presente investigación de la elaboración de laminados a base de celulosa de bambú pulverizada y polímeros naturales se fundamenta en los métodos científico y experimental, mismos que han permitido obtener excelentes resultados luego de su aplicación.

##### 3.1.1. Método científico

Es un método constituido por una serie de etapas consecutivas ordenadas necesarias en toda investigación científica. Es una manera de tomar una parte de la realidad y estudiar todos los eventos o situaciones que se presentan en la naturaleza, la existencia y el pensamiento, y para conocer su esencia y sus interrelaciones (Hernández, 2002).

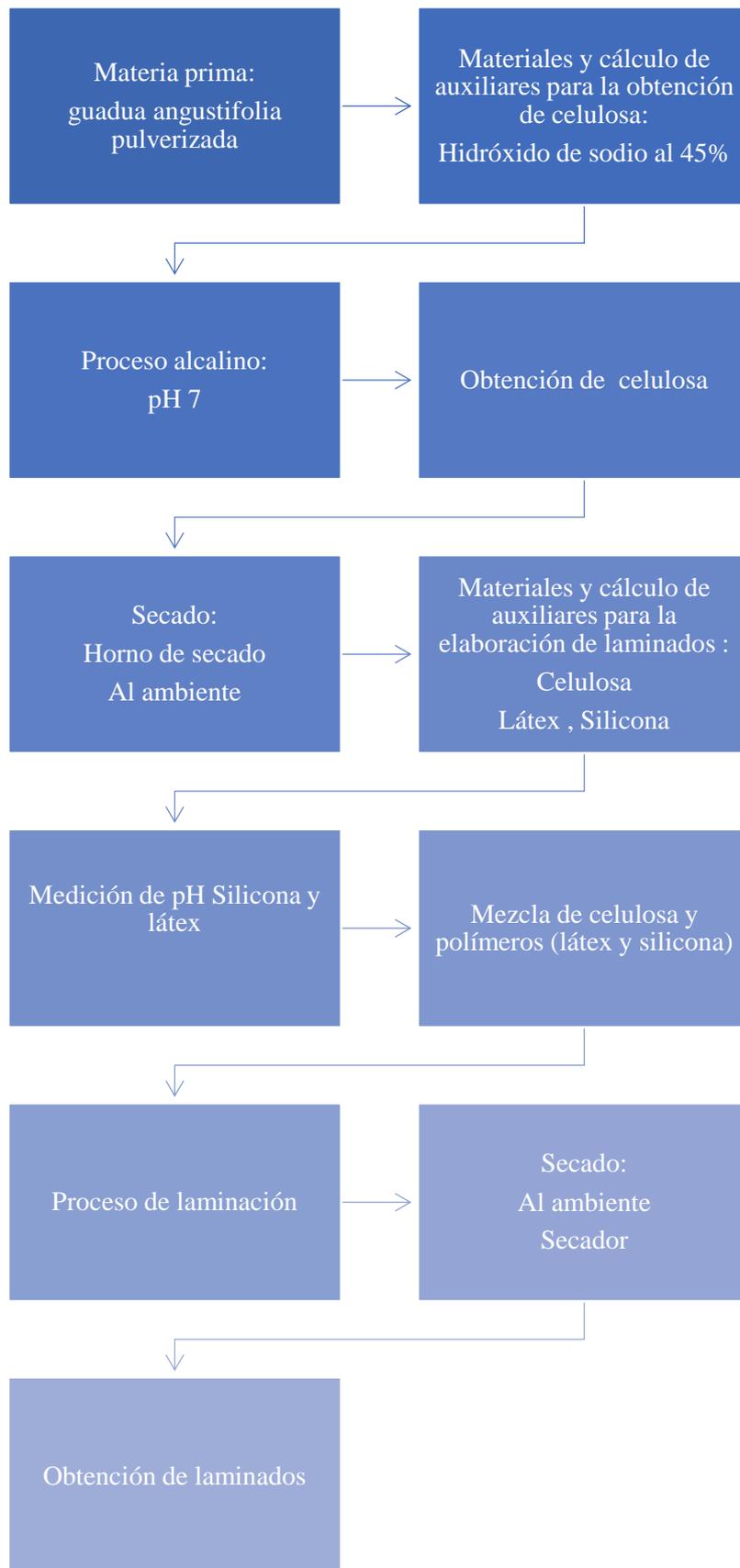
##### 3.1.2. Método experimental

Al hablar del método experimental Murillo (2018) informa que una investigación es experimental cuando el investigador manipula una o más variables para vigilar el aumento o disminución de estas y mediante la observación identificar las conductas o cambios que se presentan de forma continua registrándolas para establecer resultados o patrones. Se da en función de condiciones controladas para determinar de qué modo o por qué motivo se produce una situación. Se pone a prueba una hipótesis planteada en relación a los resultados obtenidos.

#### 3.2. Flujograma de proceso

Seguidamente, se resume el proceso general que se ha realizado para la elaboración de las muestras de los laminados a base de celulosa de bambú pulverizada y polímeros naturales (silicona y látex) (ver **Figura 15**).

El flujograma general descrito es una guía a seguir firmemente, de principio a fin ya que en cada uno de estos subprocesos se especifican los parámetros, instrumentos y materiales necesarios que permitan obtener los laminados con las características deseadas, y que el proceso en general no tenga complicaciones llegando a su término.



**Figura 15.** Flujograma general del proceso

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

La metodología idealizada comprende tres etapas de realización, mismas que se han desarrollado de forma ordenada y secuencial tales como:

1. Obtención de la celulosa de bambú
2. Obtención de los laminados
3. Costo preliminar del laminado.

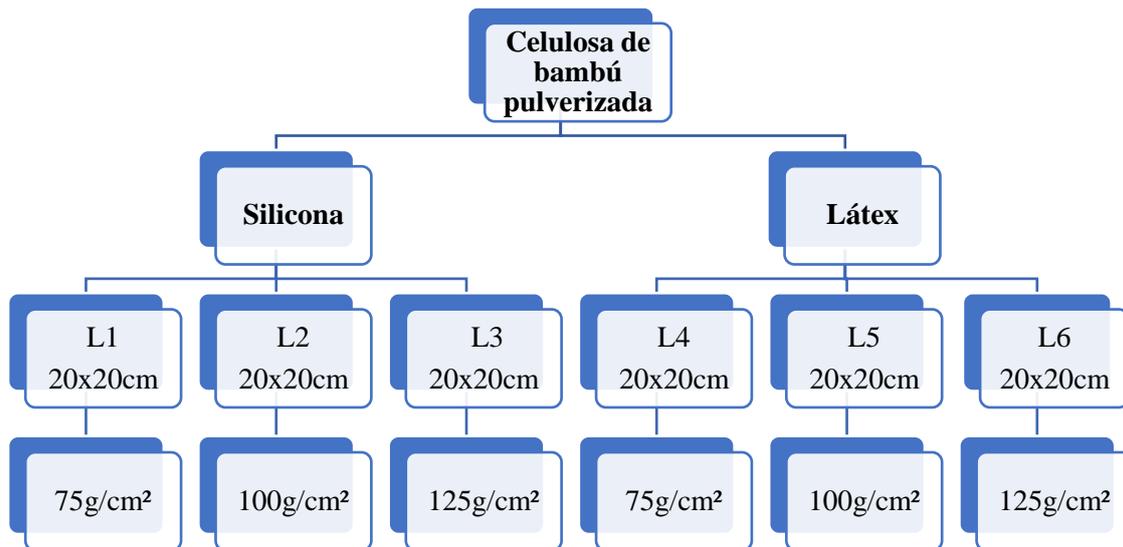
La primera etapa consiste en la transformación de la caña guadua en partes muy pequeñas mediante la utilización de un equipo industrial, para que de tal manera se pueda obtener un mejor rendimiento de la celulosa. A continuación, se cocina la celulosa pulverizada con una sustancia química alcalina a temperatura de ebullición que permite la separación de los elementos que la componen. Seguidamente mediante un instrumento separador (tamiz) se divide estos componentes, se efectúan varios lavados y son almacenados por separado. Por último, pasan al proceso de secado mediante el uso de un equipo de laboratorio y al ambiente, y la lignina pasa a ser reducida mediante la acción del calor.

La segunda etapa se basa en la elaboración de los laminados utilizando celulosa pulverizada de bambú, misma que resultó de la primera etapa, en mezcla con silicona y con látex individualmente. Inicia con el análisis y cálculo de los materiales a utilizar y a su vez de los instrumentos, así como también de los parámetros establecidos. Seguidamente, se realiza la medición de pH de los polímeros mediante el uso de un potenciómetro o papel pH; la mezcla de los dos materiales se vierte en un marco de serigrafía y mediante la gravedad se estabiliza. Se realiza el proceso de secado mediante un horno de secado y al ambiente. A continuación, se retira los laminados con extremo cuidado para que no sufran ningún daño o puedan agrietarse. Por último, se deja secar al ambiente y se almacena en un lugar fresco y seco en fundas hechas de tela.

La tercera y última etapa se fundamenta en el cálculo del costo preliminar del laminado mediante fórmulas y razonamientos relacionados con costos y economía. Por ello se analiza y asocia en primera instancia conceptos de materia prima, mano de obra, gastos, costos variables, costos fijos y las utilidades que se van a obtener; de tal forma que se consiga el precio o costo final del producto y con ello comprobar su viabilidad.

### 3.3. Flujograma muestral

Se ha diseñado un flujograma muestral en el cual se puede definir que polímeros se ha utilizado y las concentraciones óptimas para el proceso de laminado (ver **Figura 16**). Y el número de muestras para cada prueba a realizar (ver **Tabla 4**, **Tabla 5**, **Tabla 6**).



**Figura 16.** Flujograma muestral

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

#### 3.3.1. Prueba de deslizamiento de costuras ISO 139 36-1

**Tabla 4**

*Muestras para la prueba de deslizamiento de costuras ISO 139 36-1*

Número de muestra	Observación (g/cm <sup>2</sup> )
L1	Silicona 75
L2	Silicona 100
L3	Silicona 125
L4	Látex 75
L5	Látex 100
L6	Látex 125

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### 3.3.2. Determinación de la resistencia a la tracción para tejidos recubiertos de plástico o caucho ISO 1421:2016

**Tabla 5**

*Muestras para la prueba de determinación de la resistencia a la tracción para tejidos recubiertos de plástico o caucho ISO 1421:2016*

<b>Número de muestra</b>	<b>Observación (g/cm<sup>2</sup>)</b>
L1	Silicona 75
L2	Silicona 100
L3	Silicona 125
L4	Látex 75
L5	Látex 100
L6	Látex 125

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### 3.3.3. Prueba resistencia al desgarro de la tela ASTM D2261

**Tabla 6**

*Muestras para la prueba de resistencia al desgarro de la tela ASTM D2261*

<b>Número de muestras</b>	<b>Observación (g/cm<sup>2</sup>)</b>
L1	Silicona 75
L2	Silicona 100
L3	Silicona 125
L4	Látex 75
L5	Látex 100
L6	Látex 125

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### 3.4. Instrumentos, materiales y equipos de laboratorio

#### 3.4.1. Auxiliares

##### 3.4.1.1. Hidróxido de sodio

Al hablar de hidróxido de sodio o también conocido como sosa cáustica Chemicalsafetyfacts (2020) afirma: “también conocido como soda cáustica o lejía, es una sustancia altamente versátil que se utiliza en una variedad de procesos de fabricación. El hidróxido de sodio es un coproducto de la producción de cloro” (pág. 1).

##### 3.4.1.2. Ácido acético

Al mencionar el ácido acético Ecured (2020) afirma: “su fórmula es  $\text{CH}_3\text{-COOH}$  ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ), siendo el grupo carboxilo es el que le confiere las propiedades ácidas a la molécula. Este es un ácido que se encuentra en el vinagre, siendo el principal responsable de su sabor y olor agrios” (pág. 1)

#### 3.4.2. Materiales

Seguidamente, se pueden observar los materiales necesarios para la realización de todo el proceso para la obtención de los laminados (ver **Tabla 7**).

**Tabla 7**

*Materiales a utilizar*

<b>Material</b>	<b>Observación</b>
Malla de serigrafía	N° 62 (hilos/cm)
Marcos de serigrafía	Con malla cerrada 20 cm x 20 cm
Vasos precipitados	500 ml a 1000 ml
Marcos de madera	Madera de laurel
Agitador	Madera
Balanza	Digital
Tijeras	Metálicas
Vaso de muestra	Plástico
Papel pH	Papel
Termómetro	Mercurio

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### 3.4.3. Equipos

Posteriormente, se dan a conocer los equipos que se van a usar (ver **Tabla 8**), así como también los datos técnicos de cada uno de ellos. Es necesario considerar también que se utilizan dos equipos de laboratorio el horno de secado Vacuum Oven y el dinamómetro Titan 5 modelo 1410 para realizar las pruebas de laboratorio, y los demás son utensilios de empleo común.

**Tabla 8**

*Equipos a utilizar*

<b>Equipos</b>	<b>Observación</b>
Potenciómetro	Electrónico
Horno de secado (Vacuum Oven)	220 v, 15 A
Dinamómetro Titan 5 modelo 1410	220 v
Cocina inducción	110 v
Cocina	Gas

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

## 3.5. Procedimiento

### 3.5.1. Guadua angustifolia pulverizada

En esta parte se da inicio a la etapa número uno y por ende la más esencial de todo el proceso. Al tener inicialmente un metro de caña guadua de largo y 12 centímetros de diámetro se necesita llegar a un tamaño muy reducido, por ello se procesa en una lijadora industrial teniendo como producto final la pulverización de este material.

- Se compra o adquiere un metro con un diámetro de 12 cm de la caña guadua.
- Dejar secar al ambiente y bajo sombra 3 o 4 meses hasta que se torne de color amarillento (ver **Figura 17**).
- Llevar a pulverizar en una máquina lijadora industrial, considerando que no se mezcle con algún otro material.
- Se obtiene 534 g de caña guadua pulverizada (ver **Figura 18**).



**Figura 17.** Caña guadua seca

Fuente: (Guaytarilla, 2020)



**Figura 18.** Caña guadua pulverizada

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### **3.5.2. Materiales y cálculo de auxiliares para la obtención de celulosa**

De acuerdo con la metodología experimental diseñada para la investigación se utiliza 45% de concentración de hidróxido de sodio con una relación de baño 1:10.

#### **Cálculo del volumen del agua**

$$V = \frac{0,534\text{Kg} \times 10 \text{ L}}{1\text{Kg}}$$

$$V = 5,34L$$

V= volumen

#### **Cálculo de álcali (NaOH) (45% de concentración)**

$$\text{Peso de álcali}(\text{Na OH}) = \frac{\text{Peso Material} \times \% \text{ concentración}}{100\%}$$

$$\text{Peso de álcali}(\text{NaOH}) = \frac{534\text{g} \times 45\%}{100\%}$$

$$\text{Peso de álcali}(\text{NaOH}) = 240,30\text{g}$$

#### **Cálculo de % rendimiento de celulosa**

$$\% \text{ de rendimiento de celulosa} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} \times 100$$

$$\% \text{ de rendimiento de celulosa} = \frac{1367\text{g} - 425\text{g}}{1367\text{g}} \times 100$$

$$\% \text{ de rendimiento de celulosa} = 68,91\%$$

#### **Cálculo de % de rendimiento de lignina**

$$\% \text{ de rendimiento de lignina} = \frac{\text{Peso obtenido}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

$$\% \text{ de rendimiento de lignina} = \frac{125\text{g}}{988\text{g}} \times 100$$

$$\% \text{ de rendimiento de lignina} = 12,65\%$$

### **3.5.3. Proceso alcalino**

- a) La obtención de la celulosa se puede realizar de forma industrial usando equipos de laboratorio y de manera artesanal mediante el uso utensilios comunes.
- b) Este proceso se lleva a cabo la cocción del bambú pulverizado 534 g con hidróxido de sodio al 45% de concentración, dura 6 horas a temperatura de ebullición y se observa que a medida que aumenta el tiempo de cocción el baño toma un color café oscuro.

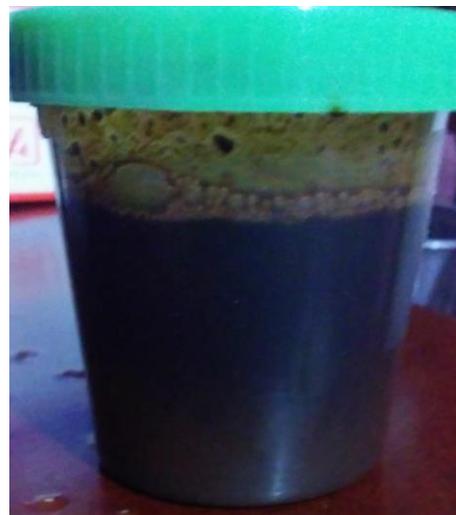
- c) Se mide el pH mediante el uso de papel pH, y tiene pH 7.
- d) Al mecerlo se identifica una especie de masa o papel desmenuzado mezclado con agua.

#### 3.5.4. Obtención de la celulosa

- a) Se procede a cernir mediante una malla de estampación N° 62 (hilos/cm) malla cerrada y un cernidor.
- b) La malla permite el paso de la lignina y lo que se retiene es la celulosa.
- c) Posteriormente se realizan varios lavados para eliminar la lignina.
- d) Se obtiene 425g de celulosa y lignina 12,65g mediante la reducción por acción del calor (ver **Figura 19**). (Ver **Anexo 1**)



a) Celulosa



b) Lignina

**Figura 19.** a) Celulosa, b) lignina obtenida

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

#### 3.5.5. Secado

El secado se realiza en el equipo de laboratorio horno de secado (Vacuum Oven) durante 8 horas seguidas con el objetivo de extraer el exceso de agua presente en la celulosa a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  mediante la guía de la norma **INEN 145 1976-09** (ver **Anexo 2**).

También, se seca al ambiente bajo los rayos solares durante 7 horas para obtener un secado uniforme y total del material celulósico. Además, es necesario cambiar de posición y remover cada media hora hasta observar y palpar como una especie de polvillo que se

puede desmigajar fácilmente al hacer presión con los dedos, y el color se torne amarillento. Nota: se debe lavar las manos con abundante agua.

### 3.5.6. Materiales y cálculo de auxiliares para la elaboración de laminados

En esta parte comienza la etapa dos de la investigación, donde se elaboran los laminados a base de celulosa de bambú y polímeros naturales (silicona y látex) mediante el uso de marcos de serigrafía que se utilizan para moldear los laminados y un madero de madera de laurel para que ejerza presión en ellos. (Ver **Anexo 3**)

#### 3.5.6.1. Diseño del marco de serigrafía

A continuación, en las **Tabla 9**, **Tabla 10**, **Tabla 11** se describen las especificaciones de longitud, ancho tanto interno como externo y profundidad, y el material necesario para la elaboración de los marcos de estampación (ver) y el diseño a seguir (ver **Figura 20**).

**Tabla 9**

*Especificaciones de los marcos de serigrafía*

<b>Especificaciones</b>	
Ancho interno	20 cm
Largo interno	20 cm
Profundidad	2,9 cm
Ancho externo	28,20 cm
Largo externo	27,9 cm

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

**Tabla 10**

*Especificaciones de los materiales para los marcos de serigrafía (Látex)*

<b>Materiales</b>	
Marco	Madera de laurel
<b>Superficie de laminación</b>	
Base 1	Malla de estampación N° 62 (hilos/cm)
Base 2	Tríplex de 12 capas

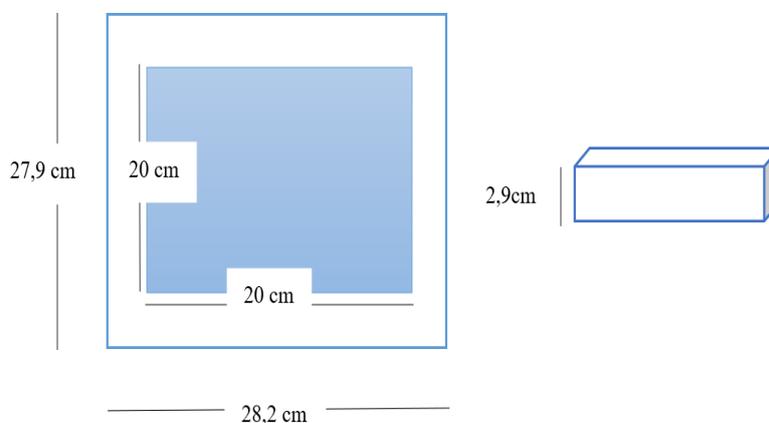
Fuente: (Guaytarilla, 2020)

**Tabla 11**

*Especificaciones de los materiales para los marcos de serigrafía (Silicona Artesil RTV)*

<b>Materiales</b>	
Marco	Madera de laurel
<b>Superficie de laminación</b>	
Base 1	Malla de estampación N°62 (hilos/cm)
Base 2	Tríplex de 12 capas

Fuente: (Guaytarilla, 2020)



**Figura 20.** Diseño de los marcos de serigrafía

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Se ha elaborado dos cuadros de serigrafía para silicona (ver **Figura 21**) y otro para látex (ver **Figura 22**) para evitar confusiones y mezclas innecesarias entre sustancias, basándose en las especificaciones y se las identificó individualmente.

Se ha utilizado madera de laurel para la elaboración del marco de serigrafía, la cual es resistente y a la vez liviana. La malla de estampación N° 62 (hilos/cm) se colocó insertando grapas con una grapadora industrial para dar estabilidad y pegamento para mejor adherencia al marco.



**Figura 21.** Marco de serigrafía para silicona

Fuente: (Guaytarilla, 2020)



**Figura 22.** Marco de serigrafía para látex

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Al trabajar con los marcos de estampación con la superficie de laminación de malla cerrada N° 62 (hilos/cm), se observó una fuga de la materia prima utilizada (ver **Figura 23**), por lo que se vio conveniente utilizar una superficie libre de porosidad en este caso la superficie de trípex de 12 capas para colocar la mezcla y rediseñar el marco.



**Figura 23.** Paso de la silicona (Fafsoft) a través de la malla de estampación

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Luego de conocer que el marco de serigrafía con superficie de malla de estampación no fue el adecuado, se procedió a colocar en la superficie tríplex de 12 capas para que sea resistente al calor y la humedad tanto para látex (ver **Figura 24**) como para silicona (ver **Figura 25**).



**Figura 24.** Marco de madera de laurel con superficie de tríplex de 12 capas Látex

Fuente: (Guaytarilla, 2020)



**Figura 25.** Marco de madera de laurel con superficie de tríplex de 12 capas Silicona  
Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### 3.5.6.2. Diseño del madero

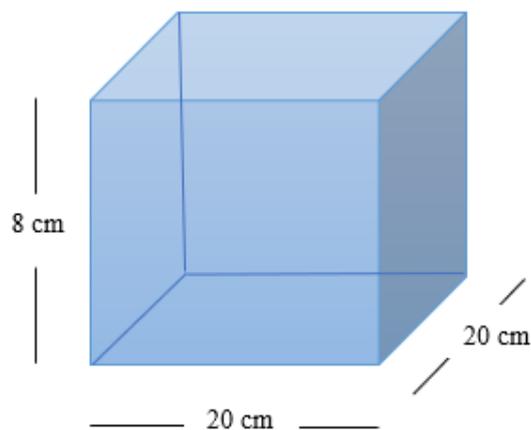
De acuerdo a las especificaciones (ver **Tabla 12**) se diseña el madero (ver **Figura 26**), se considera que debe encajar dentro del marco de estampación para conferir presión a la mezcla de bambú pulverizado y silicona, y bambú pulverizado y látex respectivamente, de tal manera que, permita obtener los laminados con un mismo grosor. (Ver **Anexo 3**)

**Tabla 12**

*Especificaciones del madero*

<b>Especificaciones</b>	
Base	20 cm
Altura	8 cm
Largo	20 cm

Fuente: (Guaytarilla, 2020)



**Figura 26.** Diseño del madero

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### 3.5.6.3. Análisis de concentraciones (celulosa pulverizada, silicona Artesil RTV y látex)

Se toma como estándar 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y como variables 75 g/cm<sup>2</sup>, 100g/cm<sup>2</sup> y 125 g/cm<sup>2</sup> en silicona Artesil RTV y látex individualmente para generar un análisis en la comparación entre los dos polímeros. (Ver **Tabla 13**)

**Tabla 13**

*Concentraciones de celulosa pulverizada, silicona Artesil RTV y látex*

<b>Celulosa pulverizada (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Silicona Artesil RTV (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Látex(g/cm<sup>2</sup>)</b>
	75	75
10	100	100
	125	125

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### 3.5.7. Medición de pH siliconas y látex

Es necesario conocer el pH de los productos a utilizar tanto de la silicona como del látex puesto que este es un factor muy importante dentro de todo el proceso y debe tener presente en que medio (alcalino, neutro, ácido) están trabajando.

En la investigación se ha trabajado primeramente con silicona concentrada (Fabsoft) (ver **Anexo 5**) la misma que tiene un pH 7,68, posteriormente al observar que no cumplía con el pH establecido se colocó ácido acético 0,854g mililitros para que tenga un nivel de pH 5 ácido. (Ver **Figura 27**)



**Figura 27.** Medición del pH a la silicona Fabsoft

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

A continuación, al obtener resultados poco satisfactorios como fragilidad y fácil rompimiento características que en un laminado no se pueden dar tal como se puede observar en el **Anexo 4**; se ha trabajado con silicona para moldes (Artesil RTV) (ver **Anexo 6**) la cual trabaja mediante proceso de polimerización con un catalizador el cual ayuda a realizar este proceso y tiene un pH 7,48 (ver **Figura 28**).



**Figura 28.** Medición de pH de silicona (Artesil RTV)

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

También se ha utilizado el látex o caucho natural (ver **Anexo 7**) el cual se ha extraído de forma natural mediante la técnica de realizar un corte en el tronco del árbol de caucho por el que emerge esta sustancia y es recolectada en un recipiente cerrado. Es necesario colocar una pequeña cantidad de amoníaco para que se mantenga en estado líquido y no se coagule. Se considera también que contiene ácido fórmico naturalmente y tiene un pH 8,67. Ver (**Figura 29**)



**Figura 29.** Medición del pH de látex natural

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### **3.5.8. Mezcla de celulosa y polímeros (látex y silicona Artesil TV)**

- a) Pesar la celulosa de bambú pulverizada ( $10 \text{ g/cm}^2$ ) y la silicona Artesil RTV (75, 100 y  $125 \text{ g/cm}^2$ ) en una balanza, además se adiciona aceite para silicona para diluirla y tenga poca viscosidad.
- b) Colocar en un recipiente o vaso de vidrio los dos materiales.
- c) Primero se adiciona la silicona, se realiza movimientos circulares con un agitador y a continuación la celulosa poco a poco para obtener una mezcla homogénea (ver **Figura 30**).
- d) Y de la misma forma se procede con el látex, así:
- e) Pesar la celulosa de bambú pulverizada ( $10 \text{ g/cm}^2$ ) y el látex (75, 100 y  $125 \text{ g/cm}^2$ ) en una balanza.
- f) Depositar en un recipiente los materiales.
- g) Primero el látex realizando movimientos circulares rápidos con un agitador y se coloca seguidamente la celulosa de bambú para evitar grumos (ver **Figura 30**).



**Figura 30.** Mezcla del polímero y celulosa de bambú pulverizada

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### 3.5.9. Proceso de laminación

#### Muestra N° 1: Laminado Látex

- a) La mezcla obtenida es vertida en el marco de madera previamente colocado el desmoldante natural (vaselina) con cuidado (ver **Figura 31**).
- b) Esparcir la mezcla para dar uniformidad en toda la superficie de tríplex de 12 capas y unos suaves golpes para eliminar burbujas.
- c) Luego, se deja secar en dos fases: primero 1 hora y 30 minutos para posteriormente dar la vuelta el marco y dejar secar por 1 hora y 30 minutos adicionales para conseguir un curado uniforme dando un total de 3 horas.
- d) Retirar el marco del horno de secado.
- e) Transcurridas 24 horas, retirar el laminado con extremo cuidado para evitar fisuras o roturas en la muestra de forma manual y utilizando una espátula.



**Figura 31.** Colocación de la mezcla de celulosa y látex

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### Muestra N° 1: Laminado de látex

En la **Tabla 14** se pueden observar los parámetros establecidos para realizar el laminado.

**Tabla 14**

*Parámetros aplicados en laminados de látex*

Parámetros	
Humedad relativa	65%
Temperatura	21°C
Tiempo de secado (Horno de secado)	3 horas
Tiempo de estabilización y secado al ambiente	24 horas

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

En la **Tabla 15** se describen los materiales utilizados tanto en gramos por centímetro cuadrado como en porcentajes.

**Tabla 15**

*Materiales, peso en gramo por centímetros cuadrado y porcentajes utilizados en el laminado de látex*

Materiales	g/cm <sup>2</sup>	%
Celulosa de bambú pulverizada	10	12
Látex 100% natural	75	88
Total (mezcla)	85	100
Residuos (luego de aplicación en el marco)	2	2,352
Total (laminado)	83	100
Residuos (después del secado)	0,70	0,84
<b>PESO TOTAL DEL LAMINADO</b>	<b>82,3</b>	<b>100</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

## Muestra N° 2: Laminado de Silicona (Fabsoft)

- a) La mezcla de celulosa de bambú pulverizada y silicona (Fabsoft) es vertida en el marco de madera; previamente se aplica desmoldante natural (vaselina) en toda la superficie de la malla. (ver **Figura 32**)
- b) Utilizar un rodillo de madera colocado desmoldante para esparcir la mezcla en toda la superficie del marco.
- c) Colocar el madero para dar un grosor estándar en todos los laminados.
- d) Dejar reposar por 10 minutos.
- e) Retirar cuidadosamente el madero.
- f) Retirar el laminado con extremo cuidado para evitar que se genere rupturas o fisuras en ese momento.

Nota: en ambos casos se aplica desmoldante de manera equilibrada para que se pueda retirar de forma rápida y sin causar daños a los laminados, aun esto, es necesario manejarlos con delicadeza y cuidado. Obteniendo resultados negativos tales como: laminados quebradizos y frágiles trabajando con una concentración de 45 g/cm<sup>2</sup> de silicona concentrada (Fabsoft) y 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada (ver **Figura 32**)



**Figura 32.** Colocación de la mezcla en el marco de serigrafía

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

## Muestra N° 2: Laminado de Silicona (Fabsoft)

En la **Tabla 16** se pueden mirar los parámetros con los que se ha trabajado para elaborar el laminado de silicona (Fabsoft).

**Tabla 16**

*Parámetros aplicados en el laminado de Silicona (Fabsoft)*

Parámetros	
Peso aplicado	800 g
Humedad relativa	65%
Temperatura	21°C
Tiempo de secado (Horno de secado)	2 horas
Tiempo de estabilización y secado al ambiente	24 horas

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

En la

**Tabla 17** se observan los materiales con los que se ha trabajado, los pesos en gramos por centímetro cuadrado y los porcentajes.

**Tabla 17**

*Materiales, peso en gramo por centímetro cuadrado y porcentaje utilizados en los laminados de silicona Fabsoft*

Materiales	g/cm <sup>2</sup>	%
Celulosa de bambú pulverizada	10	18
Silicona Fabsoft	45	80,5
Ácido acético	0,9	1,5
Residuos	0	0
Peso Total (laminado)	55,9	100

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### Muestra N° 3: Laminado de Silicona (Artesil RTV)

- a) La mezcla de celulosa de bambú pulverizada y silicona (Artesil RTV) es vertida en el marco de madera previamente se aplica desmoldante natural (vaselina) o aceite de silicona en toda la superficie del marco.
- b) Esparcir la mezcla moviendo de un lado a otro el marco y se deja reposar en un mesón nivelado (**Figura 33**).
- c) Dejar catalizar la mezcla por un lapso de 24 horas a temperatura de  $21^{\circ} \text{C} \pm 1$  y humedad relativa  $65\% \pm 2$ .
- d) Retirar cuidadosamente del marco el laminado revisando que no se generen fisuras y roturas.



**Figura 33.** Colocación de la mezcla en el marco (base de tríples)

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### Muestra N° 3: Laminado de Silicona (Artesil RTV)

En la **Tabla 18** se pueden mirar los parámetros con los que se ha trabajado para elaborar el laminado de silicona (Artesil RTV). En la **Tabla 19** se observan los materiales con los que se ha trabajado, los pesos en gramos y los porcentajes.

**Tabla 18***Parámetros aplicados en el laminado de Silicona (Artesil RTV)*

<b>Parámetros</b>	
Peso aplicado	0
Humedad relativa	65%
Temperatura	21°C
Tiempo de estabilización y secado al ambiente	24 horas

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

**Tabla 19***Materiales, peso en gramo por centímetro cuadrado y porcentaje aplicados en laminados de silicona Artesil RTV*

<b>Materiales</b>	<b>g/cm<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Celulosa de bambú pulverizada	10	5,52
Silicona Artesil RTV	75	41,4
Catalizador	3,75	2,06
Aceite de silicona	92,45	51,02
Residuos	0	0
Total (laminado)	181,17	100

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

**3.5.10. Secado en el horno de secado y estabilización al ambiente****Muestra N° 1: Laminado látex**

Una vez obtenidos los laminados, en caso de látex, primeramente, se seca a 80°C en el horno de secado (Vacuum Oven) durante 3 horas, luego se los disponen en una superficie libre de impurezas y humedad para ser secadas al ambiente por 24 horas (ver **Figura 34**).



**Figura 34.** Secado del laminado de látex

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

## **Muestra N° 2: Laminado de Silicona (Fabsoft)**

En caso de silicona Fabsoft es necesario colocar a 80° C durante 2 horas y se necesita una estabilización al ambiente durante 24 horas para el secado (ver **Figura 35**).



**Figura 35.** Secado del laminado de silicona Fabsoft

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### **Muestra N° 3: Laminado de Silicona (Artesil RTV)**

También, en caso de laminado trabajado con silicona Artesil RTV, el catalizador actúa durante 24 horas tal como lo sugiere el fabricante, colocándolo en una superficie plana sin irregularidades (**Figura 36**).



**Figura 36.** Estabilización y secado al ambiente silicona Artesil RTV

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### **3.5.11. Obtención de laminados**

#### **Muestra N° 1: Laminado látex**

Luego de realizadas las dos etapas del proceso se obtienen los laminados de celulosa de bambú pulverizada en mezcla con látex (ver **Figura 37**).



**Figura 37.** Obtención del laminado de látex

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### **Muestra N° 2: Laminado silicona Fabsoft**

El laminado utilizando silicona Fabsoft se obtuvo un laminado que presentaba fragilidad (ver **Figura 38**).

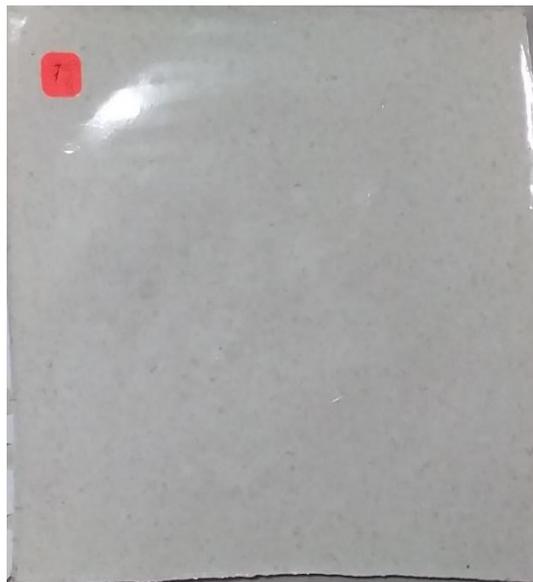


**Figura 38.** Laminado de silicona Fabsoft

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### **Muestra N° 3: Laminado silicona Artesil RTV**

Al trabajar con la silicona Artesil RTV se logró obtener los resultados deseados tales como resistencia y flexibilidad (ver **Figura 39**).



**Figura 39.** Laminado silicona Artesil RTV

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### **3.6. Pruebas de laboratorio**

A continuación, se presentan los procedimientos a realizarse de los ensayos o pruebas de laboratorio según lo que dictamina cada una de las normas a emplearse desde la preparación de las muestras o probetas hasta la generación de tablas y gráficas.

#### **3.6.1. Deslizamiento de costuras ISO 139 36-1**

Esta prueba de laboratorio se utiliza para determinar la resistencia al deslizamiento en una costura que tienen los hilos de un determinado sustrato tejido. No se recomienda para tejidos con características elásticas.

- a) Preparar la muestra mediante un lavado o limpieza en seco para evitar cualquier deformación o desestabilización del tejido por el movimiento del lavado con uso de agua.
- b) Mediante la utilización de un patrón se procede a colocar encima de la muestra para dibujar la silueta.
- c) Recortar la silueta.
- d) La silueta recortada debe ir acompañada a otra silueta de otro tipo de tela.
- e) Realizar mediante el uso de una máquina de coser puntada doble.
- f) Utilizar una máquina que este equipada con mordazas de agarre para evitar que el sustrato se mueva durante el ensayo, en donde una de ellas es estática mientras que la otra mordaza es movable, además deberá moverse a una velocidad constante.
- g) Realizar dos ensayos diferentes tanto para urdimbre como trama, para ello cuando se trabaje con la urdimbre debe estar colocada en ángulo recto a la dirección de desgarre y de la misma manera cuando se trabaje con la trama.
- h) Se obtienen lecturas generadas por medio de gráficas y curvas.

Nota: no se debe trabajar con los orillos, partes con arrugas y con las partes de los bordes de la tela para evitar errores al momento de realizar la prueba. Mantener las condiciones óptimas de  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $65 \pm 2\%$  de humedad relativa **Anexo 8**

#### **3.6.2. Determinación de la resistencia a la tracción para tejidos recubiertos de plástico o caucho ISO 1421:2016**

Para realizar esta prueba de laboratorio se necesitan como mínimo 2 probetas y como máximo 5 probetas en dirección de la urdimbre y, de la misma forma 2 probetas como

mínimo y 5 probetas como máximo en dirección de la trama, la fuerza máxima ejercida se mide en Newtons.

- a) Revisar que el equipo este correctamente calibrado para realizar esta prueba tanto en velocidad y longitud.
- b) Mediante el uso de un patrón se corta las probetas del sustrato.
- c) Colocar la probeta de 2cm de ancho y 10cm de largo en el centro de las mordazas y también en forma perpendicular a ellas.
- d) Cerrar la mordaza superior, se debe evitar tensionar la muestra para colocar el otro extremo en la mordaza inferior, para que quede suspendido por su propio peso cuando se vaya a cerrarla. **Anexo 8**

### **3.6.3. Resistencia al desgarro de la tela ASTM D2261**

Este es un método de prueba al que aplica la mayoría de tejidos y no tejidos.

- a) Mediante el uso de un patrón rectangular con un corte generando dos partes del sustrato llamadas lenguas, se lo compara con un pantalón.
- b) No se debe hacer una previa preparación de las muestras.
- c) Este patrón se coloca encima del sustrato y se dibuja la silueta, tanto en dirección de la urdimbre como trama 2 muestras de cada una.
- d) Recortar la probeta.
- e) Utilizar el equipo dinamómetro el cual trabaja a velocidades constantes, es neumático y posee dos mordazas tanto superior como inferior.
- f) Una de las lenguas del sustrato le sostiene la mordaza superior, mientras que la otra lengua la sostiene la mordaza inferior, luego de empezar la prueba la distancia de separación de las mordazas va aumentando hasta el punto más alto de desgarro.
- g) Genera el diagrama de lectura de cada muestra en tiempo real.

Nota: se mantiene las condiciones óptimas para la realización de la prueba  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $65 \pm 2\%$  de humedad relativa. **Anexo 8**

### 3.7. Costo de producción de laminado

En base a los materiales utilizados, se da a conocer el costo total de producción de la celulosa de bambú pulverizada (ver **Tabla 20**), obteniendo un costo total de 0,030 USD/g o que es lo mismo 25,186 USD/Kg.

**Tabla 20**

*Costo de producción celulosa de bambú*

	<b>Costo USD/g</b>	<b>Costo USD/Kg</b>
<b>Materia prima directa</b>		
Caña guadua	0,006	5,620
<b>Materia prima indirecta</b>		
Hidróxido de sodio	0,007	1,590
<b>Mano de obra directa</b>		
Proceso de pulverizado	0,015	14,980
<b>Costo de funcionamiento</b>		
Gas	0,003	3,00
<b>COSTO TOTAL CELULOSA DE BAMBÚ PULVERIZADA</b>	<b>USD/g 0,030</b>	<b>USD/kg 25,186</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

#### 3.7.1. Laminados látex

A continuación, las **Tabla 21**, **Tabla 22**, **Tabla 23** muestran los cálculos del costo total de los laminados de 75, 100 y 125 g/cm<sup>2</sup> respectivamente en donde se detallan los materiales utilizados, composiciones y costo en gramos. Pudiendo determinar que a mayor concentración de látex aumenta el costo del laminado, es decir, tienen una relación directamente proporcional.

**Tabla 21***Costo de un laminado 75 g/cm<sup>2</sup> látex*

<b>Materiales</b>	<b>Costo material (g)</b>	<b>Composición (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo material utilizado USD/g</b>
<b>Materia prima directa</b>			
Celulosa de bambú	0,03	10,00	0,27
Látex	0,01	75,00	0,41
<b>Costo de funcionamiento</b>			
Costo energía eléctrica			0,36
<b>Costo laminado</b>			<b>1,04</b>
<b>Mano de obra directa</b>			3,76
<b>COSTO TOTAL DE LAMINADO</b>			<b>USD/g 4,80</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

**Tabla 22***Costo de un laminado 100 g/cm<sup>2</sup> látex*

<b>Materiales</b>	<b>Costo material (g)</b>	<b>Composición (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo material utilizado USD/g</b>
<b>Materia prima directa</b>			
Celulosa de bambú	0,03	10,00	0,27
Látex	0,01	100,00	0,55
<b>Costo de funcionamiento</b>			
Costo energía eléctrica			0,36
<b>Costo laminado</b>			<b>1,18</b>
<b>Mano de obra directa</b>			3,76
<b>COSTO TOTAL DE LAMINADO</b>			<b>USD/g 4,94</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

**Tabla 23***Costo de un laminado 125 g/cm<sup>2</sup> látex*

<b>Materiales</b>	<b>Costo material (g)</b>	<b>Composición (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo material utilizado USD/g</b>
<b>Materia prima directa</b>			
Celulosa de bambú	0,03	10,00	0,27
Látex	0,01	125,00	0,69
<b>Costo de funcionamiento</b>			
Costo energía eléctrica			0,36
<b>Costo laminado</b>			
			<b>1,32</b>
<b>Mano de obra directa</b>			
			3,76
<b>COSTO TOTAL DE LAMINADO</b>			<b>USD/g 5,08</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### 3.7.2. Laminados de Silicona Artesil RTV

Posteriormente, se analizan los costos de producción (ver **Tabla 24**, **Tabla 25**, **Tabla 26**) el costo en gramos de los laminados compuestos por celulosa de bambú pulverizada y silicona Artesil RTV en concentraciones de 75, 100 y 125 g/cm<sup>2</sup>. Teniendo que a medida que aumenta la concentración de silicona, aumenta también la concentración de catalizador, y manteniendo 100 gramos de aceite de silicona tal como lo recomienda el fabricante; por ello el costo también aumenta directamente proporcional a estas.

**Tabla 24***Costo de un laminado 75 g/cm<sup>2</sup> silicona Artesil RTV*

<b>Materiales</b>	<b>Costo material (g)</b>	<b>Composición (g)</b>	<b>Costo material utilizado USD/g</b>
<b>Materia prima directa</b>			
Celulosa de bambú	0,03	10,00	0,27
Silicona	0,02	75,00	1,73
Catalizador	0,07	3,75	0,26
Aceite de silicona	0,02	100,00	2,00
<b>Costo laminado</b>			<b>4,26</b>
<b>Mano de obra directa</b>			2,51
<b>COSTO TOTAL</b>			
<b>LAMINADO</b>			<b>USD/g 6,77</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

**Tabla 25***Costo de un laminado 100 g/cm<sup>2</sup> silicona Artesil RTV*

<b>Materiales</b>	<b>Costo material (g)</b>	<b>Composición (g)</b>	<b>Costo material utilizado USD/g</b>
<b>Materia prima directa</b>			
Celulosa de bambú	0,03	10,00	0,27
Silicona	0,02	100,00	2,30
Catalizador	0,07	5,00	0,35
Aceite de silicona	0,02	100,00	2,00
<b>Costo laminado</b>			<b>4,92</b>
<b>Mano de obra directa</b>			2,51
<b>COSTO TOTAL</b>			
<b>LAMINADO</b>			<b>USD/g 7,43</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

**Tabla 26***Costo un laminado 125g/cm<sup>2</sup> silicona Artesil RTV*

<b>Materiales</b>	<b>Costo material (g)</b>	<b>Composición (g)</b>	<b>Costo material utilizado USD/g</b>
<b>Materia prima directa</b>			
Celulosa de bambú	0,03	10,00	0,27
Silicona	0,02	125,00	2,88
Catalizador	0,07	6,25	0,44
Aceite de silicona	0,02	100,00	2,00
<b>Costo laminado</b>			<b>5,58</b>
<b>Mano de obra directa</b>			<b>2,51</b>
<b>COSTO TOTAL</b>			
<b>LAMINADO</b>			<b>USD/g 8,09</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

## CAPÍTULO IV

### 4. Resultados y discusión de resultados

En este capítulo se dan a conocer los resultados de los cuatro ensayos (deslizamiento a la costura, resistencia a tracción, alargamiento y resistencia al desgarro) efectuados en el equipo dinamómetro Titan 5 modelo 1410 en los laboratorios físico-químicos de la Carrera en Textiles perteneciente a la Universidad Técnica del Norte.

#### 4.1. Resultados

En esta parte se presentan las tablas y gráficos estadísticos de los ensayos en el laboratorio que se dieron sobre laminados de celulosa de bambú pulverizada y polímeros naturales, además, se detallan con valores numéricos y gráficas, cada uno de los análisis que se hicieron a las diferentes probetas con látex natural, así como también silicona Artesil RTV. Complementario a esto, para determinar la veracidad y congruencia de los datos obtenidos se realiza un análisis estadístico usando el **SOFTWARE PAST 4** para una mejor interpretación de los resultados.

##### 4.1.1. Tablas de resultados

La síntesis de los resultados obtenidos tanto para látex como para silicona se presentan en tablas para una mejor organización y comprensión.

##### *4.1.1.1. Resultados del ensayo de deslizamiento de costuras ISO 139 36 -1*

Posteriormente, se muestran los resultados obtenidos al hacer el ensayo de deslizamiento de costuras aplicando la norma ISO 139 36 -1 en probetas de las diferentes concentraciones tanto para látex como para silicona efectuados en el equipo de laboratorio dinamómetro.

### Resultados de ensayo Muestra N° 1: Laminado Látex

En la **Tabla 27** que se encuentra a continuación, se pueden notar los resultados que se obtuvieron a partir de la medición del ensayo de deslizamiento de costuras en relación del largo y perpendicular, el número de probetas realizadas, las condiciones con las que trabajo el equipo dinamómetro, los resultados y observaciones obtenidas en cada una de las probetas compuestas de 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y sus respectivas concentraciones de látex.

**Tabla 27**

*Ensayo deslizamiento de costuras, laminados de látex*

Composición (g/cm <sup>2</sup> )	Nro. Probeta	Sentido	Condiciones máquina	Resultados	Observaciones
75	2	Largo	Tirando a 50 mm/min  Detección de rotura 10 a 20%	Baja sensibilidad del material, la máquina no detecta la resistencia a la rotura	La máquina no genera resultados ni los grafica, ya que se encuentra por debajo de los límites mínimos de trabajo.
	2	Perpendicular			
100	2	Largo			
	2	Perpendicular			
125	2	Largo			
	2	Perpendicular			

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### Resultados de ensayo Muestra N° 3: Laminado de Silicona (Artesil RTV)

En la **Tabla 28** que se encuentra a continuación, se pueden notar los resultados que se obtuvieron a partir de la medición del ensayo de deslizamiento de costuras en relación de largo y perpendicular expresadas en Newton (N), así como también las observaciones en cada una de las probetas conformadas por 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 75 g/cm<sup>2</sup> de silicona Artesil RTV.

**Tabla 28**

*Medición deslizamiento de costuras (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 75g/cm<sup>2</sup> de silicona Artesil RTV)*

<b>Probeta</b>	<b>N</b>	<b>Observaciones</b>
1	7,2	Rotura del laminado en la mordaza
2	7,5	Rotura del laminado en la mordaza
3	5,4	Rotura del laminado en la mordaza
4	7,7	Rotura del laminado en la mordaza
<b>Media</b>	<b>6,95</b>	

Nota: la rotura en la mordaza es el efecto de la presión que ejercen el equipo al inicio del ensayo en el laminado. Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Al efectuar el ensayo de deslizamiento de costuras, los laminados compuestos por 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 100 g/cm<sup>2</sup> de silicona Artesil RTV, se lograron obtener los resultados expresados en la **Tabla 29** en relación de largo y perpendicular con su unidad de medida Newton (N) y además de las observaciones en cada una de las probetas.

**Tabla 29**

*Medición deslizamiento de costuras (laminados 10g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 100 g/cm<sup>2</sup> de silicona Artesil RTV)*

<b>Probeta</b>	<b>N</b>	<b>Observaciones</b>
1	15,7	Rotura del laminado en la mordaza
2	13,2	Rotura del laminado en la mordaza
3	12,3	Rotura del laminado en la mordaza
4	16,4	Rotura del laminado en la mordaza
<b>Media</b>	<b>14,4</b>	

Nota: la rotura en la mordaza es el efecto de la presión que ejercen el equipo al inicio del ensayo en el laminado. Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Al llevar a cabo la medición del ensayo de deslizamiento de costuras en laminados compuestos de mezcla de 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm<sup>2</sup> de silicona Artesil RTV, se adquirió los resultados subsiguientes presentes en la **Tabla 30** en relación de largo y perpendicular expresadas en Newton (N) y las observaciones en cada una de las probetas.

**Tabla 30**

*Medición deslizamiento de costuras (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm<sup>2</sup> de silicona Artesil RTV)*

<b>Probeta</b>	<b>N</b>	<b>Observaciones</b>
1	29,2	Rotura del laminado en la mordaza
2	27,7	Rotura del laminado en la mordaza
3	26,3	Rotura del laminado en la mordaza
4	25,9	Rotura del laminado en la mordaza
<b>Media</b>	<b>27,28</b>	

Nota: la rotura en la mordaza es el efecto de la presión que ejercen el equipo al inicio del ensayo en el laminado. Fuente: (Guaytarilla, 2020)

#### *4.1.1.2. Resultados del ensayo de determinación de la resistencia a la tracción para tejidos recubiertos de plástico o caucho ISO 1421:2016*

En esta parte de se dan a conocer los resultados obtenidos luego de la realización del ensayo de resistencia a la tracción sintetizados en tablas para su análisis, efectuados en el equipo dinamómetro Titan 5 aplicando la norma ISO 1421:2016.

#### **Resultados de ensayo Muestra N° 1: Laminado Látex**

En la **Tabla 31** se detallan los valores de la resistencia a la tracción con la unidad de medida Newton (N) y el alargamiento a la rotura en milímetros (mm) que fueron obtenidos tanto en sentido largo como perpendicular de laminados conformados por 10g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 75 g/cm<sup>2</sup> de látex.

**Tabla 31**

*Medición de la resistencia a la tracción (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 75 g/cm<sup>2</sup> látex)*

<b>Probetas</b>	<b>Resistencia (N)</b>	<b>Alargamiento (mm)</b>
1	50,6	261,8
2	39,1	196,1
3	29,8	154,2
4	26,6	146,0
<b>Media</b>	<b>36,53</b>	<b>189,525</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

A continuación, se indican en la **Tabla 32** los resultados obtenidos luego de la realización del ensayo de la resistencia a la tracción en Newtons (N) y el alargamiento (mm) de laminados compuestos por 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 100 g/cm<sup>2</sup> de látex, trabajando cuatro probetas, dos en largo y dos en perpendicular.

**Tabla 32**

*Medición de la resistencia a la tracción (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 100 g/cm<sup>2</sup> látex)*

<b>Probetas</b>	<b>Resistencia (N)</b>	<b>Alargamiento (mm)</b>
1	47,7	310,6
2	26,5	183,2
3	51,1	304,8
4	46,5	297,6
<b>Media</b>	<b>42,95</b>	<b>274,05</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Seguidamente, se muestran los resultados (ver **Tabla 33**) conseguidos de los laminados de mezcla de 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm<sup>2</sup> de látex al realizar el ensayo de la resistencia a la tracción en Newtons (N) y alargamiento a la rotura expresado en milímetros (mm), trabajando con cuatro probetas en total, dos de largo y dos de sentido perpendicular.

**Tabla 33**

*Medición de la resistencia a la tracción (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm<sup>2</sup> látex)*

<b>Probetas</b>	<b>Resistencia (N)</b>	<b>Alargamiento (mm)</b>
1	60,4	408,2
2	56,0	283,0
3	52,0	335,1
4	50,7	307,2
<b>Media</b>	<b>54,78</b>	<b>333,38</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### **Resultados de ensayo Muestra N° 3: Laminado de Silicona (Artesil RTV)**

En la **Tabla 34** que se encuentra a continuación se pueden notar los resultados que se obtuvieron a partir de la medición del ensayo de deslizamiento de costuras en relación del largo y perpendicular, el número de probetas realizadas, las condiciones con las que trabajo el equipo dinamómetro, los resultados y observaciones obtenidas, compuestas de celulosa de bambú pulverizado y sus respectivas concentraciones de silicona Artesil RTV.

**Tabla 34**

*Ensayo de resistencia a la tracción, laminados de silicona Artesil RTV*

<b>Composición silicona (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>N° Probeta</b>	<b>Sentido</b>	<b>Condiciones máquina</b>	<b>Resultados</b>	<b>Observaciones</b>
75	2	Largo	Velocidad: 50 mm/min Fuerza máxima: 200 N Separación mordazas: 100 mm Capacidad máxima: 5000N	Baja sensibilidad del material, la máquina no detecta la resistencia a la rotura	La máquina no genera resultados ni los grafica
	2	Perpendicular			
100	2	Largo			
	2	Perpendicular			

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Se indican posteriormente en la **Tabla 35**, los resultados generados del ensayo de resistencia a la tracción en Newtons (N) y el alargamiento con unidad de medida milímetros (mm) en relación del largo y perpendicular de la máquina al aplicar el ensayo de resistencia a la tracción de los laminados conformados por 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm<sup>2</sup> de silicona Artesil RTV.

**Tabla 35**

*Medición de la resistencia a la tracción (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm<sup>2</sup> silicona Artesil RTV)*

<b>Probetas</b>	<b>Resistencia (N)</b>	<b>Alargamiento (mm)</b>
1	15,83	68,7
2	16,54	86,28
3	11,44	12,58
4	14,45	50,81
<b>Media</b>	<b>14,57</b>	<b>54,59</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

#### *4.1.1.3. Resultados del ensayo de resistencia al desgarro de la tela ASTM D2261*

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del ensayo de resistencia al desgarro realizado en el equipo dinamómetro Titan 5 aplicando la norma ASTM D2261, para la mezcla de celulosa de bambú pulverizada con látex y silicona respectivamente.

#### **Resultados de ensayo Muestra N° 1: Laminado Látex**

En la **Tabla 36** se notan el número de probetas trabajadas compuestas por 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú y 75 g/cm<sup>2</sup> de látex, en los 5 picos más altos (5 Highest Peaks) expresados en Newton (N) y el pico único (Single Peak) medido en Newton (N) tanto en relación a la dirección de la máquina (MD) y en dirección transversal de la máquina (CD).

**Tabla 36***Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa y 75 g/cm<sup>2</sup> látex)*

<b>Probetas</b>	<b>5 Highest Peaks (N)</b>	<b>Single Peak (N)</b>
<b>MD (Dirección de la máquina)</b>		
1	18,06	18,11
2	16,33	16,4
3	16,78	16,83
<b>CD (Dirección transversal de la máquina)</b>		
4	19,47	19,53
5	15	15,11
6	16,69	16,79
<b>Media</b>	<b>17,06</b>	<b>17,13</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

En la medición de la resistencia al desgarro de laminados conformados por 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 100 g/cm<sup>2</sup> de látex se adquirió los resultados presentados en la **Tabla 37**, en los 5 picos más altos (5 Highest Peaks) expresados en Newton (N) y el pico único (Single Peak) medido en Newton (N) tanto en relación a la dirección de la máquina (MD) y en dirección transversal de la máquina (CD).

**Tabla 37***Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa y 100 g/cm<sup>2</sup> látex)*

<b>Probetas</b>	<b>5 Highest Peaks (N)</b>	<b>Single Peak (N)</b>
<b>MD (Dirección de la máquina)</b>		
1	18,09	18,14
2	12,4	12,43
3	18,02	18,19
<b>CD (Dirección transversal de la máquina)</b>		
4	24,36	24,43
5	14	14,11
6	21,71	21,77
<b>Media</b>	<b>18,10</b>	<b>18,19</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Posteriormente, en la **Tabla 38** al aplicar la medición de la resistencia al desgarro de laminados constituidos por 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm<sup>2</sup> de látex, en los 5 picos más altos (5 Highest Peaks) expresados en Newton (N) y el pico único (Single Peak) medido en Newton (N) tanto en relación a la dirección de la máquina (MD) y en dirección transversal de la máquina (CD).

**Tabla 38**

*Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú y 125g/cm<sup>2</sup> látex)*

<b>Probetas</b>	<b>5 Highest Peaks (N)</b>	<b>Single Peak (N)</b>
<b>MD (Dirección de la máquina)</b>		
1	21,45	21,49
2	21,99	22
3	11,93	11,94
<b>CD (Dirección transversal de la máquina)</b>		
4	30,67	30,75
5	24,85	24,89
6	14,28	14,31
<b>Media</b>	<b>20,86</b>	<b>20,90</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

### **Resultados de ensayo Muestra N° 3: Laminado de Silicona (Artesil RTV)**

Los laminados compuestos por 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 75 g/cm<sup>2</sup> de silicona Artesil RTV, al aplicar la medición de la resistencia al desgarro (**Tabla 39**) se logró obtener los resultados que se observan a continuación, en los 5 picos más altos (5 Highest Peaks) expresados en Newton (N) y el pico único (Single Peak) medido en Newton (N) tanto en relación a la dirección de la máquina (MD) y en dirección transversal de la máquina (CD).

**Tabla 39**

*Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú y 75g/cm<sup>2</sup> silicona Artesil RTV)*

<b>Probetas</b>	<b>5 Highest Peaks (N)</b>	<b>Single Peak (N)</b>
<b>MD (Dirección de la máquina)</b>		
1	1,35	1,36
2	1,45	1,51
3	1,22	1,27
<b>CD (Dirección transversal de la máquina)</b>		
4	1,33	1,34
5	1,33	1,36
6	1,19	1,24
<b>Media</b>	<b>1,32</b>	<b>1,35</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

En la **Tabla 40** se identifica los resultados que se consiguieron de la medición de la resistencia al desgarro de laminados compuestos por 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 100 g/cm<sup>2</sup> de silicona Artesil RTV trabajando en los 5 picos más altos (5 Highest Peaks) expresados en Newton (N) y el pico único (Single Peak) medido en Newtons(N) tanto en relación a la dirección de la máquina (MD) y en dirección transversal de la máquina (CD).

**Tabla 40**

*Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú y 100g/cm<sup>2</sup> silicona Artesil RTV)*

<b>Probetas</b>	<b>5 Highest Peaks (N)</b>	<b>Single Peak (N)</b>
<b>MD (Dirección de la máquina)</b>		
1	2,22	2,23
2	1,71	1,72
3	2,04	2,09
<b>CD (Dirección transversal de la máquina)</b>		
4	1,63	1,67
5	2,13	2,16
6	1,89	1,93
<b>Media</b>	<b>1,94</b>	<b>1,97</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Seguidamente, al efectuar la medición de la resistencia al desgarro de los laminados compuestos por 10 g/cm<sup>2</sup> de celulosa de bambú pulverizada y 125 g/cm<sup>2</sup> de silicona Artesil RTV se consiguieron los resultados (ver **Tabla 41**) expresados en los 5 picos más altos (5 Highest Peaks) expresados en Newton (N) y el pico único (Single Peak) medido en Newton (N) tanto en relación a la dirección de la máquina (MD) y en dirección transversal de la máquina (CD).

**Tabla 41**

*Medición de la resistencia al desgarro (laminados 10 g/cm<sup>2</sup> celulosa de bambú y 125g/cm<sup>2</sup> silicona Artesil RTV)*

<b>MD (Dirección de la máquina)</b>		
<b>Probetas</b>	<b>5 Highest Peaks (N)</b>	<b>Single Peak (N)</b>
1	2,99	3,07
2	2,88	2,92
3	2,24	2,26
<b>CD (Dirección transversal de la máquina)</b>		
4	2,65	2,68
5	2,71	2,71
6	2,38	2,41
<b>Media</b>	<b>2,64</b>	<b>2,68</b>

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

## **4.2. Discusión de resultados**

Mediante el uso de tablas de recopilación de los resultados de las pruebas de laboratorio para lograr un análisis de la varianza y normalidad de datos.

### **4.2.1. Resumen de resultados**

Luego de analizar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio (**Tabla 42**, **Tabla 43**), se establecieron los valores promedio para laminados compuestos por látex y silicona.

**Tabla 42**

*Síntesis de resultados de los ensayos de laboratorio (laminados látex)*

<b>Composición látex</b>	<b>Costura</b>	<b>Resistencia a</b>	<b>Alargamiento</b>	<b>Desgarro</b>
<b>(g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>(N)</b>	<b>la tracción (N)</b>	<b>(mm)</b>	<b>(N)</b>
75	0	36,53	189,525	17,06
100	0	42,95	274,05	18,10
125	0	54,78	333,38	20,86

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

**Tabla 43***Síntesis de resultados de los ensayos de laboratorio (laminados silicona Artesil RTV)*

<b>Composición silicona Artesil RTV (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Costura (N)</b>	<b>Resistencia a la tracción (N)</b>	<b>Alargamiento (mm)</b>	<b>Desgarro (N)</b>
75	6,95	0	0	1,32
100	14,4	0	0	1,94
125	27,28	14,57	54,59	2,64

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

**4.2.2. Análisis de la varianza**

El análisis de los valores obtenidos de los ensayos efectuados a los laminados de látex en mezcla con celulosa de bambú pulverizada fueron obtenidos mediante el **SOFTWARE ESTADÍSTICO PAST 4**. A continuación, al analizar dichos valores se pueden observar los coeficientes de variación teniendo como valor mayor en el ensayo de alargamiento de 27,21%, es decir los datos sufrieron dispersión, no así en la resistencia al desgarro donde se consiguió un valor menor de 10,52%, mismos que se dan a conocer en la **Figura 40**.

 Univariate statistics

	<b>Costura (N)</b>	<b>Resistencia a la tracción (N)</b>	<b>Alargamiento (mm)</b>	<b>Desgarro (N)</b>
<b>N</b>	3	3	3	3
<b>Min</b>	0	36,53	189,525	17,06
<b>Max</b>	0	54,78	333,38	20,86
<b>Sum</b>	0	134,26	796,955	56,02
<b>Mean</b>	0	44,75333	265,6517	18,67333
<b>Std. error</b>	0	5,344924	41,73913	1,133804
<b>Variance</b>	0	85,70463	5226,464	3,856533
<b>Stand. dev</b>	0	9,25768	72,29429	1,963806
<b>Median</b>	0	42,95	274,05	18,1
<b>25 prcntil</b>	0	36,53	189,525	17,06
<b>75 prcntil</b>	0	54,78	333,38	20,86
<b>Skewness</b>	0	0,8433086	-0,5157044	1,201796
<b>Kurtosis</b>	0	-2,333333	-2,333333	-2,333333
<b>Geom. mean</b>	0	44,13112	258,7092	18,60618
<b>Coeff. var</b>	NAN	20,68601	27,21394	10,51663

**Figura 40.** Análisis de la varianza (laminados látex)

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

En la **Figura 41** se detallan los resultados de las medias de ensayos aplicados a los laminados de silicona Artesil RTV y celulosa de bambú pulverizada, dando como valor máximo de 173,21% debido a que se logró conseguir un solo resultado de la probeta de 125 g/cm<sup>2</sup> de silicona en los ensayos de resistencia a la tracción y alargamiento; y como valor mínimo de 33,58% en la resistencia al desgarro.

 Univariate statistics

	Costura (N)	Resistencia a la tracción (N)	Alargamiento (m)	Desgarro (N)
<b>N</b>	3	3	3	3
<b>Min</b>	6,95	0	0	1,32
<b>Max</b>	27,28	14,57	54,59	2,64
<b>Sum</b>	48,63	14,57	54,59	5,9
<b>Mean</b>	16,21	4,856667	18,19667	1,966667
<b>Std. error</b>	5,938134	4,856667	18,19667	0,3812844
<b>Variance</b>	105,7843	70,76163	993,356	0,4361333
<b>Stand. dev</b>	10,28515	8,411993	31,51755	0,6604039
<b>Median</b>	14,4	0	0	1,94
<b>25 prcnil</b>	6,95	0	0	1,32
<b>75 prcnil</b>	27,28	14,57	54,59	2,64
<b>Skewness</b>	0,7673931	1,732051	1,732051	0,1814107
<b>Kurtosis</b>	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333
<b>Geom. mean</b>	13,97646	0	0	1,890862
<b>Coeff. var</b>	63,44941	173,2051	173,2051	33,57986

**Figura 41.** Análisis de la varianza (laminados silicona Artesil RTV)

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

#### 4.2.3. Normalidad de datos

En la **Figura 42** se muestra la prueba realizada por el **SOFTWARE ESTADÍSTICO PAST 4** para conocer la normalidad y confiabilidad de datos de los laminados de látex en mezcla con celulosa de bambú pulverizada, considerando que en Jarque-Bera (JB p normal) los valores de los todos los ensayos son mayores a 0,05 dando una confiabilidad del 95%.

Tests for normal distribution

	Costura (N)	Resistencia a la tracc	Alargamiento (mm)	Desgarro (N)
<b>N</b>		3	3	3
<b>Shapiro-Wilk W</b>		0,9715	0,9899	0,9361
<b>p(normal)</b>		0,6763	0,8075	0,5118
<b>Anderson-Darling A</b>		0,2214	0,2008	0,2619
<b>p(normal)</b>		0,5113	0,5792	0,3768
<b>p(Monte Carlo)</b>		0,6734	0,8086	0,516
<b>Lilliefors L</b>		0,2439	0,2129	0,2815
<b>p(normal)</b>		0,7058	0,8658	0,4832
<b>p(Monte Carlo)</b>		0,678	0,8043	0,5075
<b>Jarque-Bera JB</b>		0,3405	0,3034	0,4016
<b>p(normal)</b>		0,8434	0,8592	0,8181
<b>p(Monte Carlo)</b>		0,6671	0,8075	0,5102

**Figura 42.** Normalidad de datos (laminados látex)

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Luego de aplicar la prueba para saber la normalidad y confiabilidad de datos de los laminados compuestos por silicona Artesil RTV y celulosa de bambú pulverizada, considerando que en Jarque-Bera (JB p normal) los valores de los todos los ensayos son mayores a 0,05, dando una confiabilidad del 95%.

Tests for normal distribution

	Costura (N)	Resistencia a la tracc	Alargamiento (mm)	Desgarro (N)
<b>N</b>	3	3	3	3
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9768	0,75	0,75	0,9988
<b>p(normal)</b>	0,7078	0	0	0,9332
<b>Anderson-Darling A</b>	0,2155	0,4878	0,4878	0,1909
<b>p(normal)</b>	0,5262	0,05651	0,05651	0,6242
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,7038	0,0001	0,0001	0,9266
<b>Lilliefors L</b>	0,2365	0,3848	0,3848	0,1828
<b>p(normal)</b>	0,7478	0,08879	0,08879	1,369
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,6975	0,0001	0,0001	0,9324
<b>Jarque-Bera JB</b>	0,3303	0,5313	0,5313	0,284
<b>p(normal)</b>	0,8478	0,7667	0,7667	0,8676
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,7038	0,0001	0,0001	0,9341

**Figura 43.** Normalidad de datos (laminados silicona Artesil RTV)

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

#### 4.2.4. Formas de representación estadística

Mediante gráficas estadísticas se representan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a los laminados para su mejor visualización y comprensión.

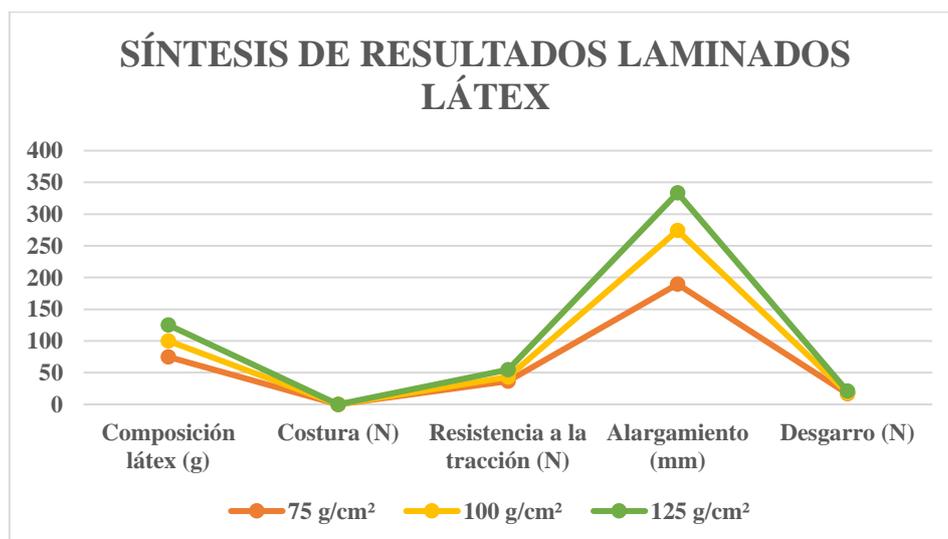
##### 4.2.4.1. Gráfico de líneas

A continuación, la **Figura 44**, muestra la representación de los resultados obtenidos de los laminados en diferentes concentraciones de látex (color naranja 75 g/cm<sup>2</sup>, amarillo 100 g/cm<sup>2</sup> y verde 125 g/cm<sup>2</sup>) en los ensayos realizados a los laminados en el equipo dinamómetro.

Se aprecia que en el ensayo de deslizamiento de costuras no se consiguieron resultados (valores) debido a que la gran elasticidad de los laminados no fue susceptible de rotura ni en el laminado ni en la costura puesto que el rango de acción del equipo no alcanza a realizar la medición de estas probetas.

Mientras que en el ensayo a la tracción se generaron resultados menores a 100 N, es decir, es la fuerza a la rotura es mínima pero su elasticidad es muy buena.

En el ensayo de resistencia al alargamiento se consiguió valores menores de 350 mm, es decir, son materiales con gran poder de alargamiento. Por último, en el ensayo de desgarro en el que se han adquirido valores menores de 50 N, es decir, tiene poco poder de resistencia a una fuerza constante.



**Figura 44.** Gráfico general de datos (látex)

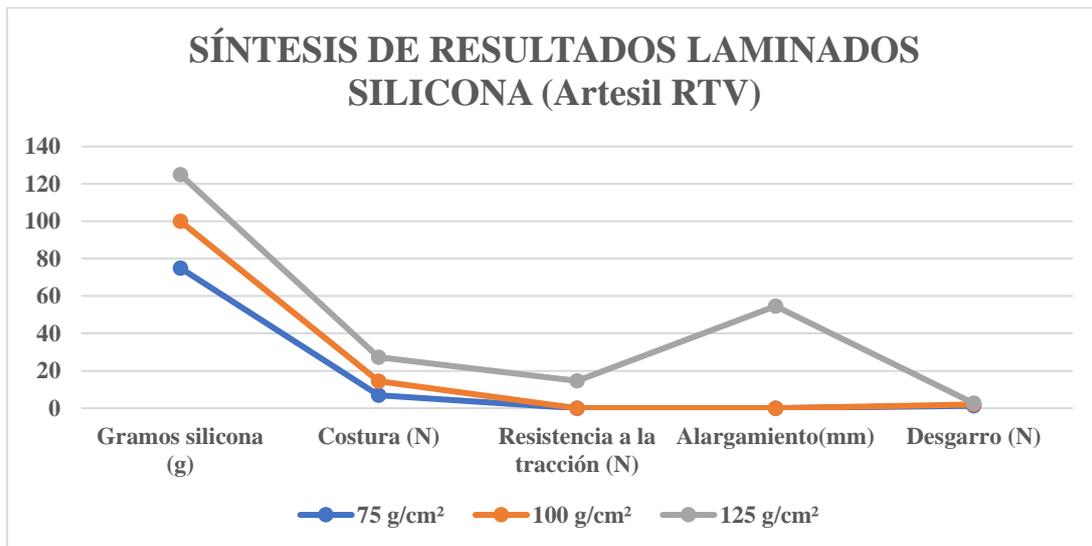
Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Así también, en la **Figura 45** se nota la representación de los resultados proporcionados por el equipo dinamómetro en las mezclas de celulosa de bambú pulverizada y silicona Artesil RTV (75, 100 y 125 g/cm<sup>2</sup>) de los distintos ensayos realizados.

En dicho ensayo (deslizamiento de costuras) se obtuvieron resultados menores a 40 N con roturas en las mordazas debido a que es un material gelatinoso, la presión de éstas lo debilita, por lo que la estructura física de sus costuras puede resistir de mejor manera.

Mientras que en los ensayos de tracción y alargamiento se muestran valores de la mezcla compuesta por celulosa 10 g/cm<sup>2</sup> y 125 g/cm<sup>2</sup> silicona Artesil RTV de menos de 20 N y 60 mm respectivamente, es decir, que al aumentar la concentración de silicona aumenta la resistencia y alargamiento a una fuerza constante de tensión.

Por último, en el ensayo de desgarro los resultados (valores) fueron menores a 20 N, esto implica que todas las concentraciones de silicona son débiles y su resistencia ante la presencia de una fuerza de tensión es menor.



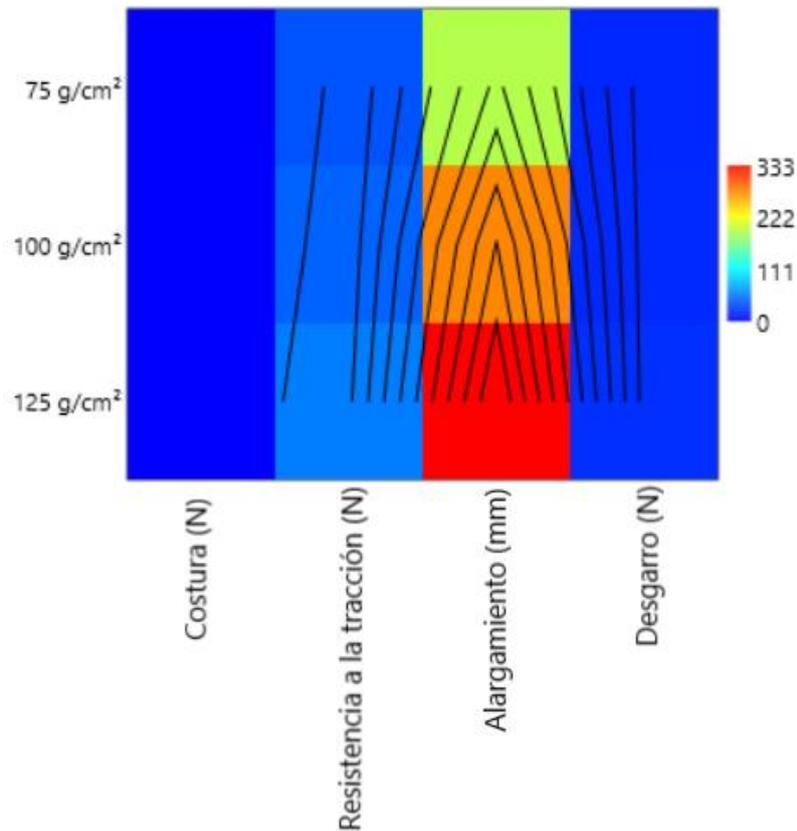
**Figura 45.** Gráfico general de datos (silicona Artesil RTV)

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

#### 4.2.4.2. Matriz plot

La **Figura 46** expresa de manera visual el uso de colores representativos para el análisis estadístico, siendo el color rojo el mayor valor mientras que el color azul es el

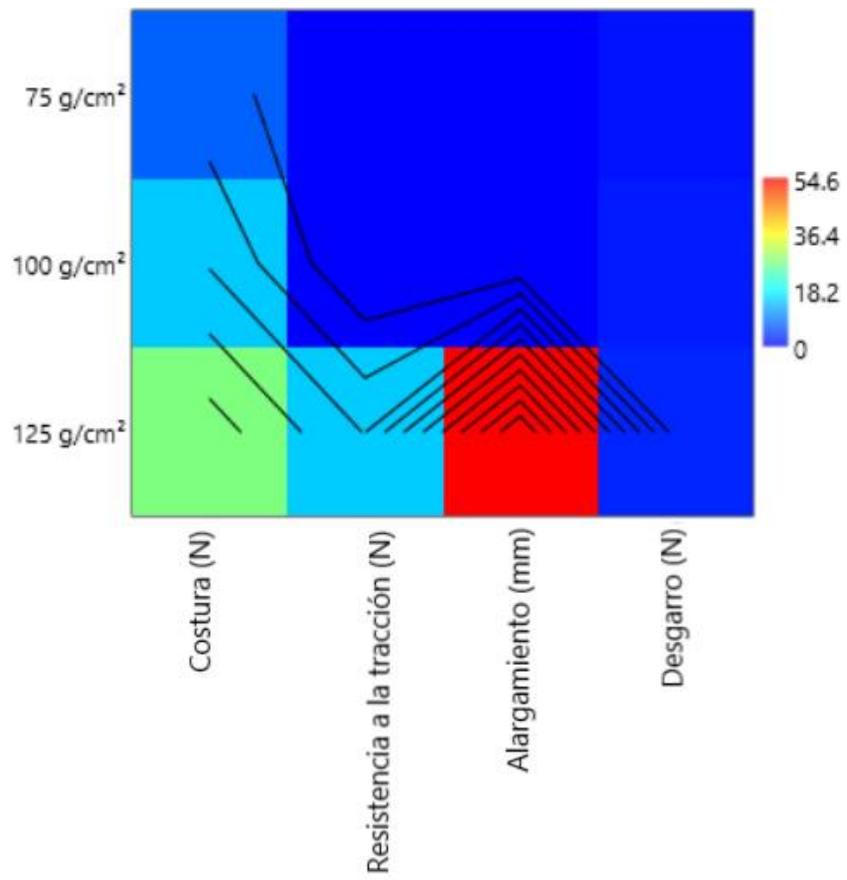
mínimo valor, es decir 0. Por lo que, además, se identifica una relación directa entre los ensayos exceptuando al deslizamiento de costuras; así también la presencia de valores y finalmente se puede analizar que desde 75 g/cm<sup>2</sup> de látex van aumentando gradualmente los resultados (valores) hasta llegar a 125 g/cm<sup>2</sup>.



**Figura 46.** Diagrama matriz (látex)

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

Al analizar los valores obtenidos en la matriz plot (**Figura 47**) se aprecia que los resultados de los cuatro ensayos realizados a los laminados compuestos por celulosa de bambú y silicona Artesil RTV, se relacionan directamente entre sí, esto está representado por las líneas de color negro. También, se nota en el ensayo de deslizamiento de costura que al colocar mayor concentración de silicona aumentan los valores (resistencia), además se hace hincapié en las pruebas de resistencia a la tracción y alargamiento pues se consiguió solo un valor de cada uno de ellas por lo que se muestra de color rojo el valor mayor. En tanto la prueba del desgarro tiene valores cercanos a 0.



**Figura 47.** Diagrama matriz (silicona Artesil RTV)

Fuente: (Guaytarilla, 2020)

## CAPÍTULO V

### 5. Conclusiones y recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

- En este trabajo de investigación se presentaron: estudio del arte, materiales, auxiliares, procedimientos, que apoyaron y permitieron la elaboración de laminados formados de celulosa de bambú pulverizada y polímeros naturales (látex y silicona), su caracterización mediante ensayos de laboratorio (deslizamiento a la costura, resistencia a la tracción, alargamiento, desgarro) aplicando normas internacionales ISO y ASTM; y por último se consiguió la valoración de cada uno de ellos por medio de un análisis preliminar de costos.
- Se logró conseguir un 68,91% de rendimiento de la celulosa de bambú pulverizada obtenida mediante el método alcalino utilizando NaOH con 45% de concentración, la cual mantiene sus características en el pasar del tiempo debido a que permanece en un pH 7 (neutro) el cual inhibe la proliferación de bacterias y descomposición inmediata por ser un producto orgánico, también es un material que puede flotar fácilmente en el aire a causa del proceso de pulverizado. Puede mezclarse con polímeros naturales manteniendo su estabilidad en diferentes concentraciones.
- Para la realización de los laminados, se utilizó en primera instancia marcos de serigrafía con una malla cerrada (N° 62 hilos/cm), pero al colocar la primera mezcla de silicona Fabsoft concentrada de uso textil se observó que este producto escurría a través de ésta, en vista de esto se vio la necesidad de utilizar marcos de madera de laurel tanto para látex como para silicona, con una superficie de tríples de 12 capas lo suficientemente resistente para tolerar temperaturas de 100 a 115°C y superficie lisa obteniendo laminados sin fisuras o deformidades.
- En la elaboración de los laminados se realizaron pruebas con dos siliconas: Fabsoft concentrada utilizada en la industria textil y Artesil RTV usada para obtener moldes de figuras, y látex natural. Al trabajar con la silicona Fabsoft se consiguió fragilidad, rotura, falta de resistencia y un tacto aceitoso por lo cual se descartó este producto. Por otra parte, al mezclar la celulosa de bambú pulverizada y silicona Artesil RTV se logró obtener laminados con valores relativamente

buenos en los ensayos de costura 27,28 N, resistencia a la tracción 14,57 N, alargamiento 54,59mm y desgarro 2,64 N, consistencia gelatinosa que genera una sensación de tacto pegajoso, pero no deja residuos, de fácil manejo, aspecto brillante y de color blanco. Al utilizar el polímero látex se alcanzó excelentes valores en los ensayos realizados tales como: resistencia a la tracción 54,78 N, alargamiento 333,38 mm y desgarro 20,86 N ante una fuerza aplicada de forma continua, además de un tacto liso, brillante, de color café y un aspecto similar a la piel curtida de los animales (cuero). Concluyendo que en ambos casos el aumentar la concentración tanto de látex como de silicona aumenta de forma proporcional a la resistencia y elasticidad.

- Se concluye que para analizar las propiedades de los laminados en el equipo dinamómetro Titan 5 modelo 1410 existen ciertos inconvenientes por la caracterización de telas planas, basados en la normativa ISO y ASTM respectivas; es por ello que la sensibilidad de la máquina no permite analizar cada una de las probetas y en algunos casos no se generaron resultados (valores).
- Mediante el análisis de costos de producción de los laminados en mezcla con polímeros naturales se determinó que a nivel de laboratorio el costo de los laminados es relativamente mayor en comparación a una producción a gran escala donde su valor disminuiría. Además, el costo de producción varía dependiendo de los productos utilizados en los laminados. Es por ello, que en los laminados de látex el costo es menor debido a que se utilizan dos productos (celulosa de bambú pulverizada y látex) más el costo de funcionamiento del equipo secador (Vacuum oven); a diferencia de los laminados de silicona se utilizan cuatro productos (celulosa de bambú pulverizada, silicona, catalizador y aceite de silicona); no se utiliza secador, pero aun así el costo es mayor.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio se pueden sugerir algunas aplicaciones de los laminados obtenidos tales como: superficie antideslizante para calcetines, plantillas de zapatos, portavasos con recubrimiento, alfombras con recubrimiento, equipos de protección personal para rodillas y codos.

## 5.2. Recomendaciones

- Es muy importante recomendar que en una investigación se debe recopilar información de diferentes fuentes bibliográficas confiables y verídicas para generar un excelente estado del arte, mismo que servirá como base de conocimientos y guía principal para la realización teórico - práctico de un proyecto. Además de la correcta aplicación de las Normas APA que rigen en la presentación de los diferentes tipos de documentos.
- Se recomienda que en el proceso de obtención de la celulosa de bambú pulverizada se mantenga y controle de forma constante la temperatura y forma de colocación del hidróxido de sodio para vigilar y estabilizar la reacción de la mezcla. También, para todos los procesos es necesario utilizar los equipos de protección personal para evitar cualquier quemadura o daños a la piel e irritación en ojos y nariz.
- Una alternativa que servirá para ampliar esta investigación es utilizar marcos de madera con otro tipo de superficie tales como: vidrio, aluminio, acero; y el análisis de la caracterización de los laminados que se podrían obtener, además de otro producto desmoldante natural tanto para látex como para silicona.
- Se recomienda también hacer nuevas mezclas con celulosa de bambú pulverizada y polímeros naturales alternativos tales como: resinas y adhesivos en las mismas o en diferentes concentraciones y realizar un análisis comparativo de las propiedades obtenidas, así también de la aplicación de otras pruebas de laboratorio.
- Para la caracterización de los polímeros naturales se sugiere utilizar un equipo de laboratorio fabricado específicamente para este tipo de productos llamado reómetro. Pues el equipo dinamómetro es utilizado específicamente para telas o tejidos planos, mientras que el equipo reómetro es usado para productos de caucho.
- En caso de la silicona Artesil RTV es recomendable colocar menos concentración de aceite para silicona y en general trabajar con concentraciones mayores a los 75g/cm<sup>2</sup>.

- Por último, es necesario determinar el costo de producción real que sirva como un dato comparativo para buscar la sustitución del material trabajado con otro material existente validando datos mediante el uso de programas y fórmulas estadísticas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aza, A. (2016). Aplicación de un acabado antibacteriano e impermeabilizante en la ropa de trabajo para los agricultores de San Gabriel utilizando sulfato de cobre y microemulsión de silicona. [Tesis de grado no publicada]. Universidad Técnica del Norte .
- Bambusa. (2019). Recuperado el 25 de Octubre de 2020, de <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/>
- Borges, M., Ros, C., Castellanos, Y., Milanés, S., & Velásquez, R. (2004). Efecto de diferentes métodos de desinfección en el establecimiento in vitro de *Guadua angustifolia*. *Biotecnología Vegetal*, 4(4), 237.
- Camacho, M., Vega, J., & Campos, A. (2011). Uso de nanomateriales en polímeros para la obtención de bioempaques en aplicaciones alimentarias. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(4), 292-305.
- Chemicalsafetyfacts. (2016). Recuperado el 06 de Agosto de 2020, de Siliconas: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/siliconas/#safety-information>
- Chemicalsafetyfacts. (2020). Recuperado el 27 de Octubre de 2020, de <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/hidroxido-de-sodio/>
- Chugá, V. V. (2011). Acabado a base de microemulsión de silicona como retardante de fuego en las prendas de vestir. [Tesis de grado no publicada]. Universidad Técnica del Norte.
- Clasificación de. (2017). Recuperado el 25 de octubre de 2020, de <https://www.clasificacionde.org/clasificacion-de-los-polimeros/>
- Cruzeiro Minería. (2016). *El caucho sintético*. Recuperado el 06 de Agosto de 2020, de <http://www.cruzeiromineria.cl/el-caucho-sintetico/>
- Cuéllar, A., & Muñoz, I. (2010). Fibra de guadua como refuerzo de matrices poliméricas. *Scielo*, 77(162), 137-142.

- Derecho Ecuador. (2020). Recuperado el 19 de Agosto de 2020, de <https://www.derechoecuador.com/registro-oficial/2020/04/registro-oficial-no-174-miercoles-1-de-abril-de-2020>
- Dirección de educación media superior.* (2015). Recuperado el 25 de Octubre de 2020, de <https://m.exam-10.com/himiya/1619/index.html?page=8>
- Duque, J. (2009). Faceplate para el control de motores con DCS i/a FOXBORO. [*Tesis de grado*]. Universidad Autónoma de Occidente.
- Ecured. (2020). *Ácido acético*. Recuperado el 27 de Octubre de 2020, de [https://www.ecured.cu/%C3%81cido\\_ac%C3%A9tico](https://www.ecured.cu/%C3%81cido_ac%C3%A9tico)
- Ecured. (24 de Octubre de 2020). *Silicona*. Recuperado el 24 de Octubre de 2020, de <https://www.ecured.cu/Silicona>
- Edured.* (2020). Recuperado el 25 de Octubre de 2020, de [https://www.ecured.cu/Pol%C3%ADmero\\_Sint%C3%A9tico](https://www.ecured.cu/Pol%C3%ADmero_Sint%C3%A9tico)
- El caucho en la química.* (2016). Recuperado el 25 de Octubre de 2020, de <http://elcauchoenlaq.blogspot.com/2016/>
- Esparza, W., Rosero, E., Esparza, D., & Rosero, P. (2018). Obtención de celulosa a partir del bambú “angustifolia” para materia prima en la fabricación de fibra textil. *Artículo*.
- Ferrari, Á. (2011). *Revista Mundo Textil*. Recuperado el 24 de Octubre de 2020, de <http://mundotextilmag.blogspot.com/2011/08/la-ropa-del-futuro.html>
- Formación Profesional a distancia en el País Vasco. (2020). Procesos de fabricación por corte y conformado. Recuperado el 07 de Agosto de 2020, de [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/DFM/TFM/TFM08/es\\_DFM\\_TFM08\\_Contenidos/website\\_11\\_laminacin.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/DFM/TFM/TFM08/es_DFM_TFM08_Contenidos/website_11_laminacin.html)
- Google maps. (23 de Octubre de 2020). Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Ingenieria+Textil+UTN/@0.3779989,-78.125554,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e2a3b4573ee6185:0xaccdd8e286efad45!8m2!3d0.3779989!4d-78.1233653>

- Hallet, A., & Jhonston, C. (2010). *Guía De Fibras Naturales Blume*. Barcelona: Art Blume, S.L.
- Hernández, R. (2002). Del método científico al clínico. Consideraciones teóricas. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 18(2), 1.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2007). Recuperado el 17 de Septiembre de 2020, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/268/metro2.html>
- Jaén, M., Esteve, P., & Banos-González, I. (2019). Los futuros maestros ante el problema de la contaminación de los mares por plásticos y el consumo. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 2-4.
- Jiménez, G., Rodríguez, E., Contreras, M., Valbuena, A., & Colina, M. (2011). Obtención de carboximetilcelulosa usando leña como materia prima. *Revista Iberoamericana de polímeros*, 12(6), 334-341.
- Jové, J., & Serra, R. (2008). *Barcelona Patente N° WO 2008/071812 Al*.
- Juma, G. (2013). Investigación de la microemulsión de silicona como agente de rugosidad en un tejido satín compuesto de poliéster licra aplicado en una colección de vestidos de cóctel. [Tesis de grado no publicada]. Universidad Técnica del Norte.
- Kumar, A., & Sastry, C. (2017). *La Red internacional del bambú y el rotén*. Recuperado el 24 de Octubre de 2020, de <http://www.fao.org/3/x2450s/x2450s0a.htm>
- Leithe, R., & Barreiro, C. (2004). El proceso de producción de la celulosa. *World Rainforest Movement*(83), 1.
- López, E. (2005). *Universidad de Palermo*. Obtenido de <https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/CyT6/6CyT%2005.pdf>
- López, L., & Correal, J. (2009). Estudio exploratorio de los laminados de bambú *Guadua angustifolia* como material estructural. *Scielo*, 11(3), 1.
- Maldonado, J. (2015). Acabado frío- calmante en géneros textiles 100% algodón utilizando sustancias orgánicas mediante la encapsulación con micro emulsión de silicona. [Tesis de grado, Univesidad Técnica del Norte]. *Repositorio Digital - Universidad Técnica de Norte*.

- Mansilla, M. A. (2012). Influencia de la microestructura en las propiedades mecánicas y térmicas de mezclas de caucho natural y caucho estireno butadieno. [Tesis de doctorado]. Universidad de Buenos Aires, 4.
- Martínez, S. (2015). Bambú como material estructural: generalidades, aplicaciones y modelización de una estructura tipo. [Tesis de grado no publicada]. Universitat Politècnica de València.
- Mercado, M., & Molina, R. (2015). Estudio de factibilidad para la producción de caña guadua en el recinto de Río Chico, cantón Paján de la provincia de Manabí y propuesta de plan de exportación para el mercado chileno. [Tesis de grado no publicada]. Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, 15.
- Mercedes, J. (2006). *Guía Técnica Cultivo de bambú*. Santo Domingo: CEDAF.
- Mexpolímeros. (2020). Recuperado el 25 de Octubre de 2020, de <https://www.mexpolimeros.com/hule.html>
- Mexpolímeros. (2020). Recuperado el 03 de Diciembre de 2020, de <https://www.mexpolimeros.com/reticulaci%C3%B3n.html>
- Murillo, J. (2018). *Métodos de investigación de enfoque experimental*. Recuperado el 27 de Octubre de 2020, de <http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>
- Parotti, F. (2012). Bambú Acciaio. *Tec. De los materiales*, 16-21.
- Pin, R., Coque, J., & Carabajo, S. (2019). Nobles de la naturaleza: caso caña guadua del sector de Olón provincia de Santa Elena, Ecuador. *Scielo*, 11(1), 140-147.
- Polímeros Naturales, Usos y ejemplos*. (2020). Recuperado el 25 de Octubre de 2020, de <https://sites.google.com/site/orejarenajaimediana/polimeros-naturales-usos-y-ejemplos>
- Portal educativo. (2020). *Clasificación de los polímeros*. Recuperado el 09 de Noviembre de 2020, de <https://www.portaleducativo.net/cuarto-medio/9/clasificacion-de-los-polimeros>
- Primo, E. (2007). *Química orgánica básica y aplicada. De la molécula a la industria*. Barcelona: Reverté.

- PRO Ecuador. (2016). *Análisis sectorial Bambú*. Recuperado el 24 de Octubre de 2020, de <https://www.proecuador.gob.ec/descargas-2018/>
- Quintana, K., Hidalgo, M., & Muñoz, M. (2011). Diseño y evaluación de uniones de material compuesto de matriz termoplástico para bicicletas de bamboo. *9th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 1(1), 1-10.
- Ravve, A. (2013). *Principio de la química de los polímeros*. Recuperado el 24 de Octubre de 2020, de Introducción a la ciencia de los polímeros: <https://ecupei.com/polimeros/introduccion/1-1-generalidades/>
- Ribalaiga, J., & Gallego, R. (2008). *Patente n° WO2008/071812A1*.
- Rodolfo, E. (2015). Mar del plástico: una revisión del plástico en el mar. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*(27), 2-3.
- Rojo, E., & Montoto, T. (2017). *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. Madrid: Ecologistas en Acción. Recuperado el 18 de Octubre de 2020, de <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/56275>
- Samaniego, J. (2019). *Cultura científica UTPL*. Recuperado el 25 de Octubre de 2020, de <https://culturacientifica.utpl.edu.ec/2019/04/biopolimeros-una-alternativa-a-los-plasticos-derivados-del-petroleo/>
- Sanz, A. (2020). *Escuela de Ingenierías Industriales - UVA*. Recuperado el 06 de Agosto de 2020, de Tecnología de la celulosa. La industria papelera: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>
- Tecnología de los Plásticos*. (2011). Recuperado el 25 de Octubre de 2020, de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/siliconas.html>
- Torres, M., Juacida, R., & Rodríguez, S. (2002). Composición química, obtención de pulpa Kraft y su evaluación papelera en castaño, ciprés y encino. *Bosque*, 23(1), 125-130.
- Universidad Técnica del Norte. (2015). Recuperado el 18 de Octubre de 2020, de <https://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?p=3693>

Universidad Técnica del Norte. (2020). Recuperado el 14 de Agosto de 2020, de [https://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page\\_id=2667](https://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page_id=2667)

## ANEXOS

### Anexo 1. Obtención de la celulosa de bambú pulverizada.

1. Bambú	2. Bambú pulverizado
	
3. Celulosa pulverizada húmeda obtenida 1367g	4. Lavados posteriores
	
5. Lignina obtenida 125g	6. Celulosa pulverizada seca 425g
	

Anexo 2. Norma INEN 145 1976-09 Determinación de la humedad en el algodón.

Norma Técnica Ecuatoriana	<b>TEXTILES</b> <b>DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN EL ALGODON</b>	<b>INEN 145</b> 1976-09
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el contenido de humedad y la recuperación de humedad en el algodón.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica a los siguientes tipos de algodón:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Algodón desmotado</li><li>b) Algodón de rama</li><li>c) Algodón parcialmente procesado</li><li>d) Desperdicios de algodón</li></ul> <p style="text-align: center;"><b>3. TERMINOLOGÍA</b></p> <p>3.1 Contenido de humedad. Cantidad de humedad en porcentaje de peso de la muestra antes de secarla.</p> <p>3.2 Recuperación. Cantidad de humedad en porcentaje de peso de la muestra después de secarla.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. RESUMEN</b></p> <p>4.1 Evaporar la humedad de una muestra de algodón, elevando la temperatura a <math>105^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}</math>, durante un tiempo determinado.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. INSTRUMENTAL</b></p> <p>5.1 <i>Estufa</i>, con circulación de aire y regulador de temperatura, ajustada entre <math>105^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}</math>, con una balanza instalada como parte de ella, sensible a 0,01 g.</p> <p>5.2 <i>Balanza analítica</i>. Sensible a 0,01 g.</p> <p>5.3 <i>Recipientes</i>, con tapas herméticas adecuadas para transporte de muestras.</p> <p>5.4 <i>Botellas o cestos de alambre</i>, o de otro material inalterable a las condiciones del ensayo, con mangos adecuados.</p> <p>5.5 <i>Desecador</i>, con cloruro de calcio u otro deshidratante adecuado.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

## 6. PREPARACION DE LA MUESTRA

**6.1** El muestreo deberá realizarse tomando un número de porciones que dé una precisión de  $\pm 0,1\%$  sobre el promedio. Para una probabilidad del 90%, el promedio observado no difiere del promedio real del lote en más de  $0,1\%$ , determinado el número de porciones de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$n = 2,7 \sigma^2$$

Siendo:

$n$  = número mínimo de porciones

$\sigma$  = desviación normal, en porcentaje, determinada a base de experiencia previa con material similar muestreado esencialmente bajo las mismas condiciones.

**6.1.1** Si no se conoce el valor de  $\sigma$ , se asume de  $1,0\%$ , lo cual requerirá el ensayo de por lo menos 3 porciones de cada lote de material.

**6.1.2** Cuando el material por ensayar consiste en un número de filas en el terreno, un número de cargamentos de algodón semilla, un número de pacas de algodón bruto o un número de unidades de material parcialmente procesado, tales como rollos de batanes, tarros de cinta o carretes de pabito, todos muestreados al mismo tiempo, se tomará una o más muestras de cada una de tales unidades, si el número de unidades no es mayor que el número de porciones requeridas. De otra manera, se tomará una muestra de cada una del número requerido de unidades seleccionadas al azar de la cantidad total representada por la muestra.

**6.1.3** Cuando se vaya a tomar muestras de algodón en bruto en pacas, se cortará una muestra de aproximadamente 150 mm de ancho y de por lo menos 150 mm de profundidad del espacio entre los zunchos. Se extraerá la porción de la muestra, descartando las capas superficiales y extrayendo el algodón del fondo de dicha muestra.

**6.1.4** Cuando se vaya a tomar muestras de material en un período de tiempo, por ejemplo, de recolección, desmote, o durante procesos que no están bajo condiciones atmosféricas controladas, se tomarán por lo menos tres muestras de cada lote; una al principio del ensayo, otra en la mitad del período y otra al finalizar el mismo.

**6.1.5** Si la operación dura más de dos horas, se tomarán porciones adicionales suficientes, de manera que el intervalo de tiempo entre extracción de porciones no exceda de una hora. Si las condiciones cambian muy rápidamente (por ejemplo, en la recolección de algodón semilla en la mañana o en la tarde), será necesario tomar muestras a intervalos de 15 minutos.

**6.2** Algodón con semilla o desperdicio que contenga menos del 50% de fibra. Se tomarán muestras de 10 g.

**6.3** Fibra de algodón desmotado o desperdicio que contenga por lo menos 50% de fibra. Se tomarán muestras que pesen por lo menos 5 g.

(Continúa)

**6.4 Algodón con semilla.** Cuando se encuentra en pilas sueltas en el campo o en la desmotadora, deberán muestrearse tal como llega a la desmotadora. Las muestras deberán ser tomadas lo más profundo posible de la superficie, preferiblemente enterrando el recipiente hasta cuando el brazo lo permite, llenándolo y extrayéndolo de la pila. Si esto no fuere practicable, se tomarán puñados de sitios profundos de la pila y se colocarán en el recipiente, el cual se tapaná herméticamente tan pronto como sea posible.

**6.5** La muestra debe ser representativa del lote y lo suficientemente grande para poder suministrar un número requerido de muestras para ensaya

## 7. PROCEDIMIENTO

**7.1** Colocar directamente la muestra de ensayo antes de secarla sobre el plato de la balanza y pesar aproximadamente 20 g de muestra, en un tiempo no mayor de 30 segundos.

**7.2** Cuando la muestra es obtenida en un lugar fuera del laboratorio, rápidamente debe ser colocada en un recipiente cerrado y previamente pesado, a fin de evitar cambios en el contenido de humedad, y sustraer del peso total el peso del recipiente.

**7.3** Colocar la muestra en el cesto de alambre y transferir a la estufa ajustada a  $105^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$  y cale ntar hasta asegurar la eliminación completa de la humedad.

**7.4** Enfriar la muestra en el desecador y pesar con aproximación a 0,01 g, mientras los cestos están en la estufa.

**7.5** Repetir el calentamiento por períodos de 15 min enfriando y pesando, hasta que la diferencia entre los resultados de dos operaciones de pesaje sucesivas no exceda de 0,1 %.

## 8. CÁLCULOS

**8.1** El contenido de humedad en el algodón antes de la desecación y la recuperación de humedad en el algodón después de la desecación, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$H = \frac{m1 - m2}{m1} \times 100$$

$$R = \frac{m1 - m2}{m2} \times 100$$

Siendo:

- H = contenido de humedad, en porcentaje de masa.
- R = recuperación de humedad, en porcentaje de masa.
- M1 = masa de la muestra, antes del calentamiento, en g.
- m2 = masa de la muestra, después del calentamiento.

(Continúa)

## 9. ERRORES DE METODO

**9.1** El contenido de humedad, o la recuperación de humedad de cada muestra, se calcula con aproximación al 0,1 %, y el promedio de menos de cinco muestras con aproximación al 0,1 %, o el promedio de cinco y más muestras con aproximación al 0,01%

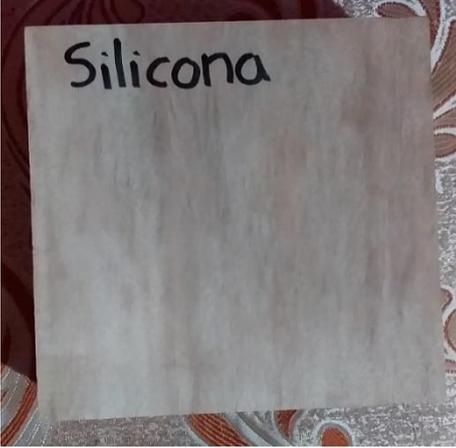
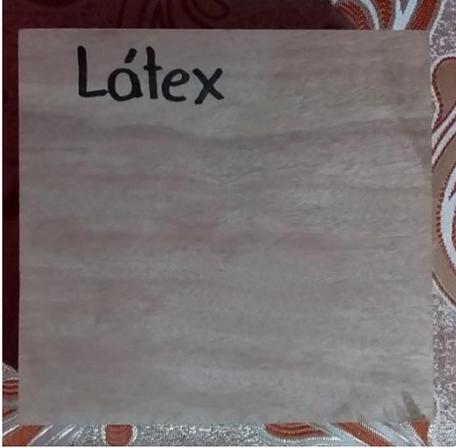
## 10. INFORME DE RESULTADOS

**10.1** Como resultado final, deben reportarse la media aritmética y el número y tipo de muestras ensayadas.

**10.2** En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier condición que pueda haber influido sobre el resultado.

**10.3** Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

**Anexo 3.** Marcos de serigrafía y madero

Marco de serigrafía para silicona	Marco de serigrafía para látex
	
Madero Silicona, material laurel	Madero Látex, Material laurel
	
Marco y madero Silicona	Marco y madero Látex
	

**Anexo 4.** Características del laminado de silicona (Fabsoft) N°2

<b>Fragilidad</b>	<b>Rompimiento</b>
	

## Anexo 5. Ficha Técnica silicona Fabsoft

	<b>Sarex Chemicals</b> (A Divn. Of Saraf Chemicals Pvt. Ltd.)	501 Waterford, C Wing, C.D.Barfiwala Marg(Juhu Lane), Andheri(W),Mumbai 400 058. INDIA
		<b>Phone</b> +91 22 42184218 <b>Fax</b> +91 22 42184350 <b>Email</b> tcmktg@sarex.com <b>URL</b> www.sarex.com

### PRODUCT LITERATURE

#### FABSOFT (CONC)

##### Product Information

Fabsoft (Conc) is an economical, concentrated, new generation polysiloxane softener available in free flowing pourable liquid which can be easily diluted to the desired concentration. Diluted emulsion of Fabsoft (Conc) have very good stability. Fabsoft (Conc) is suitable for all types of substrate. Fabsoft (Conc) is suitable by pad application and by exhaust in garment machine.

##### Key Features & Benefits

Key Features -----	Benefits -----
Concentrated	Economical micro emulsion
Versatile	Applied by padding and by exhaust in garment drum machine

##### General Characteristics

Physical appearance : Colourless to yellow, transparent to hazy viscous liquid  
Ionic nature : Nonionic  
pH of 1% solution : 5 +/- 1  
Miscibility : Miscible with water.  
Compatibility : Compatible with cationic, anionic and nonionic products  
Stability : Stable to dilute acids and dilute alkalies

##### Application

Padding process -----	Exhaust process -----
Dosage* : 3-8 g/l	Dosage* : 0.3-0.8%
Pick-up : 65-70%	Bath pH : 5.0-6.0
Bath pH : 5.0-6.0	Bath Temp.: 30-40 deg.C
Drying : 130-160 deg.C	Time : 20-30 mins.

\* Dosages recommended are based on the concentrated product's strength



## Sarex Chemicals

(A Divn. Of Saraf Chemicals Pvt. Ltd.)

501 Waterford, C Wing, C.D.Barfiwala Marg(Juhu Lane), Andheri(W),Mumbai 400 058. INDIA

Phone +91 22 42184218 Fax +91 22 42184350

Email tcmktg@sarex.com URL www.sarex.com

## PRODUCT LITERATURE

### FABSOFT (CONC)

Dosages of diluted product to be calculated on the basis of solid content.

Note:

-----

Fabsoft (Conc) has tendency to turn from colourless to yellow during storage.

pH of bath should not exceed 6.5 (pH of bath should be acidic)

### Instructions For Dilution

Procedure to prepare 20% diluted product of 75% Fabsoft (Conc)

- Take 70 parts of DM water (25-30 deg.C, pH adjusted to 5-5.5 with acetic acid)
- To this, gradually add 30 parts of Fabsoft (Conc) under constant stirring at 200-300 rpm using impeller stirrer to obtain homogenous product.

Preservation: It is recommended to add 0.1% Bronopol (2-Bromo,2-nitropropane, 1,3-diol) or Methyl Paraben (methyl para hydroxy benzoate) as an antimicrobial agent to avoid fungal / microbial growth.

Note: Avoid high speed stirring

It is advisable to utilize the diluted product within 2 months. Stir well before use.

### Precautions

Storage : Store in cool, ventilated shed away from heat and direct sunlight. Storage temperature should not exceed 35 deg C. Close lids firmly to avoid contact with air and moisture.

Shelf Life : 9 months from the date of manufacturing, if stored under controlled conditions.

[The above information is given in good faith and is without warranty]  
[Prod.Code : L004646.docx | Last Upd. On 06/03/2020] [MOLL]

This is a computer generated report. Hence not signed.

## Anexo 6. Ficha Técnica Silicona Artesil RTV



### SECCIÓN MOLDES

Teléfonos: 0992585804 - E-mail: administracion@fasarc.com

Dirección: Av. Loja y Diego de Daza  
Cuenca – Ecuador

## ARTERSIL RTV ELASTOMERO DE SILICONA

### DESCRIPCIÓN

Artesil RTV es un elastómero de silicona de dos componentes que, mezclados a temperatura ambiente, retícula obteniendo un producto final flexible, elástico y de excelentes propiedades mecánicas.

### APLICACIONES

Artesil RTV se utiliza en la elaboración de moldes para la reproducción de modelos de cera, cerámica, madera, metal, piedra, yeso, etc. En materiales como resinas, piedra artificial, alabastro, yeso, etc.

### CARACTERISTICAS

CARACTERISTICAS FISICAS		
	BASE	CATALIZADOR
Aspecto	Pasta Fluida	Líquido
Color	Blanco	Transparente/azul
Viscosidad a 25 °C, mPa.s	20-30.000	---
Densidad a 25 °C, g/cm <sup>3</sup>	1,20	0,95

PROPIEDADES MECANICAS (medidas a los siete días)	
Dureza (Shore A)	18
Resistencia a la rotura Kg/cm <sup>2</sup>	35
Alargamiento a la rotura en %	350
Resistencia al desgarro Kg/cm	20

### MODO DE EMPLEO

	BASE	CATALIZADOR
Dosificación	100 Partes	4 Partes
Tiempo de trabajo a 25 °C	3 horas	
Tiempo de desmoldeo a 25 °C	24 horas	

Las condiciones pueden modificarse utilizando sistemas catalíticos distintos, para ello no duden en consultar nuestro servicio técnico.

Para conseguir una buena utilización del ARTESIL deben observarse los siguientes puntos:

- Preparación: La superficie del original debe estar limpia y libre de residuos. Si es preciso, y en particular si el sustrato es poroso, conviene utilizar un agente de desmoldeo adecuado como la vaselina.
- Mezcla de la base y del catalizador: Agítense enérgicamente la Base ARTESIL RTV antes de usarla. Vierta en un recipiente limpio 100 partes en peso de ARTESIL y 4 partes en peso del catalizador (vea precauciones), y mezcle ambos componentes hasta que el catalizador esté completamente disperso en la base. Puede mezclar manualmente o con ayuda de un mezclador mecánico, pero no mezcle durante un periodo de tiempo prolongado ni exponga la mezcla a una temperatura superior a 35°C. Es preferible mezclar siempre pequeñas cantidades para asegurar una buena mezcla de la base y catalizador.

Se recomienda eliminar el aire atrapado colocando la mezcla en una cámara de vacío y dejando que se expanda completamente, y acto seguido colapse. Mantenga la mezcla durante 1 a 2 minutos más en la cámara de vacío y luego proceda a examinarla; si no aparecen burbujas de aire puede utilizarla. Al desairar la mezcla en vacío se producirá un aumento de volumen de 3 a 5 veces, por lo que conviene utilizar un recipiente suficientemente grande.

[www.fasarc.com](http://www.fasarc.com)

**Atención:** Una exposición prolongada al vacío separará los componentes volátiles de la mezcla y puede afectar negativamente el curado de las secciones gruesas y alterar las características del producto.

**Nota:** Si no dispone de ningún equipo de desairado por vacío, puede minimizar las oclusiones (burbujas) de aire mezclando una pequeña cantidad de base y catalizador, seguidamente con la ayuda de un pincel aplique sobre el original una capa de 1 a 2mm. Manténgalo a temperatura ambiente hasta que la superficie esté libre de burbujas y la capa haya empezado a curare. Mezcle otra cantidad de base y catalizador y proceda tal como se indica a continuación hasta obtener el molde acabado.

Se recomienda ajustar una presión residual de 15-25 mm de mercurio (20-35mbar).

**Aplicación de la mezcla y curado:** Vierta la base mezclada con el catalizador lo más pronto posible sobre el original, evitando las oclusiones de aire. La colada se efectuará lentamente sobre el punto más bajo o a la parte más profunda del modelo. Una colada lenta evita las burbujas de aire.

El material catalizado curará en 24 horas a temperatura ambiente (22-24°C), formando un molde de goma flexible que podrá separarse del original. Si la temperatura ambiente o humedad atmosférica son muy elevadas se reducirá el tiempo de aplicación de la mezcla catalizada. El molde alcanzará sus propiedades mecánicas definitivas en el plazo de una semana.

#### **VIDA UTIL Y ALMACENAMIENTO**

EL ARTESIL y su catalizador en sus envases de origen, debidamente cerrados y almacenados a temperatura inferior a 25°C se conservan durante seis meses. Después de cada empuje se recomienda cerrar herméticamente los envases, por cuanto los productos son sensibles a la humedad.

La base ARTESIL se presenta en envases de 1, 5, 25 y 200 Kg. El catalizador se presenta en sus dosis correspondientes.

#### **PRECAUCIONES**

El caucho de silicona ARTESIL RTV es básicamente inocuo y no es inflamable.

El catalizador que ha de utilizar con este producto irrita los ojos; pues contiene sales de estaño tóxicas que con sus vapores son nocivas e inflamables; es preciso adoptar las debidas precauciones. En caso de contacto accidental con los ojos, lavar con abundante agua y consultar al médico si se produjera una irritación persistente.

Además, al manipular resinas o disolventes evítense el calor, las chispas y las llamas abiertas. Asegúrese de que el local esté suficientemente ventilado; solicite y respete las recomendaciones del proveedor en material de seguridad.

FASARC garantiza la calidad de sus productos no pudiéndolo hacer con su comportamiento ni con la aplicación que se realiza fuera de su control.

Descargue la ficha técnica y conozca más de nuestros productos para moldes en nuestra página web, sección MOLDES.

<https://fasarc.com/moldes/>

## Anexo 7. Ficha Técnica Látex - Caucho Natural

		<p><b>Empresa: SAVIA LÁTEX</b>  <b>Dirección: Vía Quito km 7</b>  <b>email: ventas@savia.ec</b></p>
<b>LÁTEX NATURAL</b>		<b>CÓDIGO: LC2-58</b>
<b>Especificaciones físico - químicas</b>		
Contenido total de sólidos (TSC)	Mín. 58 %	
PH	Máx. 9	
Contenido de amoniaco en látex	Mín. 0.4 %	
Contenido de ácidos grasos volátiles (VFA)	Máx. 0.15	
Indice de KOH	Máx. 0.9%	
Tiempo de estabilidad mecánica, segundos (MST)	Mín. 800	
Viscosidad Copa EZ #2	20s - 40s	
Apariencia	Blanco	
Temperatura de almacenamiento	15°C - 22°C	
Vida de almacenamieto en el envase bien sellado	12 meses	

Nota: El tiempo de solidificación va a variar en función del tipo de secado que puede ser: al aire libre, mediante horno, aire caliente o geometría de la película.



### Látex Caucho Natural

#### DESCRIPCIÓN

Emulsión acuosa de caucho natural (como la leche), cuya película seca, se caracteriza por su elasticidad, transparencia, e impermeabilidad.

#### USOS

Fabricación de: Globos, ligas, guantes, máscaras, telas encauchetadas, tela no tejida, preservativos, balones, manillas, hilos de látex, impermeabilización de tejidos.

#### MANEJO Y ALMACENAMIENTO

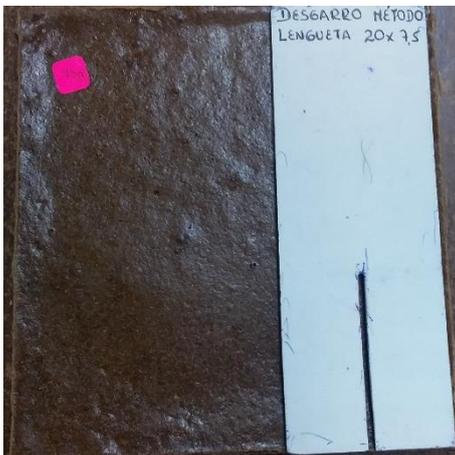
- Mantener el producto bien sellado, en un lugar fresco, alejado de la luz solar.
- Antes de usar, agitar todo el contenido del producto de forma continua y suave durante mínimo 10 minutos, para garantizar homogeneidad de los componentes que conforman el producto.
- Se recomienda hacer ensayos previos para asegurar buenos resultados.
- Vida útil del producto: 12 meses.

PRESENTACIONES: 4 - 20 - 200 (kg)

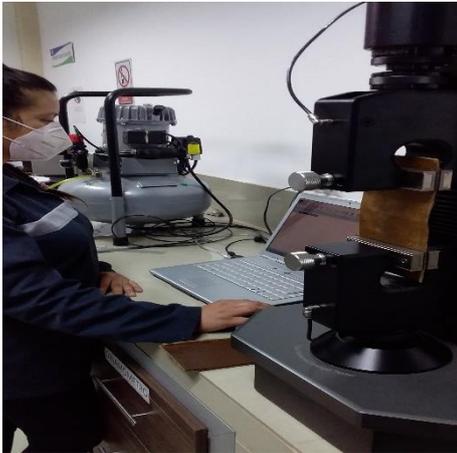


## Anexo 8. Pruebas de laboratorio

### Obtención de muestras



## Pruebas de laboratorio



Anexo 9. Certificado de utilización de laboratorios de la Planta Textil UTN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA**  
**DE INGENIERÍA TEXTIL**



Ibarra, 22 de febrero del 2021

**CERTIFICADO DE LABORATORIO**

Yo, Ingeniero **Gualoto Fausto M.** en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Ingeniería Textil:

**CERTIFICO**

Que la señorita **GUAYTARILLA ROSERO MARÍA DEL CARMEN**, portadora de la cedula de ciudadanía N° 105009422-4, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado "**DESARROLLO DE LAMINADOS A ESCALA DE LABORATORIO UTILIZANDO CELULOSA DE BAMBÚ Y POLÍMEROS NATURALES**", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **HORNO DE SECADO (VACUUM OVEN)** - Norma INEN 145 1976-09 Determinación de la humedad en el algodón
- **DINAMÓMETRO TITAN 5 MODELO 1410-** Deslizamiento de costuras ISO 139 36-1, Determinación de la resistencia a la tracción para tejidos recubiertos de plástico o caucho ISO 1421:2016 y Resistencia al desgarro de la tela ASTM D2261.
- **BALANZA ELECTRÓNICA**

Además, se le ayudo con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de las normas.

Atentamente:



ING. GUALOTO FAUSTO M.  
**RESPONSABLE DE PROCESOS TEXTILES – CTEX**