



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

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERÍA TEXTIL**

**“Elaboración de un No Tejido 100% biodegradable con las fibras de cáscara  
de coco para la aplicación sobre cultivos hidropónicos de raíz flotante.”**

**Autor:**

Pablo Giovany Ayala Pineda

**Director:**

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

**IBARRA – ECUADOR**

**2020**



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

<b>DATOS DEL AUTOR</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>		100364111-3	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>		AYALA PINEDA PABLO GIOVANY	
<b>DIRECCIÓN:</b>		IMBABURA – IBARRA BARRIO EJIDO DE CARANQUI	
<b>E-MAIL:</b>		pablitotimi93@gmail.com	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 652-687	<b>TELÉFONO CELULAR:</b>	0982217905

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“Elaboración de un No Tejido 100% biodegradable con las fibras de cáscara de coco para la aplicación sobre cultivos hidropónicos de raíz flotante.”
<b>AUTOR:</b>	Ayala Pineda Pablo Giovany
<b>FECHA:</b>	05 de Noviembre del 2020

<b>PROGRAMA:</b>	Pregrado
<b>TÍTULO POR OPTAR:</b>	Ingeniería Textil
<b>DIRECTOR:</b>	MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada



## 2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que, la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta, y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de noviembre de 2020

**Autor:**

**Firma:** .....  
**Nombre:** Ayala Pineda Pablo Giovany  
**C.I.:** 100364111-3



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

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

En calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por el egresado **Pablo Giovany Ayala Pineda**, para optar el título de INGENIERIA TEXTIL, cuyo tema es “**Elaboración de un No Tejido 100% biodegradable con las fibras de cáscara de coco para la aplicación sobre cultivos hidropónicos de raíz flotante.**”, 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.

En la ciudad de Ibarra, 04 de Noviembre del 2020



Firmado electrónicamente por:  
**WILLAM RICARDO**  
**ESPARZA ENCALADA**

**MSc. Willam Esparza**  
Director del trabajo de Grado



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

**DEDICATORIA**

Para Luis Gerardo y Carmita, mis amados padres que con su amor, cariño y paciencia me han sabido guiar en este camino de la vida con sabiduría y sacrificio, a ellos les debo lo más importante, los valores éticos que con entusiasmo los aplicaré en mi vida profesional.

Para mi amado hermano Elver Lizandro, quien con inquebrantable responsabilidad se ha dedicado a ser mi apoyo y mi ejemplo de trabajo honesto y honrado. Con especial cariño y dedicación le entrego este esfuerzo que nos pertenece a ambos.

Para mi amada hermana, Lorena, mi gemela y la persona más leal y abnegada que conozco, mi colega profesional que ahora concluimos con un paso importante en nuestra vida académica para proseguir en la búsqueda del éxito sin perder ese amor de hermanos que nos une.

Para mi pequeña Montserrath, mi sobrina amada a quien dedico este logro e inspiro para que a su temprana edad se prepare con valor, inteligencia y dedicación contra los retos que le esperan por vivir.

Finalmente, me autodedico esta importante culminación de etapa haciendo una retrospectiva de las experiencias que me han convertido ahora en un profesional capaz, entusiasta, consiente y responsable. Si llegaste hasta aquí, podrás llegar más lejos sin duda alguna.

*“Que el viento bajo las alas os sostenga allá donde el sol navega y la luna camina.”*

*“El Hobbit” (1937), John Ronald Reuel Tolkien*



*Pablo Ayala*



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

**AGRADECIMIENTO**

Definitivamente a mi familia, Luis Gerardo, Carmita, Elver Lizandro, Lorena, Montserrath, Cosme, Rita, Alexander e Ismael. Han estado en los malos y más bonitos momentos apoyándome y confiando en mis capacidades sin dudarlos, se merecen el mejor lugar donde siempre van a pertenecer para mí.

A mi amada Yadi, mi compañera de clase, mi mejor amiga y ahora mi colega, quien ha estado al tanto de mi bienestar emocional y académico, le extiendo mis más sinceros agradecimientos por su paciencia y amor desinteresado. Juntos hasta que la fuerza nos acompañe mi amor.

A mis estimados docentes, personal de servicio y planta, laboratoristas y grandes personajes con los cuales compartí momentos y enseñanzas y en especial a mi tutor, el MSc. Willam Esparza, quien confió en mí y me ha sabido acompañar hasta el final para concluir con éxito el final de mi carrera.

A mis queridos amigos y compañeros, quienes han aportado invaluable experiencia en mi vida para tomar importantes decisiones que definen el camino de quienes se establecen objetivos.

*Pablo Ayala*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>XII</b>
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del Tema	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Importancia del Estudio	2
1.4 Objetivos	2
1.4.1 Objetivo General.	2
1.4.2 Objetivos Específicos.	2
1.5 Características del sitio de proyecto	3
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>4</b>
2. ESTADO DEL ARTE	4
2.1 Estudios Previos	4
2.1.1 Fibra de cáscara de coco.	4
2.1.1.1 Usos industriales de la fibra de cáscara de coco.	5
2.1.2 No Tejido	8
2.1.3 Cultivo Hidropónico	9
2.1.4 Unicel	9
2.2 Marco Conceptual	10
2.2.1 Coco	10
2.2.1.1 Características físicas de la fibra de coco.	12
2.2.1.2 Características químicas de la fibra de coco.	13
2.2.2 Needlepunched (Punzonado Mecánico)	15
2.2.2.1 Principio básico de punzonado	15
2.2.3 Resin Bonded (Resinado Químico)	16
2.2.4 Stich Bonded (Costura)	17
2.2.5 Látex	17
2.2.5.1 Látex Natural	17
2.2.6 Tipos de Cultivos Hidropónicos	19
	<b>VI</b>

2.2.3.1 Método de cultivo 100% hidropónico o de raíz flotante	20
2.2.3.2 Cultivo semi hidropónico o cultivo en sustrato	21
2.2.3.3 Cultivo aeropónico	22
2.2.7 Cultivos utilizados para hidroponía	22
2.2.4.1 Lechuga Sativa Crispa L. o Batavia	23
2.2.8 Impacto ambiental del desecho de fibra de coco y Unicel	24
2.3.1 Obtención de las fibras de cáscara de coco	25
2.3.1.1 Extracción manual de fibra de coco	25
2.3.1.2 Extracción mecánica de fibra de coco	27
2.3.1.3 Proceso moderno de extracción de la fibra de coco	28

---

**CAPÍTULO III** **30**

3. METODOLOGÍA	30
3.1 Métodos de Investigación	30
3.2 Flujograma general de experimentación	31
3.3 Métodos y técnicas	32
3.4 Diseño Muestral	33
3.4.1 Selección de muestras	33
3.4.2 Metodología de campo	36
3.4.3 Aplicación del Látex sobre las fibras de coco	36
3.4.4 Ensayos de laboratorio	40
3.4.4.1 Prueba de resistencia a la tracción y elongación	40
3.4.4.2 Prueba de absorción de humedad vertical	40
3.4.4.3 Prueba de tiempo de secado de los textiles: Método analizador de humedad	42
3.5 Sustitución de Unicel y prueba como balsa flotante	46
3.3.1 Adaptación de balsa en un recipiente	46
3.3.2 Inserción de plantas para cultivo hidropónico	47

---

**CAPÍTULO IV** **48**

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
4.1 Resultados	48

4.1.1 Determinación a la resistencia a la tracción y el alargamiento según la Norma ISO 13934-2 (2014).	48
4.1.2 Absorción de humedad Vertical	55
4.1.3 Tiempo de secado: Método Analizador de humedad	57
4.2 Discusión de Resultados	66
4.2.1 Resumen de resultados	66
4.2.2 Estadística Univariante	67
4.2.3 Confiabilidad de datos	69
4.2.4 Análisis gráfico de los resultados obtenidos	70
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>74</b>
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
5.1 Conclusiones	74
5.2 Recomendaciones	75
5.3 Anexos	77
5.4 Referencias	86

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Principales características físico-mecánicas de las fibras de coco	<b>12</b>
<b>Tabla 2.</b> Características químicas de las fibras de coco	<b>13</b>
<b>Tabla 3.</b> Otras características importantes de las fibras de coco	<b>14</b>
<b>Tabla 4.</b> Composición media del látex "fresco"	<b>18</b>
<b>Tabla 5.</b> Propiedades generales del Látex Natural	<b>18</b>
<b>Tabla 6.</b> Referencias para sugerir fórmulas comunes de nutrientes para el crecimiento de la lechuga	<b>24</b>
<b>Tabla 7.</b> Disolución madre de Látex	<b>36</b>
<b>Tabla 8.</b> Densidades y concentraciones de las muestras para elaboración de los no tejido	<b>37</b>
<b>Tabla 9.</b> Parámetros de control de la prueba de resistencia a la tracción y elongación	<b>40</b>
<b>Tabla 11.</b> Detalles del ensayo	<b>48</b>
<b>Tabla 12.</b> Resultado de Tracción y Alargamiento de la muestra 01	<b>49</b>
<b>Tabla 13.</b> Resultado de Tracción y Alargamiento de la muestra 02	<b>51</b>
<b>Tabla 14.</b> Resultado de Tracción y Alargamiento de la muestra 03	<b>52</b>
<b>Tabla 15.</b> Resultado de Tracción y Alargamiento de la muestra 04	<b>54</b>
<b>Tabla 16.</b> Peso inicial de las muestras secas para prueba de absorción vertical	<b>55</b>
<b>Tabla 17.</b> Resultados de absorción vertical	<b>56</b>
<b>Tabla 18.</b> Peso final de las muestras húmedas de la prueba de absorción vertical	<b>56</b>
<b>Tabla 19.</b> Índice de absorción de humedad mediante fórmula 1	<b>57</b>
<b>Tabla 20.</b> Pesos en seco de las probetas de la muestra 01	<b>57</b>
<b>Tabla 21.</b> Cantidad de agua a adicionar a cada probeta de la muestra 01	<b>58</b>
<b>Tabla 22.</b> Pesaje y tiempo de secado de cada probeta de la muestra 01	<b>58</b>
<b>Tabla 23.</b> Pesos en seco de las probetas de la muestra 02	<b>60</b>
<b>Tabla 24.</b> Cantidad de agua a adicionar a cada probeta de la muestra 02	<b>60</b>
<b>Tabla 25.</b> Pesaje y tiempo de secado de cada probeta de la muestra 02	<b>61</b>
<b>Tabla 26.</b> Pesos en seco de las probetas de la muestra 03	<b>62</b>
<b>Tabla 27.</b> Cantidad de agua a adicionar a cada probeta de la muestra 03	<b>62</b>
<b>Tabla 28.</b> Pesaje y tiempo de secado de cada probeta de la muestra 03	<b>63</b>
<b>Tabla 29.</b> Pesos en seco de las probetas de la muestra 04	<b>64</b>
<b>Tabla 30.</b> Cantidad de agua a adicionar a cada probeta de la muestra 04	<b>65</b>
<b>Tabla 31.</b> Pesaje y tiempo de secado de cada probeta de la muestra 04	<b>65</b>
<b>Tabla 32.</b> Sinterización de resultados de las pruebas de laboratorio	<b>67</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Manojos de Fibra de Coco	<b>4</b>
<b>Figura 2.</b> Panel de fibra de coco para losa de hormigón	<b>6</b>
<b>Figura 3.</b> Panel de fibra de coco para reforzamiento térmico de pisos	<b>6</b>
<b>Figura 4.</b> Geotextil de fibra de coco para controlar la erosión del suelo	<b>7</b>
<b>Figura 5.</b> Artesanías con fibra de coco	<b>7</b>
<b>Figura 6.</b> No tejidos obtenidos por métodos húmedos	<b>8</b>
<b>Figura 7.</b> Partes principales de un coco	<b>11</b>
<b>Figura 8.</b> Acción de la aguja de púas	<b>16</b>
<b>Figura 9.</b> Procesos químicos para formación de un no tejido	<b>16</b>
<b>Figura 10.</b> Proceso de costura para formación del no tejido	<b>17</b>
<b>Figura 11.</b> Cultivo hidropónico de raíz flotante	<b>20</b>
<b>Figura 12.</b> Cultivo semi hidropónico o cultivo de sustrato	<b>21</b>
<b>Figura 13.</b> Cultivo Aeropónico	<b>22</b>
<b>Figura 14.</b> Lechuga Sativa Batavia	<b>23</b>
<b>Figura 15.</b> Proceso de separación de la cáscara de coco mediante el uso de una estaca. Sucre-Colombia (izquierda) e India (derecha)	<b>25</b>
<b>Figura 16.</b> Detalle de la cáscara separada manualmente mediante estaca	<b>26</b>
<b>Figura 17.</b> Máquina cribadora para separar fibras cortas y largas de coco	<b>26</b>
<b>Figura 18.</b> Secado de fibras de coco para hacer cuerdas (bonote). Tamil Nadu – India	<b>27</b>
<b>Figura 19.</b> Desfibradora de coco Koyote Agroindustrial 7.5hp - 10hp (eléctrico-diesel)	<b>28</b>
<b>Figura 20.</b> Señalización de la muestra para la prueba de absorción de humedad vertical	<b>41</b>
<b>Figura 21.</b> Relación de Fuerza y Alargamiento para los resultados de la muestra 01	<b>50</b>
<b>Figura 22.</b> Relación de Fuerza y Alargamiento para los resultados de la muestra 02	<b>51</b>
<b>Figura 23.</b> Relación de Fuerza y Alargamiento para los resultados de la muestra 03	<b>53</b>
<b>Figura 24.</b> Relación de Fuerza y Alargamiento para los resultados de la muestra 04	<b>54</b>
<b>Figura 25.</b> Estadística Univariante de los datos finales de las pruebas al No Tejido	<b>67</b>
<b>Figura 26.</b> Prueba de la Distribución Normal de los datos finales de las pruebas del No Tejido	<b>69</b>
<b>Figura 27.</b> Gráfico de barras comparativo de los valores finales	<b>70</b>
<b>Figura 28.</b> Matrix Plot de los resultados finales para las muestras de No Tejido	<b>71</b>
<b>Figura 29.</b> Matrix plot 3D de los resultados finales del no tejido	<b>72</b>
<b>Figura 30.</b> Gráfico de relación entre la Resistencia a la Tracción y el gramaje de las muestras del No Tejido	<b>73</b>

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Soporte de plantas (flotador)	<b>77</b>
---	-----------

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Flujograma general de experimentación	<b>32</b>
<b>Ilustración 2.</b> Flujograma muestral del No Tejido de fibra de coco	<b>35</b>
<b>Ilustración 3.</b> Gráfico de relación comparativa entre el Coeficiente de variación, el Error y la Desviación estándar	<b>68</b>

## LISTA DE FÓRMULAS

<b>Fórmula 1.</b> Fórmula de cálculo del índice de absorción de humedad	<b>42</b>
<b>Fórmula 2.</b> Porcentaje de Retención de Humedad	<b>43</b>
<b>Fórmula 3.</b> Cantidad de agua a añadir a las probetas	<b>43</b>

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación consistió en realizar un no tejido 100% biodegradable, con el uso de la fibra de coco y el caucho natural (látex) para aplicarlo en cultivos hidropónicos de raíz flotante, donde se está utilizando el UNICEL (espuma flex) como balsa de soporte de las plantas; siendo el no tejido una alternativa para proporcionar retención de humedad y es amigable con el ambiente por su biodegradabilidad de fibra natural, espacios de oxigenación para la raíz y no altera el pH de la solución nutritiva de las plantas, gracias a sus propiedades físicas y químicas.

Para el desarrollo de esta investigación, se optó por profundizar con el método por impregnación química del caucho natural para la formación del no tejido, proponiendo dos relaciones de impregnación de 1:1 y 1:2, para dos gramajes iniciales que fueron de 558,04 gr/m<sup>2</sup> y 1116,07 gr/m<sup>2</sup>, obteniendo 4 muestras finales que se analizaron en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte de la Carrera de Ingeniería Textil, para obtener datos de gramaje final, resistencia a la tracción y alargamiento, absorción de humedad vertical, tiempo de secado y cantidad de agua evaporada. Además, se utilizó 8 plantas de lechuga Sativa Crispa para la comparación de crecimiento entre el uso del UNICEL y el no tejido de fibra de coco.

Los datos analizados dieron una confiabilidad del 95% ( $p > 0,05$ ) para los 4 métodos utilizados en el programa estadístico PAST4. Obteniendo que, la muestra 4 tiene la máxima resistencia a la tracción con 105,52N, la muestra 1 obtuvo el mayor tiempo de secado con un total de 262min a 37°C y ninguna muestra presenta absorción vertical relevante. Es decir que en cuanto a la aplicación de cultivos hidropónicos la muestra 3 es la mejor debido que tiene características importantes como 49,76N de resistencia y 206min de secado, con un gramaje total seco de 1238,84gr/m<sup>2</sup> con dimensiones, espesor, retención de humedad y flotabilidad más apta.

**Palabras clave:** No tejido, fibra de coco, látex, caucho, hidropónico, biodegradable

## ABSTRACT

The objective of this research was to make a 100% biodegradable non-woven, with the use of coconut fiber and natural rubber (latex) to apply it in hydroponic floating root crops, where UNICEL (flex foam) is being used as a plant support raft. Being a non-woven alternative to provide moisture retention, and is environmentally friendly because of its natural fiber biodegradability, oxygenation spaces for the root, and does not alter the pH of the plant nutrient solution, due to its physical and chemical properties.

For the development of this research, it was decided to deepen with the method by chemical impregnation of natural rubber for the formation of the nonwoven, proposing two relations of impregnation of 1:1 and 1: 2, for two initial weights that were 558.04 gr/m<sup>2</sup> and 1116.07 gr/m<sup>2</sup>, obtaining 4 final samples that were analyzed in the laboratories of Técnica del Norte university of the Textile Engineering Program, to secure data of final weight, tensile strength, and elongation, vertical moisture absorption, drying time and amount of evaporated water. Besides, 8 plants of Crispa Sativa Lettuce were used for the growth comparison between the use of UNICEL and coconut fiber non-woven.

The analyzed data gave a 95% reliability ( $p > 0.05$ ) for the 4 methods used in the statistical program PAST4. Obtaining that, sample 4 has the maximum tensile strength with 105.52N, sample 1 obtained the longest drying time with a total of 262min at 37°C, and no sample has relevant vertical absorption. Concerning the application of hydroponic crops, sample 3 is the best because it has important characteristics such as 49.76N of resistance and 206min of drying, with a total dry weight of 1238.84gr/m<sup>2</sup> with more suitable dimensions, thickness, moisture retention, and buoyancy.

**Keywords:** Nonwoven, coconut fiber, latex, rubber, hydroponic, biodegradable



*VICTOR RAÚL RODRÍGUEZ VITERI*

*Reviewed by Victor Raúl Rodríguez Viteri*

# CAPÍTULO I

## 1. Introducción

### 1.1 Descripción del Tema

Este proyecto pretende realizar el estudio sobre la formación de un no tejido con las fibras de la cáscara de coco, utilizando métodos artesanales de enfieltramiento para dar las condiciones óptimas de utilización. Las pruebas de control de calidad del no tejido se llevaron a cabo con los instrumentos del laboratorio tales como el dinamómetro que sirve para medir la resistencia a la rotura del no tejido, a través de una muestra que se coloca en este equipo, sujeto por mordazas que se separan hasta desgarrar la muestra e indica valores precisos de resistencia que se evaluaron en el capítulo en resultados y discusión de resultados.

La medición de estas pruebas y ensayos del no tejido se las realizan en los laboratorios de la Planta Académica Textil de la Universidad Técnica del Norte. Mientras que la elaboración de No Tejido será en el domicilio del autor.

### 1.2 Antecedentes

Se ha considerado aprovechar las fibras de la cáscara de coco para realizar un no tejido 100% biodegradable en el campo del cultivo hidropónico, específicamente para el método de raíz flotante, considerando dos de los muchos factores de ventaja, los cuales son en primera, la sustitución del UNICEL, material que se obtiene a través del petróleo, mismo que es muy contaminante y va en contra de la conservación del planeta.

Esta fibra de coco es una alternativa viable para disminuir la contaminación, y dos, la cantidad de agua o sustancia que se utiliza para cada planta. Al ser un material liviano y poroso, tiene excelente capacidad de retención de humedad. De acuerdo con (Toj, 2008), menciona que en el ensayo de absorción (...) la fibra absorbe 112.28% en relación con su peso; diez minutos son suficientes para que la fibra absorba 186.60% y su capacidad de absorción alcanza los 254.68% en 72 horas (p.65).

Es por esto es por lo que, dentro de lo correspondiente al tema textil, la construcción de una estructura no tejida que tenga resistencia y densidad es primordial para cumplir con el aprovechamiento técnico, pensado para darle una utilidad más prolongada y no solo de manera dispersa.

### **1.3 Importancia del Estudio**

Para el método de raíz flotante se utiliza UNICEL (Poliestireno Expandido), un material sintético que sirve de balsa y se encuentra entre la planta y el agua con aditamentos nutritivos para la misma. Al ser un producto sintético su degradación es más prolongada en comparación con otros materiales de rápida degradación provocando un impacto ambiental importante por el uso en este tipo de cultivos hidropónicos.

La fibra de cáscara de coco tiene varias características que la hacen imprescindible para el uso en varios aspectos, algunos de estos son: “alta resistencia a la tensión, la cual incrementa con la humedad de la fibra. Es duradera, con una vida útil de 4 a 10 años, la razón de esta alta resistencia en la fibra es el alto contenido de lignina.” (Alas, 2010, pp. 20-21). Esto implica que la degradación de la fibra de estopa de coco con el tiempo no perjudica su efectividad, por el contrario, ayuda a la fertilización natural del suelo.

Por lo tanto, la investigación propuesta tiene como objetivo elaborar un sustituto de materiales sintéticos que aporta en gran medida por el hecho de absorber y retener humedad la cual es indispensable para el desarrollo de estas plantas. Consumiendo menos litros de agua y con un impacto positivo ambiental al reutilizarse y posteriormente desechado como parte de abono agrícola.

La obtención de la cáscara de coco es gratuita debido que los negocios que hacen uso de su fruto la desechan a la basura, sin ningún procedimiento posterior para su aprovechamiento.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General.**

Elaborar un No Tejido 100% biodegradable con las fibras de cáscara de coco para la aplicación sobre cultivos hidropónicos de raíz flotante.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- Investigar las propiedades y características físicas y químicas de la fibra de coco, ligado sobre todo a la utilidad en el área de cultivo hidropónico.
- Realizar el no tejido de fibras de la cáscara de coco con propiedades adecuadas para su optimización y aprovechamiento en el área de cultivo hidropónico.

- Evaluar el método de raíz flotante y adaptar el no tejido de fibra de coco para una variedad de plantas hidropónicas.

### **1.5 Características del sitio de proyecto**

La presente investigación se realiza en la provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra, utilizando los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte para los procesos de medición técnica de propiedades adquiridas con los equipos , debido que se cuenta con los equipos normalizados; mientras que la parte experimental al constituirse como artesanal, se la realiza en el sector del Ejido de Caranqui de la misma ciudad mencionada.

Se elije este último lugar en el proceso experimental, debido que, para el almacenaje y recolección de la cáscara de coco, se necesita espacio y sobre todo tiempo para obtener la fibra de forma manual y posteriormente la elaboración del No Tejido artesanalmente. Además, es necesario el control diario bajo condiciones normales de las muestras del No Tejido al momento de estar en uso como parte del cultivo hidropónico y compararlo con el método común.

## CAPÍTULO II

### 2. ESTADO DEL ARTE

#### 2.1 Estudios Previos

##### 2.1.1 Fibra de cáscara de coco.

Alonso (2015) afirma. “La fibra de coco se obtiene de los filamentos que envuelve los frutos del *Cocus Nucifera*. (...). Se extrae de la cáscara del coco y se utiliza para fabricar, sogas, colchones, cepillos, geotextiles, soporte de alfombras y asientos para automóvil. (p. 24).

Siendo esta una fibra de alta utilidad debido a su crecimiento rápido y las aplicaciones variadas que se le puede dar, además de su alta resistencia y duración. Ver **figura 1**.

De acuerdo con el origen de la fibra de coco, Suarez y Wong (2011), indican que:

La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén, el sisal y abacá. Se trata de una fibra compuesta por celulosa y leño que posee baja conductividad al calor, resistencia al impacto, a las bacterias y al agua. (p. 46)

Es decir, que esta fibra es bastante dura y poco flexible, pero, sin embargo, aumenta su resistencia en contacto con la humedad, así como a las bacterias y hongos e incluso a los impactos que puede soportar. Siendo mayormente constituida por celulosa y lignina (leño) que le da esa característica rugosa y áspera.



**Figura 1.** Manojos de Fibra de Coco  
**Fuente:** (Toj, 2008)

Baque (2015), menciona que “(...) también es ideal para el cultivo de hortalizas sin el uso de suelo, no sufre los procesos de degradación acelerada causada por la intensa aplicación de agua y fertilizantes” (p. 15). Se refiere en otras palabras que es imprescindible y de gran utilidad para cultivos hidropónicos que pueden ser de uso casero y reducidos.

El desarrollo de productos a base de fibra de coco resulta una oportunidad sostenible frente al impacto ambiental que el mundo experimenta. “Sus ventajas más notorias son que la planta de coco está lista para ser cosechada entre los 5 a 7 meses y su tasa de degradación es muy baja siendo operativa y consistente por muchos años” (Suárez & Wong, 2011, p. 35)

#### ***2.1.1.1 Usos industriales de la fibra de cáscara de coco.***

La gran cantidad de fibra de coco que se desecha es bien aprovechada en algunos sectores industriales como se menciona en la página anterior, siendo los geotextiles una alternativa sostenible y viable.

Toj (2008), menciona algunos sectores que utilizan la estopa de coco o las fibras:

##### ***Construcción.***

La fibra de coco es utilizada para reforzar estructuras, y debido a sus características acústicas y térmicas se las aprovecha principalmente como fachadas para tejados, paneles, canales, tuberías, instalaciones internas de pisos, paredes, y otras áreas donde se requiera disminuir el ruido y la temperatura.

Amorim Isolamentos (2015), menciona que, desarrolla productos acústicos y de aislamiento térmico para domicilios que van desde paneles para hormigón en pisos y también recubrimientos en techos, aportando positiva e inteligentemente con el impacto ambiental (p.1). Como se observa en las **figuras (2 y 3)**.



**Figura 2.** Panel de fibra de coco para losa de hormigón  
**Fuente:** (Isolamentos S.A., 2018)



**Figura 3.** Panel de fibra de coco para reforzamiento térmico de pisos  
**Fuente:** (Isolamentos S.A., 2018)

### ***Agricultura.***

Dentro de la agricultura, la estopa o fibra de coco es aprovechada gracias a sus propiedades de retención de humedad y excelente aireación, además de su estabilidad y la opción de poder mezclarse con otros componentes para formar abonos orgánicos. Ver **figura 4.**



**Figura 4.** Geotextil de fibra de coco para controlar la erosión del suelo  
**Fuente:** (Sustratos, 2017)

### *Artesanía.*

Las fibras de coco son utilizadas para realizar vasijas, cepillos, juguetes, cuencas, soportes, todo lo que esté al alcance de los artesanos y su imaginación sin desaprovechar esta materia prima para darle un valor agregado. Como se observa en la **figura 5.**



**Figura 5.** Artesanías con fibra de coco  
**Fuente:** (Medio, 2011)

Además de estos sectores donde la fibra de coco tiene utilidades múltiples, también se puede aprovechar otras partes del mismo, como su endocarpio (hueso), la pulpa, las hojas e incluso el tronco del árbol, como explica (Toj, 2008) “El cocotero es la planta más cultivada a nivel mundial por su diversidad y potencialidad (...), el principal producto que puede obtenerse es la grasa vegetal (p. 09).

### **2.1.2 No Tejido**

De acuerdo con (MegaPlastic, 2005) menciona que, el no tejido es una estructura plana, flexible y porosa constituida de velo o manta de fibras o filamentos orientados direccionalmente o consolidados por procesos mecánicos de fricción y/o también químico (adosado) y/o térmicos (cohesión) y combinaciones de estos. Se observa en la **figura 6** uno de los muchos no tejidos que existen.



**Figura 6.** No tejidos obtenidos por métodos húmedos  
**Fuente:** (Textiles, 2016)

En otras palabras, un no tejido es una estructura laminar con dimensiones definidas por lo métodos que se utilicen consolidar una masa de fibras y darles propiedades según requiera el uso.

Dentro de las materias primas más utilizadas ya sea como fibra o filamentos, se tienen los siguientes. Como se expresa a continuación:

- **Artificiales:** viscosa, vidrio, silicona, acetato
- **Naturales:** lana, algodón, coco, sisal, cashmere, asbesto, metálicas (níquel-cromo, cesio-cromo), cerámicas.
- **Sintéticas:** poliéster, polipropileno, poliamida (Nylon), poliacrilonitrilo (acrílico), polietileno, policarbonato, MegaPlastic (2005, p.9)

### 2.1.3 Cultivo Hidropónico

Topete y Herrera (2015) indican acerca de la hidroponía, que:

La hidroponía es un método, técnica agrícola eficiente que produce muchos tipos de cultivos sin necesidad de tener suelo. Las plantas son alimentadas con una solución nutritiva, y ésta se lleva directamente a la raíz de la planta, permitiendo con ello su desarrollo sano en menos tiempo y con empleo de menos mano de obra (p. 21).

Dicho de otra manera, la hidroponía es una técnica sustituyente del suelo en la cual se necesita únicamente una solución nutritiva para los cultivos, disminuyendo las plagas, producto de la poca oxigenación que tendrían sobre el suelo y exposición de metales o residuos contaminantes; y aprovechando el espacio de una zona urbana (por ejemplo) para la cosecha rápida y sana de las plantas.

### 2.1.4 Unicel

El Unicel conocido también técnicamente como Poliestireno Expandido o EPS (Expanded Polystyrene) por sus siglas en inglés. Según (Saltos, Chango, Aldás, & Quiroz, 2015), se trata de un material ligero y de bajo costo. De modo que el consumo global, ya excede los 3 millones de toneladas con un incremento del 6% al año (p.8).

Sobre el EPS Gilberto y Perdomo (2002) mencionan:

Se prepara mediante el método de suspensión y en presencia de sustancia capaces de liberar gases durante el proceso de polimerización, produciendo la expansión de la masa polímera. Así, se obtiene el polímero expandido que popularmente se

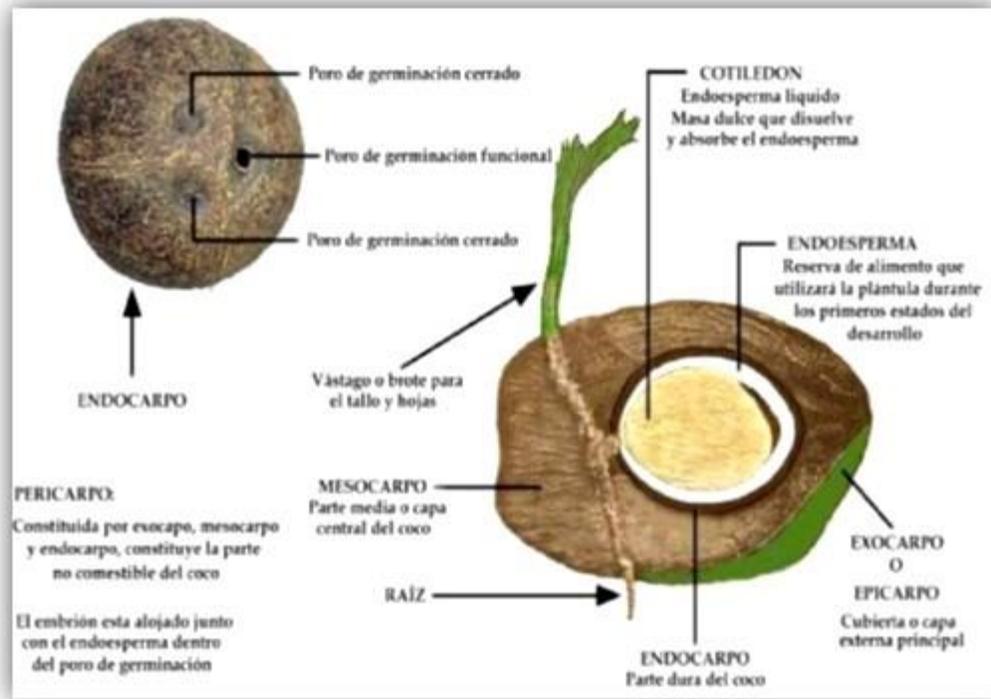
conoce como “anime”. Sirve para envasar y embalar alimentos, y para el embalaje de artículos frágiles (equipos de TV, sonido, computadores, etc.) (p. 13).

Es decir que, mediante el método de suspensión, el poliestireno libera gases que provocan su aumento de volumen, pero con espacios huecos, logrando que se materialice de forma robusta, pero sin necesidad de aumentar su peso, significa que es ligero y moldeable para ser utilizado como protector y embalaje de artículos frágiles.

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2.1 Coco**

Como ya se había mencionado antes, el árbol de coco o cocotero es una de las plantas más cultivadas a nivel mundial y se desarrolla en gran cantidad en las zonas tropicales, pues “El cocotero se describe como una palmera monoica de tronco único con frecuencia inclinado, de 10 a 20m de altura y de 0,5m de grosor en la base y estrechándose hacia la parte superior.” (Cajas, 2011, p.06). De este árbol de gran tamaño se extraen sus frutos, que no son más que una drupa monosperma formada por 3 capas que son el Exocarpio, Mesocarpio y Endocarpio; cada una de ellas tiene una característica especial, el Exocarpio por ejemplo es la envoltura misma del coco, es decir una cáscara fina que recubre el interior; el Mesocarpio por otra parte es la zona más fibrosa del coco, de ahí se extraen fibras para luego ser utilizadas en manualidades o procesos industriales, finalmente tenemos al Endocarpio, que es una capa delgada y muy dura la cual protege la pulpa y el agua de coco, Cajas (2011, p.7). Como se observa en **figura 7**.



**Figura 7.** Partes principales de un coco  
**Fuente:** (Toj, 2008)

Taffin (como se citó en García, 2015), indica que a partir de la madurez del coco se pueden obtener subproductos como:

- **Coco Tierno**

Se cosecha a los 8 ó 9 meses cuando el agua casi llena la cavidad interna. Su uso principal es justamente el agua, como bebida refrescante y rehidratante. De igual forma se consume la carne fresca que tiene textura gelatinosa, Villegas & Vélez, (2007,p.32).

- **Coco Maduro**

Su producto principal es la carne que es extraída y consumida en su forma natural

- **Leche de Coco**

Se obtiene al presionar la carne del coco, sin adición al agua. Contiene más grasa que la leche de vaca y menor contenido de proteínas. Se utiliza para la cocina y como ingrediente en bebidas.

### **2.2.1.1 Características físicas de la fibra de coco.**

Entre algunas de las características físicas más valiosas de la fibra de coco se encuentran la longitud, fineza, resistencia mecánica, rigidez y resistencia a la humedad. Se debe considerar también que no es tóxica es muy económica y químicamente permite modificaciones.

Así Cajas (2011) menciona que "... son pàlidas cuando no están maduras, pero más adelante se endurecen y amarillean por la capa de lignina que se deposita en sus paredes, son relativamente resistentes al daño por el agua salada" (p. 12). Esto se debe que al ser plantas costeras absorben sales en gran cantidad y por esa misma razón son resistentes.

Las principales características físico- mecánicas de la fibra de coco según (Toj, 2008) son las siguientes y se muestran en la **Tabla 1**:

**Tabla 1.**  
Principales características físico-mecánicas de las fibras de coco

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Masa específica real	Km/m <sup>3</sup>	1,177
Absorción máxima	%	93,8
Ruptura por elongación	%	23,9 a 51,4
Resistencia a la tracción	Mpa	95 a 118
Módulo de elasticidad	Gpa	2,8
Longitud de Bonote	cm	15 a 35
Densidad	g/cc	1,40
Díámetro de la fibra	Mm	0,1 a 1,5

**Fuente:** Tesis de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Toj, 2008)

Las fibras de coco son más resistentes mecánicamente, pero así mismo son menos flexibles que otras fibras, si son expuestas a secados extremos se vuelven más frágiles cambiando sus propiedades, especialmente si están compactadas (Cajas, 2011, p. 13).

### ***2.2.1.2 Características químicas de la fibra de coco.***

Gracias a las propiedades de la fibra de coco, estas son utilizadas para controlar el problema de erosión de suelos gracias a los geotextiles que son colocados para que absorban la humedad y mantengan la superficie apta para el cultivo.

FAO (como se citó en García, 2015), hace publicaciones sobre:

Hay dos tipos de bonote: la fibra marrón, usada más comúnmente, que se obtiene de los cocos maduros, y la fibra blanca, más fina, que se extrae de los cocos verdes inmaduros luego de humedecerlos por un periodo de hasta 10 meses. En comparación con el lino y el algodón, las fibras del bonote maduro contienen más lignina, un producto químico leñoso complejo, y menos celulosa (p. 13).

En la **Tabla 2**, entre las principales características químicas de la fibra de coco tenemos las siguientes:

**Tabla 2.**  
Características químicas de las fibras de coco

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Potencial de Hidrógeno	PH	5 a 6,8
Conductividad Eléctrica	mS/cm	2,15
Nitrógeno total, N	%	0,510
Fósforo total, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,200
Potasio total, K <sub>2</sub> O	%	0,600
Calcio total, CaO	%	1,400
Magnesio total, MgO	%	0,200
Sodio total, NaO	%	0,187
Hierro total, Fe	%	0,206

**Fuente:** (Cajas, 2011, p. 45)

Como se puede apreciar en la **tabla 2**, las características de la fibra de coco como por ejemplo el pH se mantienen bastante estable entre 5 – 6,8. Por otro lado la conductividad eléctrica muestra que es un aislante natural, mientras que las cantidades de vitaminas y minerales tienen valores importantes que pueden ser absorbidos en el suelo.

Otros valores que también son importantes conocer se detallan en la **tabla 3**, a continuación:

**Tabla 3.**  
Otras características importantes de las fibras de coco

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Capacidad de intercambio catiónico	CIC; C/C; g/L	92; 132; 70
Porosidad total	%	95,6
Retención de agua	ml/L	538
Capacidad de aireación	%	45,5
Aguas fácilmente asimilables	%	19,8
Lignina	%	42,5
Celulosa	%	32,3
Pentosa	%	14,7
Grasas saponificables	%	5,1
Cenizas	%	3,5
Proteínas	%	1,2
Grasas Insaponificables	%	0,7
Conductividad térmica	W/mK	0,043 a 0,045
Temperatura de degradación	°C	240

**Fuente:** (Baque, 2015, p. 14), (Villegas y Vélez, 2007, p. 39), (Navacerrada, et al., 2016, p. 03)

En la **tabla 3** se detallan otros valores a tomar en cuenta, como la retención de agua, expresada en ml/L lo cual implica más del 50% de su peso, algo importante que se requiere para temas de humectación ya sea en suelos o cultivos. Otro valor que destacar es la conductividad térmica la cual coloca a las fibras de coco en clase B siendo su temperatura de degradación los 240 °C. Entre las demás como son la composición de Lignina y Celulosa, se puede apreciar que la cantidad es importante, consiguiendo las características visibles de ser una fibra gruesa, leñosa, poco flexible pero bastante resistente y más si está en contacto con la humedad.

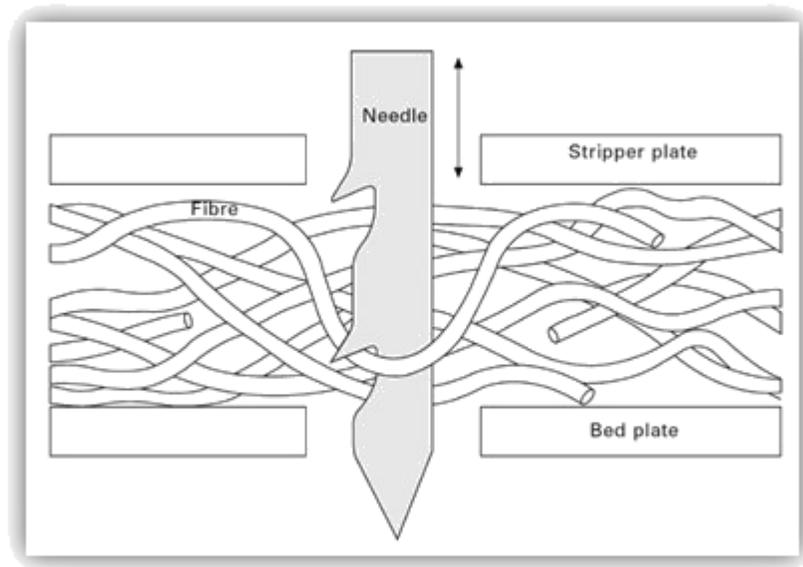
### **2.2.2 Needlepunched (Punzonado Mecánico)**

Este es un método antiguo perteneciente al mundo de los No Tejidos, gracias al uso de agujas con púas que permiten enredar entre sí las fibras en un grupo o masa de estas. Gopalakrishnan D, (2014) en su artículo sobre la fabricación de agujas para punzonado comenta “Es una especie de método de unión física y mecánica pura, ahorrando energía y sin contaminación” (p. 01). En otras palabras este es un método físico de entrelazamiento mecánico de una masa de fibras mediante el uso de agujas de púas para reposicionar algunas fibras que están en sentido horizontal a sentido vertical. Miles de éstas agujas punzonan la masa de fibra por minuto.

Se debe tomar en cuenta también el tipo de aguja a utilizar para cada fibra, ya que existen diferentes materiales y medidas (Navacerrada, et al., 2016, p. 04) dependiendo del producto que se necesite obtener.

#### ***2.2.2.1 Principio básico de punzonado***

Según Gopalakrishnan D. (2016) existe un principio básico el cuál es que mientras las fibras son conducidas hacia arriba y hacia abajo por agujas que tienen púas hay un punto de enlace que gracias a la fuerza de fricción resulta de las fibras entrelazadas (p. 01).

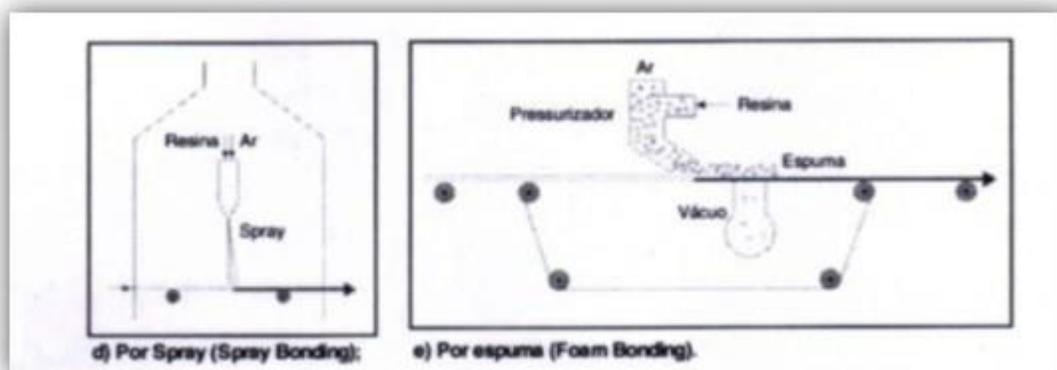


**Figura 8.** Acción de la aguja de púas  
**Fuente:** (Russel, 2007, p. 224)

Así es como en la **figura 8** se puede observar claramente como la aguja que tiene púas, actúa en contacto con las fibras a su paso. Es por ello por lo que se debe conocer los tipos de aguja que se pueden utilizar en los procesos de punzonado.

### 2.2.3 Resin Bonded (Resinado Químico)

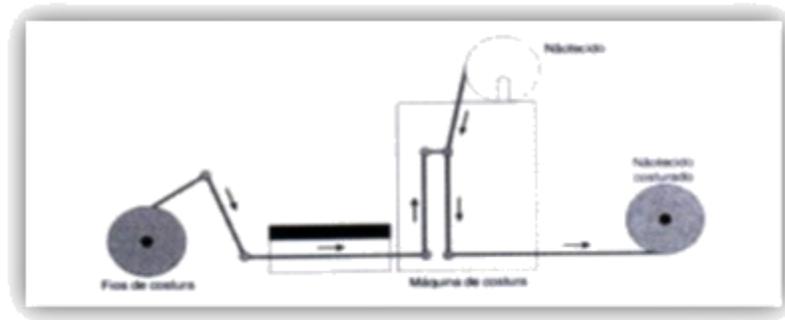
MegaPlastic (2005), propone que los ligantes químicos (resinas) realizan la unión de las fibras o filamentos del no tejido. Existen varios tipos de proceso de resinado como el spray Bondig (espray) y Foam Bonding (espuma) (p.7). Apreciados estos procesos en la **figura 9**.



**Figura 9.** Procesos químicos para formación de un no tejido  
**Fuente:** MegaPlastic (2005, p.7)

## 2.2.4 Stich Bonded (Costura)

Según MegaPlastic (2005), menciona que es un proceso de consolidación o acabado a través de la inserción de hilos de costura de manta o proceso sin hilos, que trabaja con las propias fibras del no tejido para realizar la costura (p.7). En la **figura 10**, se puede observar este proceso.



**Figura 10.** Proceso de costura para formación del no tejido  
Fuente: MegaPlastic (2005,p.7)

## 2.2.5 Látex

Zapata y Álvarez (2017) mencionan que, el látex es una dispersión coloidal de partículas de caucho en un suero acuoso, contiene diversas sustancias orgánicas e inorgánicas en solución y sus características pueden variar dependiendo del clon, clima, frecuencia de sangrado, además de otros factores (p.8). En otras palabras, el látex o llamado también caucho en este caso es de origen natural y sus características dependen de las condiciones en las que se desarrolle.

Sandoval (como se citó en Neira, 2017) explica que, el látex es una dispersión coloidal de una sustancia polimérica (cis -1,4-polisopreno) en medio acuoso (p.16). Además, el látex posee un pH ligeramente alcalino, que rápidamente se vuelve ácido, por la acción de ciertos microorganismos o enzimas presentes en este, que provocan coagulación espontánea a las pocas horas de ser sangrado, por lo que es necesario preservarlo Neira (2017).

### 2.2.5.1 Látex Natural

Fundación BBVA (como se citó en Narváez, 2019) indica que, el látex natural es utilizado en el medio industrial para la elaboración de algunos artículos que facilitan las labores de la vida

cotidiana y en el área de la medina. Se utiliza para elaborar globos, juguetes, elásticos, chupetes, tetinas, equipajes deportivos, alfombras, neumáticos, (...). En otras palabras, se enumera las utilidades que se le da al látex natural dentro de la industria de consumo y toda la flexibilidad que presenta como producto para su moldeado y adaptarlo a distintas necesidades. A continuación, en la **tabla 4** Brasero, (2017) muestra los valores de composición del látex “fresco” de caucho natural:

**Tabla 4.**  
Composición media del látex "fresco"

<b>Compuesto</b>	<b>Porcentaje</b>
Contenido total de sólidos	1,5% - 4%
Contenido de caucho seco	3% - 6%
Aminoácidos y bases nitrogenadas	0,30% - 0%
Lípidos neutros	0% - 1%
Proteínas	0,6% - 1%
Fosfolípidos	0% - 0,60%
Carbohidratos	0,5% - 1%
Sales (de K, P y Mg)	0% - 0,5%
Agua	5% - 8,5%

**Fuente:** Brasero, (2017, p.29)

De acuerdo con la UB, (2020) dentro de la caracterización de materiales determinan los siguientes parámetros generales para el caucho o látex natural descritos en la (tabla 5):

**Tabla 5.**  
Propiedades generales del Látex Natural

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Densidad	0,92 – 0,93	g/cm <sup>3</sup>
Conductividad Térmica	0,1 – 0,14	W/m.K

Temperatura mínima útil	-56,2 ; -43,2	°C
Temperatura máxima útil	68,9 - 107	°C
Reciclabilidad	No	/
Resistencia a los ácidos	Muy buena	/
Resistencia a los álcalis	Muy buena	/

---

**Fuente:** Universidad de Barcelona, 2020

**Url:** <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/1%C3%A1tex-caucho>

### 2.2.6 Tipos de Cultivos Hidropónicos

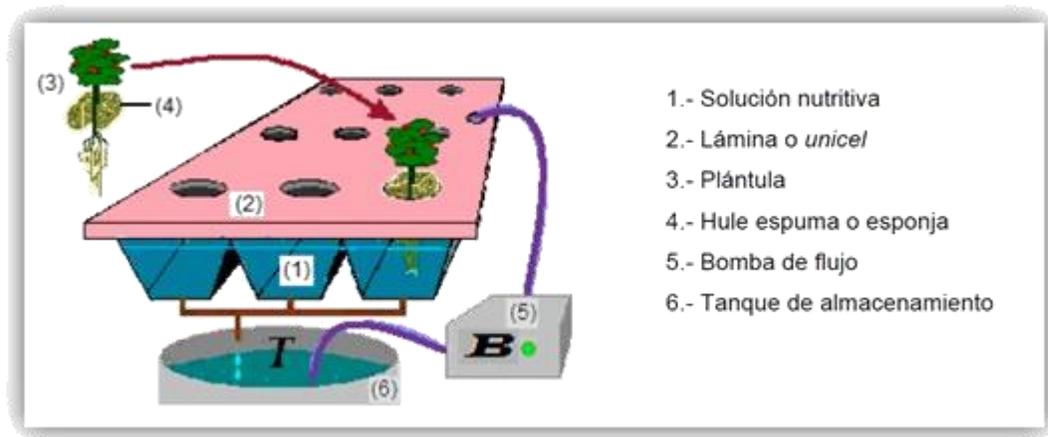
Topete y Herrera (2015), mencionan que:

Existen tres connotaciones semánticas para definir la hidroponía, (...). El primero, denominado “cultivo hidropónico puro” permite a la planta el desarrollo de las raíces en un medio líquido (agua con nutrientes disueltos) sin ningún tipo de sustrato sólido, pero con un sistema adecuado de sujeción; el segundo llamado, el “cultivo hidropónico”, según la mayoría de las opiniones, se refiere al cultivo en agua (acuicultura) o en sustratos sólidos más o menos inertes y porosos, a través de los cuales circula la solución nutritiva y; el tercero, el cultivo hidropónico en su concepción más amplia, engloba todo sistema de cultivo en el cual, las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear suelo, así, durante el ciclo (...) mediante una solución (p. 24).

Es decir que de acuerdo con el autor el primer tipo de cultivo hidropónico únicamente utiliza un sistema de sujeción de las plantas para que estas tengan contacto con el agua, mientras que el segundo tipo de cultivo, se puede entender que ya existe un sustrato sólido pero que no actúa o interviene con la planta mientras circula la solución nutritiva; finalmente el tercer tipo de cultivo hidropónico es cualquier método en que no se utilice suelo, solamente agua para el crecimiento de las plantas.

### 2.2.6.1 Método de cultivo 100% hidropónico o de raíz flotante

Como ya se había hablado anteriormente este cultivo se caracteriza principalmente por el hecho ineludible de tener a las plantas en contacto directo con una solución nutritiva, siendo soportadas gracias a una estructura con características especiales que las mantiene flotando en el proceso de crecimiento de la planta. Así es como Topete y Herrera (2015) afirma que, desde el trasplante hasta la cosecha, la misma solución nutre y provee de humedad. Por ello se dice que, en términos productivos y comerciales, es redituable (p. 25). Ver **figura 11**.



**Figura 11.** Cultivo hidropónico de raíz flotante  
**Fuente:** (Topete & Herrera, 2015, p. 26)

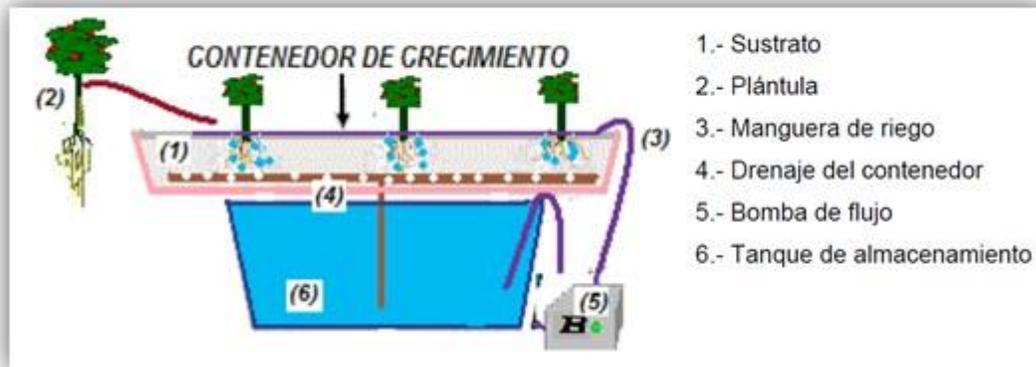
En la **fig. 11**, se puede observar las partes que conforman un sistema de cultivo hidropónico de raíz flotante, que primordialmente tiene la característica que como un soporte de las plantas está este material impermeable y bastante ligero como lo es el Unicel o también conocido **Poliestireno Expandido**, al cual se le realiza agujeros donde se colocarán las plántulas de 20 días de germinación, todo esto encima de una solución nutritiva que es recirculada a través de una bomba (Topete y Herrera, 2015, p. 26).

Principalmente se utiliza para cultivo de lechugas, tomates, fresas, plantas aromáticas, entre otras, dependiendo del tipo de planta se adicionará soportes que las mantengan firmes durante su crecimiento y cosecha.

### 2.2.6.2 Cultivo semi hidropónico o cultivo en sustrato

Considerada como la técnica más utilizada dentro de los cultivos hidropónicos debido a su fácil manejo, ya que sus semillas son germinadas, criadas y cosechadas en este mismo sistema. Se utilizan sustratos inertes que pueden ser de origen natural, como: turbas, virutas y aserrín, o mineral, como: arena, grava y perlita, o de origen industrial, como: fibracel o lana de roca.

En este cultivo, la labor de regado se la realiza como en cualquier otro cultivo de suelo, con la ventaja de ahorrar agua y nutrientes esenciales ya que estos se reciclan y no se desperdician (Topete y Herrera, 2015, p. 26). Como se indica en la **figura 12**.

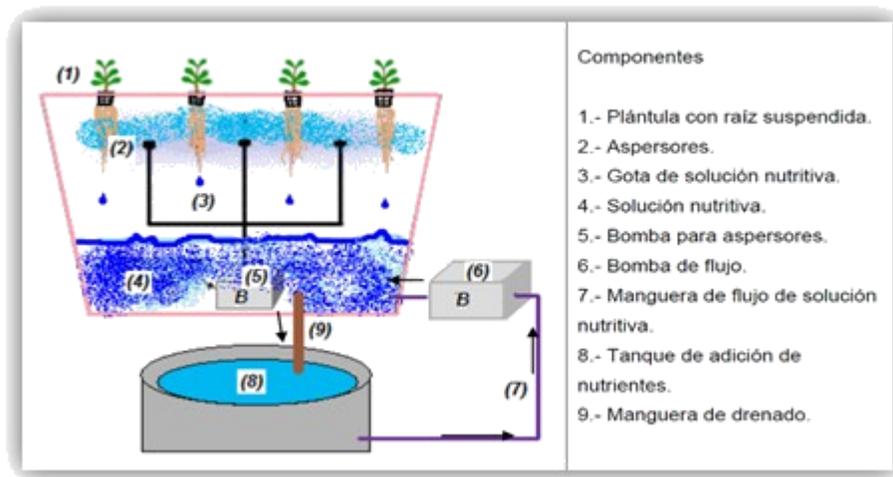


**Figura 12.** Cultivo semi hidropónico o cultivo de sustrato  
**Fuente:** (Topete y Herrera, 2015, p. 27)

Como se puede observar en la **figura 12**, las plantas se asientan sobre una capa de sustrato que dependerá del tipo de raíz para considerar el grosor de esta capa. Además, para garantizar el crecimiento óptimo de las plantas se las planta cada 10cm de distancia una de otra. Mientras que el sistema de riego está controlado a través de una bomba que permite recircular la sustancia nutritiva que se deposita en un recipiente grande proveniente de la filtración en el paso por la capa de sustrato.

### 2.2.6.3 Cultivo aeropónico

Esta última se puede considerar como una técnica avanzada de la hidroponía, debido que surge como resultado de la investigación acerca de la absorción de oxígeno por las raíces de las plantas. Siendo la oxigenación, uno de los factores que más afecta al proceso de crecimientos de los cultivos. Por ejemplo, en el cultivo de raíz flotante o en NFT (Nutrient film technique -Técnica de película nutritiva) la oxigenación deficiente de las plantas origina problemas severos (Topete y Herrera, 2015, p. 28). Indicado en la **figura 13**.



**Figura 13.** Cultivo Aeropónico  
**Fuente:** (Topete y Herrera, 2015, p. 28)

El cultivo aeropónico se diferencia del hidropónico debido que este último se encuentra sumergido en una solución nutritiva, mientras que la primera, a través de nebulizadores, rociadores o atomizadores, dispersan la solución gracias a la acción de la alta presión. Logrando así suministrar la sustancia nutritiva y permitiendo que las raíces estén aireadas u oxigenadas constantemente (Topete y Herrera, 2015, p. 29).

### 2.2.7 Cultivos utilizados para hidroponía

Terry (como se citó en Ramírez, 2017), menciona que con el método de raíz flotante se pueden cultivar algunos tipos de plantas que tienen la capacidad de captar eficientemente el oxígeno disuelto en la solución. Entre estas tenemos: lechuga, apio, albaca, berro y menta (p.13).

Carrasco e Izquierdo (como se citó en Ramírez, 2017), opina que para especies como la lechuga (...) este sistema ofrece la posibilidad de reducir el tiempo de producción y aumentar los ciclos de cosecha, así mismo se permite aumentar la densidad de plantación con respecto a la de suelo (p.14).

### ***2.2.7.1 Lechuga Sativa Crispa L. o Batavia***

A este grupo de lechugas corresponde dos subtipos: como lo son la lechuga Iceberg que forma una cabeza compacta y la otra llamada Batavia que es menos densa, más pequeña y de formas irregulares.

#### ***Condiciones Edafoclimáticas***

FAO (Food and Agriculture Organization) (como se citó en González y Zepeda, 2013), indica que la lechuga es una hortaliza típica de climas frescos. Los rangos de temperatura donde la planta crece óptimamente están entre los 15°C y 18°C, con temperaturas máximas de 21°C a 24°C y mínimas de 7°C. Con temperaturas muy altas, se acelera el crecimiento del tallo pero la calidad de la lechuga se deteriora rápidamente debido a la acumulación de látex amargo en su sistema vascular (p.5).

Sim embargo, la temperatura óptima para germinación oscila entre 18°C y 20°C, en fase de crecimiento el cultivo requiere temperaturas entre 14°C y 18°C en el día, y 5°C a 8°C en la noche (González y Zepeda, 2013). Ver **figura 14**.



**Figura 14.** Lechuga Sativa Batavia  
**Fuente:** <https://biolibere.es/producto/lechuga-batavia-pieza/>

El tiempo estimado de cultivo varía entre los 55 a 56 días para su cosecha (Soria, 2012, p.12). Como se puede observar en la **tabla 6**, se presentan las sugerencias de fórmulas comunes para lechuga:

**Tabla 6.**  
Referencias para sugerir fórmulas comunes de nutrientes para el crecimiento de la lechuga

<b>Nutriente 01</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Nutriente 02</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Volumen</b>
Nitrato de Calcio	81.62 gr	Sulfato de magnesio	0.307 gr	20L
Sulfato de Magnesio (Sal de Epsom)	25.55 gr	Ácido bórico en polvo	0.257 gr	20 L
Nitrato de Potasio	9.76 gr	Sulfato de zinc	0.016 gr	20 L
Di hidrógeno fosfato de potasio	11.06 gr	Sulfato de cobre	0.019 gr	20 L
Sulfato de potasio	5.99 gr	Molibdato de sodio	0.012 gr	20 L
Quelato de hierro (EDTA)	2.50 gr			

**Fuente:** (Soria, 2012, p.17)

### **2.2.8 Impacto ambiental del desecho de fibra de coco y Unicel**

Dentro del contexto ambiental, la fibra de coco al ser una fibra de origen natural, su degradación resulta positiva para el mismo debido que puede ser utilizada como abono de suelos áridos para que contribuyan reteniendo humedad y consecuentemente se termine de consumir en el mismo suelo. Por otra parte, el Unicel (Poliestireno expandido) es un producto sintético proveniente de derivados del petróleo. Este producto como tal en su estado sólido no representa mayor impacto ambiental a medida de su vida útil, el inconveniente es que su desecho y combustión ocasionan la liberación de gases altamente contaminantes los cuales degradan el entorno y causan enfermedades a los seres vivos que tengan contacto con este.

La fibra de coco tiene una utilidad final hasta su degradación gracias a sus propiedades en contacto con la humedad que la hace más duradera a través del tiempo; pero hablar del desecho del Unicel nos hace pensar en el importante impacto que ocasiona, la única solución viable es encontrar

materiales alternativos, en este caso para los cultivos de raíz flotante, sustituir el Unicel por la fibra de coco.

### **2.2.9 Obtención de las fibras de cáscara de coco**

La cáscara de coco es desechada ya sea tierna o madura según cual haya sido su utilización, y depende mucho su madurez para darle un destino a las fibras; es decir que, si se necesita hacer cuerdas, hilo o redes de pesca, las fibras de coco son las más utilizadas, pero si el fin es hacer colchones, forrajes automotrices, cepillos, tapices, paneles de aislamiento y empaques, la fibra de coco maduro es la que se necesita (Lemache y Pacheco, 2015). Existen dos maneras convencionales de extraer la fibra de coco, una es manual y la otra industrial. Sin embargo actualmente existe un modelo más amigable y moderno de extraer esta fibra.

#### ***2.2.9.1 Extracción manual de fibra de coco***

Puentes y Joya, (2005), explican acerca de la obtención manual, que:

Cuando el fruto está completamente maduro es el momento de separar la cáscara del fruto interno (...). El procedimiento manual más rudimentario y eficiente, se hace mediante una estaca clavada en el suelo, con una punta en la parte superior. El fruto por uno de sus vértices se inserta varias veces hacia abajo en la estaca para romper en tres o cuatro parte la cáscara y separarla del cuezco (p. 20). Se observa este proceso y su productos en las **figuras (15 y 16)**.



**Figura 15.** Proceso de separación de la cáscara de coco mediante el uso de una estaca. Sucre-Colombia (izquierda) e India (derecha)

**Fuente:** (Puentes y Joya, 2005, p. 21)



**Figura 16.** Detalle de la cáscara separada manualmente mediante estaca  
**Fuente:** <https://www.amazon.in/Creative-Farmer-Coconut-Making-Natural/dp/B07NJ8P3DN>

Después de la separación del fruto, las cáscaras se procesan por método de inmersión en pozos construidos para tal fin (...) este proceso puede durar entre varios días y varios meses. Gracias a esta inmersión la fibra sufre un estado de fermentación y ablandamiento que facilita su extracción mediante un mazo, un garrote o un palo de madera, obteniéndose fibras de alta calidad (Puentes y Joya, 2005, p.23). Después de restregar, lavar y secar a la sombra, las fibras se separan y limpian manualmente con la ayuda de una criba **figura 17**, o cernidera donde se separan fibras cortas y largas, siendo éstas primeras utilizadas como sustrato para suelos y jardines.



**Figura 17.** Máquina cribadora para separar fibras cortas y largas de coco  
**Fuente:** (Alas, 2010, p.64)

Es conveniente mantener la fibra húmeda para posteriores procesos de triturado o hilado, con ello se mantiene elástica, flexible y facilita su manipulación, sin peligro que se rompan durante el proceso (Puentes y Joya, 2005, p. 23). Ver **figura 18**.



**Figura 18.** Secado de fibras de coco para hacer cuerdas (bonote). Tamil Nadu – India

**Fuente:** Asbjorn M. Olsen / Alamy Foto de stock

<https://www.alamy.es/secado-de-fibra-de-coco-para-hacer-el-bonote-cuerdas-tamil-nadu-india-image178053755.html>

### ***2.2.9.2 Extracción mecánica de fibra de coco***

Para el proceso de extracción de fibra de coco de manera mecánica se han construido y diseñado máquinas desfibradoras y trituradoras **figura 19**, o incluso adaptaciones que permitan separar las fibras de coco. Se debe considerar que este proceso genera polvo perjudicial para los operarios y personas que laboran alrededor, para evitar esto, algunas empresas remojan la fibra durante cuatro a cinco días en piscinas con el fin de ablandar la cáscara, facilitar el proceso y evitar la generación de polvo (Puentes y Joya, 2005, p. 23).

Luego de este proceso de extracción mecánica, las fibras se lavan, limpian, separan, secan y peinan para los procesos posteriores de hilado.



**Figura 19.** Desfibradora de coco Koyote Agroindustrial 7.5hp - 10hp (eléctrico-diesel)  
**Fuente:** <https://www.olx.com.co/item/desfibradora-coco-maquina-para-fibra-coco-extractora-fibra-de-coco-iid-1065039161>

Los métodos mecánicos, aunque mucho más eficientes en relación, cantidad-tiempo resulten; no son de negar que son perjudiciales tanto para la salud de los trabajadores, así como el desgaste y maltrato de la fibra, disminuyendo la cantidad de fibra de alta calidad y aumentando sustrato desechable (si se considera aprovechar la fibra para hilar) (Puentes y Joya, 2005, p.27).

### ***2.2.9.3 Proceso moderno de extracción de la fibra de coco***

Para este nuevo método, Puentes y Joya (2005), hacen referencia al uso de biotecnología con la aplicación de microorganismos específicos que, disueltos en el agua de remojo de las cáscaras de coco, rompen los tejidos que unen las fibras y lo cual general mayor facilidad de extracción de fibra, disminuyendo a 3 meses de remojo, en comparación a los 10-12 meses que generalmente se lo hace sin la utilización de microorganismos (p.27). Con esto el autor indica que los efluentes son

más limpios y amigables con el ambiente así que no perjudican los riegos con la utilización de estas aguas.

El Instituto Central para la Investigación de la Cáscara de Coco (Central Coir Research Institute) CCRI, de India, patentó dos procedimientos en 1994 con la aplicación de biotecnología en el proceso de extracción de la fibra, elaborando un producto llamado (COIRRET), a partir de enzimas microbianas específicas y son comercializadas tanto en estado líquido, como en sólido (Puentes y Joyas, 2005, p.27).

## CAPÍTULO III

### 3. Metodología

#### 3.1 Métodos de Investigación

En este capítulo, se describe la investigación evaluada sobre las fibras de coco como un subproducto textil (No Tejido) para la sustitución del Unicel (Poliestireno expandido) o comúnmente conocido como “Espuma flex”; que tiene la disposición de servir como soporte para las plántulas de cultivo hidropónico en el método de raíz flotante, utilizando como factor experimental un tipo de lechuga sativa batávica (crespa) y mediante la experimentación hipotética – deductiva, basada en las investigaciones similares implementadas en países asiáticos mayormente, como en la India; se observa el comportamiento de estos cultivos en condiciones convencionales que las realiza con este material sintético contaminante. Apoyados en las propiedades físicas y químicas de la fibra de coco, esta investigación establece parámetros de resistencia, higroscopicidad de las fibras, el cambio de pH en la solución nutritiva a la cual las fibras de coco están expuestas, las medidas normativas actuales del crecimiento de la planta, la altura para desarrollo de raíces, entre otros factores que están directamente relacionados a las características del No Tejido y las condiciones de cultivo; donde se mide la densidad de fibra, el peso por muestra, el grosor mínimo y máximo, el tiempo de degradación y su posterior uso luego de cumplir la utilidad en el cultivo hidropónico.

Esta investigación está valorada en cada una de las fuentes bibliográficas consultadas por autores que han escrito revistas científicas, proyectos de titulación, investigaciones institucionales gubernamentales y empresas que se dedican al aprovechamiento del desecho del coco; es decir su cáscara, siendo destinada en su mayoría como tapiz de vehículos, rellenos de colchones, sustratos de abonos, geotextiles para suelos áridos, entre otros.

Siendo este un **método experimental**, su desarrollo fue a través un proceso artesanal para elaborar el no tejido mediante la aplicación por adosado del látex, mediante el cálculo de relación peso de la muestra/ porcentaje de saturación; sobre las fibras de coco. Debido a la dificultad de maquinaria industrial para realizar este producto, se adaptó un procedimiento casero, el cual se describe más adelante en **ilustración 2**.

El **método comparativo** es otra de las herramientas utilizadas en este proyecto, debido que para la fabricación del no tejido se aplicó diferentes densidades y concentraciones de aplicación por impregnación, las cuales deben ser observadas, valoradas y comparadas con indicadores como, resistencia, elongación y absorción y retención de humedad.

De la misma forma se aplicó el **método estadístico** el cual analiza a través de varias muestras datos que permiten visualizar la normalidad, coeficiente de variación, relación entre la densidad y resistencia; concentración resistencia/elongación; densidad y absorción de humedad/tiempo de secado.

Las pruebas de resistencia a la tracción y elongación, absorción a la humedad y tiempo de secado; se las realizó en los laboratorios certificados de la Planta Académica Textil de la Universidad Técnica del Norte en muestras de no tejidos de fibra de coco, fabricadas por el método químico de adosamiento de látex y curado con temperatura, haciendo a este no tejido resistente, flexible y con la densidad adecuada para que flote sobre la solución nutritiva y soporte al cultivo hidropónico de prueba, siendo así una alternativa para reemplazar al Unicel.

### **3.2 Flujograma general de experimentación**

En el siguiente flujograma detallado en la **ilustración 2** se presentan los pasos generales desde la recepción de las cáscaras de coco, su procesamiento para obtener la fibra de coco, el método de elaboración del no tejido con el uso del látex, hasta la observación como soporte para cultivos hidropónicos y su posterior desecho biodegradable.



**Ilustración 1.** Flujograma general de experimentación  
Fuente: Autor

### 3.3 Métodos y técnicas

Para el análisis de las muestras obtenidas del no tejido de fibra de coco y sus características con respecto a la resistencia a la tracción, elongación, absorción y retención de humedad, se toma como referencia:

- **Norma ISO 13934-2 (2014)** : Resistencia a la tracción y elongación
- **Norma AACTT 197 (2003)** : Absorción de humedad vertical
- **Norma AACTT 199 (2013)** : Tiempo de secado de los textiles: Método analizador de humedad

### 3.4 Diseño Muestral

Esta investigación se basó en la fase física y química del proceso de fabricación del no tejido de fibra de coco, especialmente enfocado en los parámetros de densidad adecuados para soportar las plantas para cultivos hidropónicos y así mismo, la concentración de látex la cual proveerá de estabilidad estructural y servirá para el propósito de flotar sobre la solución nutritiva de las plantas. Ver [Anexo A](#)

#### 3.4.1 Selección de muestras

Para la selección de las muestras a analizar, se debe tomar en cuenta que se decidió manejar dos densidades establecidas por el autor de este proyecto como ideales para su evaluación; estas son  $558\text{gr/m}^2 \pm 10$  y otra de  $1116\text{gr/m}^2 \pm 10$ ; es decir que, para una dimensión (28cm\*32cm), corresponde 50gr +/-1 y 100gr +/-1, respectivamente. Así mismo, las relaciones de adosado de látex fueron de 1:1 y 1:2. Con ello se fabricarán al menos 4 muestras con las dimensiones y porcentajes de adosado ya mencionas anteriormente.

#### **Realizándose de la siguiente manera:**

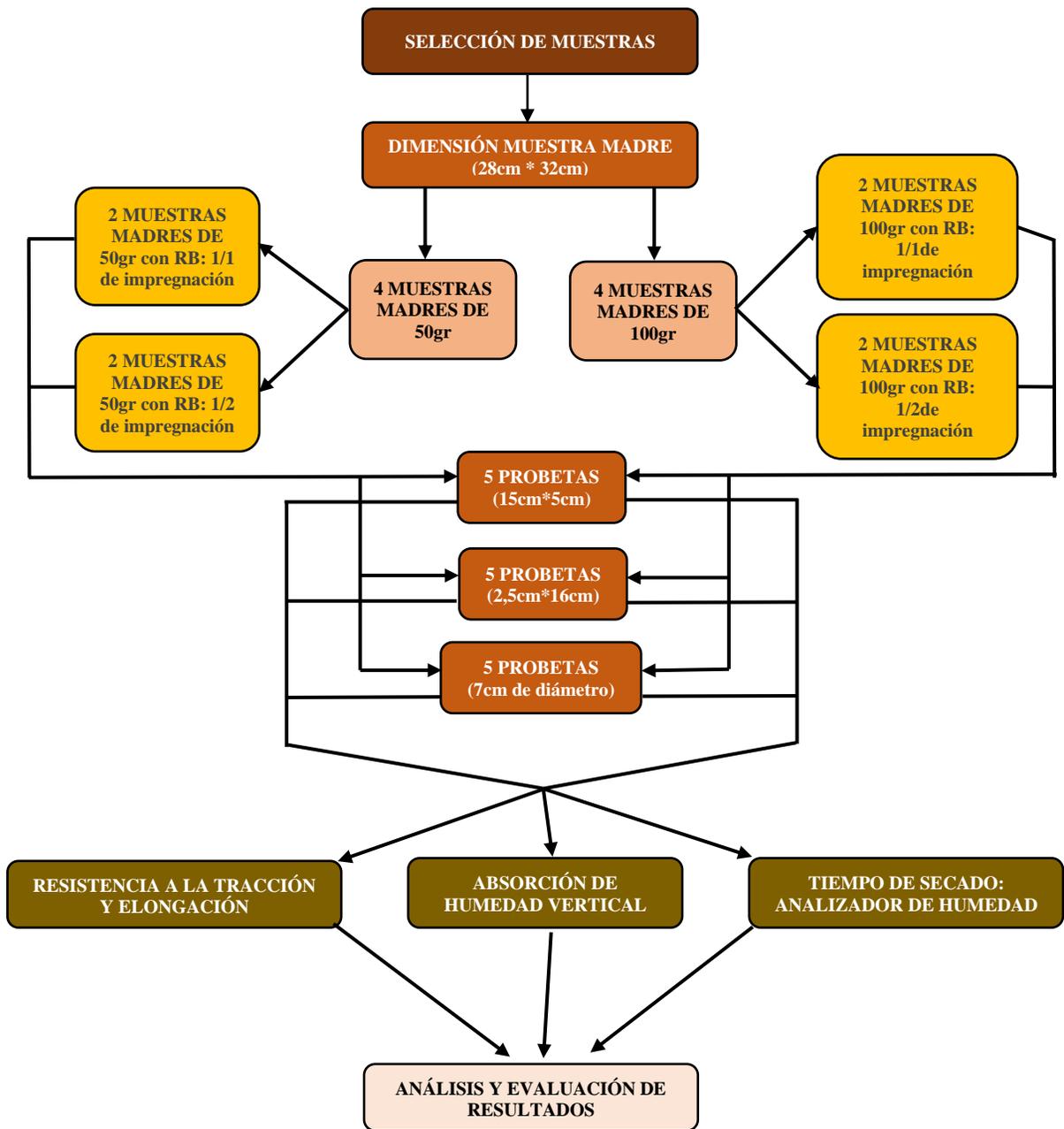
Para las 4 muestras madre a realizarse se seleccionaron 2 variables, una que corresponde a la de densidad y la otra a la relación de adosado. Para esto se utilizó un molde (parrilla de horno) con dimensiones (28cm\*32cm) para la colocación de las fibras y la disolución de látex para el posterior curado. Ver [Anexo B](#)

- La primera prueba fue elaborar dos balsas de no tejido de fibra de coco con un peso aproximado de 50gr +/-1 cada una en el molde que tenía (28cm\*32cm). Para estas dos primeras balsas se preparó una disolución madre de relación 1:2 (158gr de látex en 316ml de agua), se adosó una relación (1:1) con respecto al peso (100%) y se mezcló manualmente procurando empapar completamente la fibra con esta disolución. Ver [Anexo C](#)
- En la segunda prueba, para elaborar un no tejido de fibra de coco se aumentó el peso a 50gr en una superficie de (28cm\*32cm) y con la misma disolución madre se adosó una relación (1:2); es decir (200%) con respecto al peso de muestra, se elaboró dos balsas más. Ver [Anexo D](#)
- La tercera prueba correspondió a elaborar dos balsas de no tejido de fibra de coco con un peso de 100gr cada una y una relación de impregnación de (1:1); es decir (100%) con

respecto al peso muestra. Se utilizó otra disolución madre relación 1:2 (200gr de látex en 400ml de agua). De esta manera se consiguió balsas con menor porcentaje de látex impregnado. Ver [Anexo E](#)

- Finalmente, para la cuarta prueba se elaboró dos balsas de no tejido de fibra de coco con un peso de 100gr cada una y una relación de impregnación de (1:2); es decir (200%) con respecto al peso muestra. En este caso estas balsas, resultaban las más pesadas y con el porcentaje de adosado más alto para su análisis. Ver [Anexo F](#)

Para clarificar este muestreo se detalla a continuación en la **ilustración 3**, el flujograma muestral.



**Ilustración 2.** Flujograma muestral del No Tejido de fibra de coco  
**Fuente:** Autor

### 3.4.2 Metodología de campo

La investigación se desarrolló en la ciudad de Ibarra en el Barrio del Ejido de Caranqui, domicilio del autor ya que para la elaboración de las muestras se necesitó de un molde (28cm\*32cm), un horno eléctrico (150°C máx.), una balanza electrónica de una unidad, materiales de apoyo para disolución y medición de líquidos. Todo esto con normas de seguridad para evitar accidentes. Ver [Anexo G](#), [Anexo H](#) y [Anexo I](#).

### 3.4.3 Aplicación del Látex sobre las fibras de coco

Para este proceso de formación del no tejido se utilizó un método de aplicación directa en frío de una solución de agua con látex sobre las fibras de coco, para luego pasar a un curado (secado) de este producto. En la **tabla 7**, se describe la formulación de la disolución madre:

**Tabla 7.**  
Disolución madre de Látex

SUSTANCIAS	PESO	VOLUMEN	RELACIÓN
Agua		400ml	2
Látex	200gr		1

Fuente: Autor

En un recipiente se vierte 100ml de agua y se añade 50gr de látex natural y se mezcla hasta obtener una mezcla homogénea. Como un dato especial, se establece esta relación de disolución debido que no se puede manejar el látex en su estado natural de preservación ya que su manipulación es de corto tiempo, ya que se seca al instante en el ambiente; por tal motivo es necesaria una disolución en agua. En el proceso de secado se evaporará todo el excedente de humedad y solo se conservará la estructura propia del caucho.

En la **tabla 8**, se describe los detalles de cada muestra a realizar del no tejido de fibra de coco. Ver [anexo J](#) de los resultados de las muestras obtenidas.

**Tabla 8.**

Densidades y concentraciones de las muestras para elaboración de los no tejido

<b>Nº MUESTRA</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>PESO</b>	<b>PICK UP</b>	<b>PESO DE DISOLUCIÓN</b>	<b>TIEMPO DE SECADO</b>
Muestra #01 /1	(28cm*32cm)	50gr	100%	50gr	2h00
Muestra #01 /2	(28cm*32cm)	50gr	100%	50gr	2h00
Muestra #02 /1	(28cm*32cm)	50gr	200%	100gr	2h00
Muestra #02 /2	(28cm*32cm)	50gr	200%	100gr	2h00
Muestra #03 /1	(28cm*32cm)	100gr	100%	100gr	2h30
Muestra #03 /2	(28cm*32cm)	100gr	100%	100gr	2h30
Muestra #04 /1	(28cm*32cm)	100gr	200%	200gr	2h30
Muestra #04 /2	(28cm*32cm)	100gr	200%	200gr	2h30

**Fuente:** (Ayala, 2020)**Muestra #01 /1**

Peso de fibra de coco: 50gr

Dimensiones de molde: 28cm\*32cm

Peso de disolución de látex aplicada: 50gr

Temperatura de secado: 100°C +/- 1

Tiempo de secado: 2h00

Peso final: 57gr

**Muestra #01 /2**

Peso de fibra de coco: 50gr

Dimensiones de molde: 28cm\*32cm

Peso de disolución de látex aplicada: 50gr

Temperatura de secado: 100°C +/- 1

Tiempo de secado: 2h00

Peso final: 57gr

**Muestra #02 /1**

Peso de fibra de coco: 50gr

Dimensiones de molde: 28cm\*32cm

Peso de disolución de látex aplicada: 100gr

Temperatura de secado: 100°C +/- 1

Tiempo de secado: 2h00

Peso final: 74gr

**Muestra #02 /2**

Peso de fibra de coco: 50gr

Dimensiones de molde: 28cm\*32cm

Peso de disolución de látex aplicada: 100gr

Temperatura de secado: 100°C +/- 1

Tiempo de secado: 2h00

Peso final: 74gr

**Muestra #03 /1**

Peso de fibra de coco: 100gr

Dimensiones de molde: 28cm\*32cm

Peso de disolución de látex aplicada: 100gr

Temperatura de secado: 100°C +/- 1

Tiempo de secado: 2h30

Peso final: 112gr

### **Muestra #03 /2**

Peso de fibra de coco: 100gr

Dimensiones de molde: 28cm\*32cm

Peso de disolución de látex aplicada: 100gr

Temperatura de secado: 100°C +/- 1

Tiempo de secado: 2h30

Peso final: 110gr

### **Muestra #04 /1**

Peso de fibra de coco: 100gr

Dimensiones de molde: 28cm\*32cm

Peso de disolución de látex aplicada: 200gr

Temperatura de secado: 100°C +/- 1

Tiempo de secado: 2h30

Peso final: 137gr

### **Muestra #04 /2**

Peso de fibra de coco: 100gr

Dimensiones de molde: 28cm\*32cm

Peso de disolución de látex aplicada: 200gr

Temperatura de secado: 100°C +/- 1

Tiempo de secado: 2h30

Peso final: 139gr

### 3.4.4 Ensayos de laboratorio

#### 3.4.4.1 Prueba de resistencia a la tracción y elongación

Estas pruebas son realizadas con el fin de analizar la elasticidad, en este caso del no tejido elaborado con el adosado de látex natural y así mismo evaluar la fuerza necesaria para el desgarre de este no tejido. Estos parámetros son obtenidos a través de la **NORMA ISO 13934-2 (2014)** que menciona lo siguiente en la (tabla 9):

**Tabla 9.**  
Parámetros de control de la prueba de resistencia a la tracción y elongación

<b>PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ELONGACIÓN</b>					
<b>Equipo</b> <b>Dinamómetro</b>	Celdas de carga	5000 N	<b>Probeta</b>	150mm*100mm	
	Velocidad	50mm/min		5 probetas	<b>Urdimbre</b>
	Ancho de mordaza	100mm		5 probetas	150mm*100mm
	Método de ensayo	Agarre			<b>Trama</b>
Acondicionamiento de muestras			Temperatura	20°C ± 1	
			Humedad Relativa	70°C ± 2	

**Fuente:** Narváez (2019, p.38)

Para realizar estas pruebas de resistencia a la tracción y elongación se procedió a colocar las muestras en un equipo llamado Dinamómetro ver [anexo K](#), las mordazas se separan con la carga de la celda mencionada y la muestra (probeta) se rompe en el punto de la fuerza de rotura (N) de las probetas, los resultados se visualizaron en el monitor con su respectiva curva de proceso de cada una de estas. Si dentro de las pruebas, existen probetas que se rompen en los bordes, se anulan.

#### 3.4.4.2 Prueba de absorción de humedad vertical

Las pruebas de absorción de humedad vertical se las realiza para determinar el índice de absorción de las muestras que contienen el acabado repelente: las pruebas se las realizo según

la **NORMA AATCC 197 (2003)**, en donde se tomaron algunos parámetros que se muestran en la **tabla 10**, para el desarrollo de las diferentes prácticas:

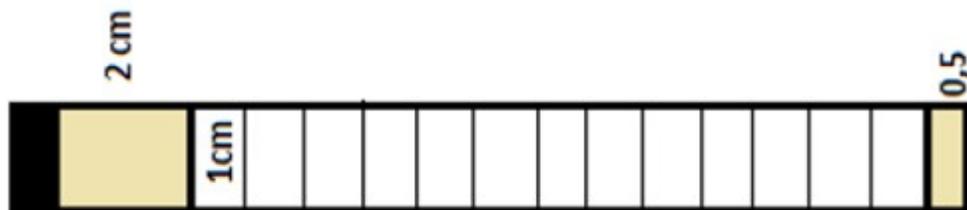
**Tabla 10.**

Parámetros de las muestras a evaluar

<b>PRUEBAS DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD VERTICAL</b>		
<b>Acondicionamiento de muestras</b>	<b>Temperatura</b>	20°C ± 1
	<b>Humedad Relativa</b>	70°C ± 2
<b>Dimensiones</b>	160mm*20mm	

**Fuente:** Narváez (2019, p.38)

Para la norma de absorción de humedad se utilizaron cinco muestras de 160mm ± 20mm de largo y 25mm ± 10mm. Cada muestra se debe marcar a una distancia de 5 ± 1 mm desde el extremo en el lado de la tela a probar. La línea de 5 mm indica el nivel al que se debe bajar una muestra en el agua en el matraz o vaso de precipitados, que es la hora de inicio de la prueba, utilizando un rotulador con tinta soluble, se mide desde la línea de 5 mm y marcamos líneas a lo ancho de la muestra a distancias de 20 ± 1 y 150 ± 1mm. Para facilitar la medición de las distancias de absorción, se pueden marcar intervalos de 10 ± 1 mm a lo largo de la longitud de la muestra entre las líneas de 20 ± 1 mm y 150 ± 1mm. Las marcas que se ensayaron se pueden visualizar en la (fig. 25):



**Figura 20.** Señalización de la muestra para la prueba de absorción de humedad vertical

**Fuente:** Norma AATCC 197 (2003)

Mediante la utilización de la siguiente fórmula, se calcula el índice de absorción de humedad mm/s. Ver [Anexo L](#):

*Fórmula 1.* Fórmula de cálculo del índice de absorción de humedad

$$W = \frac{d(mm)}{t(s)},$$

En donde:

W: Índice de absorción (mm/s)

d: Distancia de absorción (mm)

t= Tiempo de absorción (s)

#### ***3.4.4.3 Prueba de tiempo de secado de los textiles: Método analizador de humedad***

Las pruebas de tiempo de secado de los textiles, siendo este el caso de un no tejido. Esta prueba está determinada por la **NORMA AATCC 199 (2013)**, la cual establece algunos parámetros como el principal y ya observado en las anteriores pruebas, el acondicionamiento de las muestras, siendo  $20^{\circ}\text{C} \pm 1$  la temperatura ambiente y con una humedad relativa de 65%. Las muestras deberán tener una dimensión de 70mm de diámetro, para lo cual es necesario el uso de un sacabocados.

Para esta prueba se considera parámetros esenciales como los pesos iniciales de cada probeta de la muestra correspondiente, siendo para cada una, 5 probetas que servirán para promediar la cantidad de absorción de agua, el peso en húmedo y el tiempo de secado. De acuerdo con la **Norma AATCC 199 (2013)**, **TIEMPO DE SECADO DE LOS TEXTILES: MÉTODO ANALIZADOR DE HUMEDAD**, establece que debe secar las probetas a  $37^{\circ}\text{C} \pm 2$ , y para ello dentro del proceso de preparación de las muestras, en el numeral **9.3**, describe que se debe sumergir dos probetas de 70mm de diámetro en un vaso de precipitado con agua oxigenada durante un minuto, luego en el numeral **9.3.1**, indica que se debe suspender cada probeta en un soporte durante 5 minutos, eliminando el exceso de agua, se pesa estas probetas húmedas y se maneja las siguientes fórmulas **2 y 3**, para determinar el porcentaje de **Retención de Humedad** y lo cual indicará la **Cantidad de agua exacta a adicionar a las probetas** secas restantes. Para esta prueba se pesó cada 10 minutos y se registró los datos hasta que llegue al peso inicial seco de cada probeta. Ver [Anexo M](#).

**Fórmula 2.** Porcentaje de Retención de Humedad

$$RH = \frac{W2 - W1}{W1} * 100$$

**Fuente:** Norma AATCC 199 (2013)

**Donde,**

**RH:** Retención de Humedad (%)

**W2:** Peso saturado (gr)

**W1:** Peso seco (gr)

**Fórmula 3.** Cantidad de agua a añadir a las probetas

$$y = x * W1$$

**Fuente:** Norma AATCC 199 (2013)

**Donde:**

**y:** Cantidad de agua a añadir (ml)

**x:** Retención de humedad (%) = **F3.**

**W1:** Peso seco (gr)

Para realizar el cálculo del % de retención de humedad para cada muestra de las distintas densidades de los no tejidos, aplicamos la **fórmula 2** y posteriormente con el promedio de porcentaje se aplica la **fórmula 3** para obtener la cantidad de agua a dosificar para cada probeta.

**Muestra 01.**

Primero se realiza el procedimiento descrito en el numeral **9.3.1** de esta Norma para las dos primeras muestras, luego se aplica la **Fórmula 2**. Ver cálculo siguiente:

**Probeta 1:** 6,668 gr

**Probeta 2:** 6,988 gr

$$RH1 = \frac{6,668\text{ gr} - 2,573\text{ gr}}{2,573\text{ gr}} * 100 = 159,09\%$$

$$RH2 = \frac{6,988\text{ gr} - 2,723\text{ gr}}{2,723\text{ gr}} * 100 = 156,61\%$$

El porcentaje promedio de absorción de estas dos primeras probetas es **157,85%** que se aplicará para el peso de cada probeta de la **muestra 01** calculando con la **fórmula 3** la cantidad de agua a adicionar. Ver cálculo siguiente:

$$y1 = 1,579 * 2,573\text{ gr} = 4,062\text{ ml}$$

$$y2 = 1,579 * 2,723\text{ gr} = 4,298\text{ ml}$$

$$y3 = 1,579 * 2,876\text{ gr} = 4,540\text{ ml}$$

$$y4 = 1,579 * 2,916\text{ gr} = 4,674\text{ ml}$$

$$y5 = 1,579 * 2,818\text{ gr} = 4,449\text{ ml}$$

#### **Muestra 02.**

Se realiza el procedimiento descrito en el numeral **9.3.1** de esta Norma para las dos primeras muestras, luego se aplica la **Fórmula 2**. Ver cálculo siguiente:

**Probeta 1:** 7,795 gr

**Probeta 2:** 6,533 gr

$$RH1 = \frac{7,795\text{ gr} - 3,495\text{ gr}}{3,495\text{ gr}} * 100 = 123,06\%$$

$$RH2 = \frac{6,533\text{ gr} - 3,146\text{ gr}}{3,146\text{ gr}} * 100 = 119,14\%$$

El porcentaje promedio de absorción de estas dos primeras probetas es **121,10%** que se aplicará para el peso de cada probeta de la **muestra 02** calculando con la **fórmula 3** la cantidad de agua a adicionar. Ver cálculo siguiente:

$$y1 = 1,211 * 3,495\text{ gr} = 4,232\text{ ml}$$

$$y2 = 1,211 * 3,146\text{ gr} = 3,809\text{ ml}$$

$$y3 = 1,211 * 3,637\text{ gr} = 4,405\text{ ml}$$

$$y4 = 1,211 * 3,654 \text{ gr} = 4,425 \text{ ml}$$

$$y5 = 1,211 * 3,055 \text{ gr} = 3,699 \text{ ml}$$

### **Muestra 03.**

Se realiza el procedimiento descrito en el numeral **9.3.1** de esta Norma para las dos primeras muestras, luego se aplica la **Fórmula 2**. Ver cálculo siguiente:

**Probeta 1:** 13,336 gr

**Probeta 2:** 12,065 gr

$$RH1 = \frac{13,336 \text{ gr} - 5,579 \text{ gr}}{5,579 \text{ gr}} * 100 = 139,04\%$$

$$RH2 = \frac{12,065 \text{ gr} - 5,620 \text{ gr}}{5,620 \text{ gr}} * 100 = 125,35\%$$

El porcentaje promedio de absorción de estas dos primeras probetas es **132,19%** que se aplicará para el peso de cada probeta de la **muestra 03** calculando con la **fórmula 3** la cantidad de agua a adicionar. Ver cálculo siguiente:

$$y1 = 1,322 * 5,579 \text{ gr} = 7,374 \text{ ml}$$

$$y2 = 1,322 * 5,620 \text{ gr} = 7,430 \text{ ml}$$

$$y3 = 1,322 * 5,783 \text{ gr} = 7,640 \text{ ml}$$

$$y4 = 1,322 * 5,439 \text{ gr} = 7,189 \text{ ml}$$

$$y5 = 1,322 * 6,010 \text{ gr} = 7,945 \text{ ml}$$

### **Muestra 04.**

Se realiza el procedimiento descrito en el numeral **9.3.1** de esta Norma para las dos primeras muestras, luego se aplica la **Fórmula 2**. Ver cálculo siguiente:

**Probeta 1:** 15,567 gr

**Probeta 2:** 15,456 gr

$$RH1 = \frac{15,567 \text{ gr} - 6,666 \text{ gr}}{6,666 \text{ gr}} * 100 = 133,53\%$$

$$RH2 = \frac{15,456 \text{ gr} - 6,062 \text{ gr}}{6,062 \text{ gr}} * 100 = 154,97\%$$

El porcentaje promedio de absorción de estas dos primeras probetas es **144,25%** que se aplicará para el peso de cada probeta de la **muestra 04** calculando con la **fórmula 3** la cantidad de agua a adicionar. Ver cálculo siguiente:

$$y1 = 1,443 * 6,666 \text{ gr} = 9,616 \text{ ml}$$

$$y2 = 1,443 * 6,062 \text{ gr} = 8,744 \text{ ml}$$

$$y3 = 1,443 * 7,087 \text{ gr} = 10,223 \text{ ml}$$

$$y4 = 1,443 * 6,325 \text{ gr} = 9,124 \text{ ml}$$

$$y5 = 1,443 * 7,060 \text{ gr} = 10,184 \text{ ml}$$

### **3.5 Sustitución de Unicel y prueba como balsa flotante**

De acuerdo con el objeto de esta investigación que es utilizar la fibra de coco, como alternativa amigable con el ambiente. A continuación, se prepara una muestra de cómo sería la aplicación del No Tejido de fibra de coco en un recipiente con solución nutritiva para cultivar lechugas del tipo Sativas Crispas incrustadas en la base de no tejido que está suspendido sobre el nivel del agua, ver Anexo , en este caso debido que el no tejido no es un material flotante, sino más bien, absorbe gran cantidad de agua y posee poros por los cuales la raíz se va a mantener oxigenada y en condiciones menos costosas, con respecto a la instalación de sistemas de recirculación de agua.

#### **3.5.1 Adaptación de balsa en un recipiente**

Para este objetivo práctico, se fabricó una caja de dimensiones (38cm x 35cm x 15cm), a la cual se la debe revestir con una o dos capas de plástico negro para evitar la filtración de agua, Ver [Anexo N](#). Cabe recalcar que el recipiente en el que se coloque la solución puede ser, de

plástico, madera, metálico o lo que se encuentre al alcance del interesado, (si reutilizamos recipientes descartados para usos iniciales sería lo ideal, aplicarlos en este tipo de usos agrícolas).

Posterior a la impermeabilización del recipiente, se llena el mismo con agua de la llave aproximadamente con 5000ml de agua, en la cual se vierte 6,25 ml de fertilizante o enraizador adecuado para cualquier tipo de cultivo, que resulta más amplia la aplicación y barata. Se mezcla con agitador y se reserva para posteriormente colocar las plantas de lechuga sobre estas.

### **3.5.2 Inserción de plantas para cultivo hidropónico**

A continuación, se realiza pequeños hoyos u orificios acordes al diámetro de la raíz de la planta para poder introducirlos. Para la primera muestra de plantación se insertó dos plantas de lechuga germinada, de entre 6 a 9cm de alto. Una vez soportadas las plántulas en la estructura del No Tejido, y observando que las raíces sobresalgan, se monta sobre la solución nutritiva, tomando en cuenta que la raíz esté en contacto con la misma y exista una separación mínima de 7cm con el fondo del recipiente.

Constantemente cada 6 u 8 horas se debe agitar el agua retirando el no tejido, para provocar burbujas de oxígeno en la solución nutritiva, esto garantiza que el agua tenga las condiciones similares a colocar un sistema de recirculación de agua. Para la comparación de un cultivo hidropónico convencional de raíz flotante, se construyó un modelo de muestra similar al anterior descrito, con la diferencia que, en vez del no tejido de fibra de coco, se utiliza el UNICEL o conocido también como “Espuma Flex”. Ver [Anexo O](#).

Siguiendo los mismos pasos anteriores, se corta un pedazo que quepa en el recipiente y se realiza dos hoyos también para plantar dos lechugas de la misma especie. Este material como ya se describió, es impermeabilizado y por la baja densidad que tiene soporta sin problema las plántulas sobre la solución nutritiva, flotando sobre esta. El Unicel al no tener poros que ayuden a la circulación del oxígeno a la raíz, debe considerarse agitar con más frecuencia la solución de esta muestra.

## CAPÍTULO IV

### 4. Resultados y Discusión de Resultados

#### 4.1 Resultados

En el siguiente capítulo, se detalla los análisis con base en las normas adoptadas para ser realizadas en los laboratorios de la Planta Académica Textil, mismos resultados que se sintetizaron en tablas y gráficos para su respectiva explicación y discusión.

##### *4.1.1 Determinación a la resistencia a la tracción y el alargamiento según la Norma ISO 13934-2 (2014).*

En la **tabla 11** se especifica los detalles generales del ensayo realizado.

**Tabla 10.**  
Detalles del ensayo

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Nombre del Analista	Pablo Ayala
Referencia	No Tejido 50/50
Material	Fibra de coco
Probetas	5
Direcciones requeridas	MD
Plan de mordaza	T27
Separación de mordazas	100,00mm
Ganancia de control de fuerza	25
Célula de carga	5000N
Detección de rotura	10%
Pretensión	2,00N
Velocidad	100,00mm/min

**Fuente:** Dinamómetro del Laboratorio CITEX

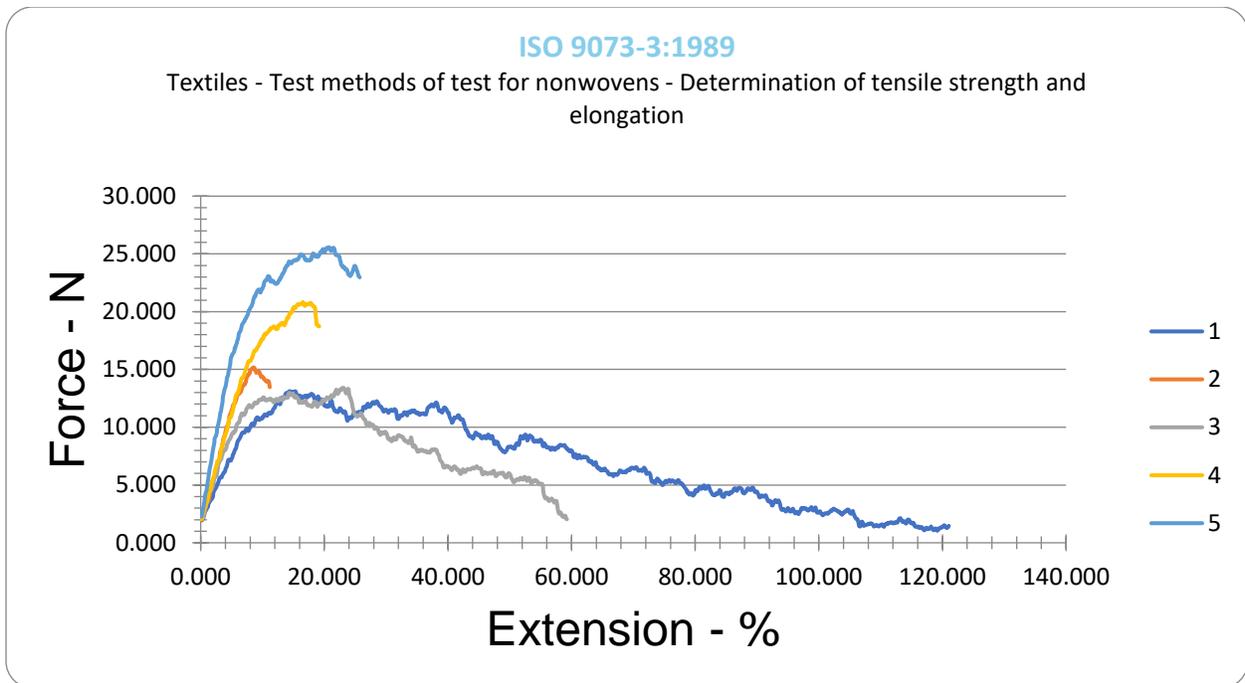
## Muestra 01.

En la **tabla 12** y la **figura 21**, se puede observar el resultado del ensayo de tracción y alargamiento del No Tejido de fibra de coco con un adosado de caucho natural a una relación 1:1 (50gr/50ml).

**Tabla 11.**  
Resultado de Tracción y Alargamiento de la **muestra 01**

<b>Probeta</b>	<b>Fuerza máxima (N)</b>	<b>Extensión (%)</b>
1	13.13	14.43
2	15.18	8.52
3	13.42	22.94
4	20.83	16.52
5	25.58	20.81
<b>Media</b>	<b>17.62</b>	<b>16.65</b>
Min	13.13	8.52
Max	25.58	22.94
Rango	12.45	14.42
Mediana	15.18	16.52
Desviación típica	5.42	5.66
Límites de confianza	±6,72	±7,01
Coefficiente de Variación	30.74%	33.97%

**Fuente:** Dinamómetro del Laboratorio CITEX



**Figura 21.** Relación de Fuerza y Alargamiento para los resultados de la **muestra 01**

**Fuente:** Dinamómetro del Laboratorio CITEX

**Observaciones:** Se puede observar que el promedio de fuerza a la cual resistió este no tejido de fibra de coco con un adosamiento de 1:1 (50gr/50ml), fue de 17,62N con un alargamiento de hasta el 16,65%; si bien no resulta ser adecuado para tracciones mayores a estos valores, pero la finalidad de manipulación del No Tejido es suficiente en el área de cultivo hidropónico, donde no se realizará mayor acción que levantar las balsas para la cosecha de las plantas.

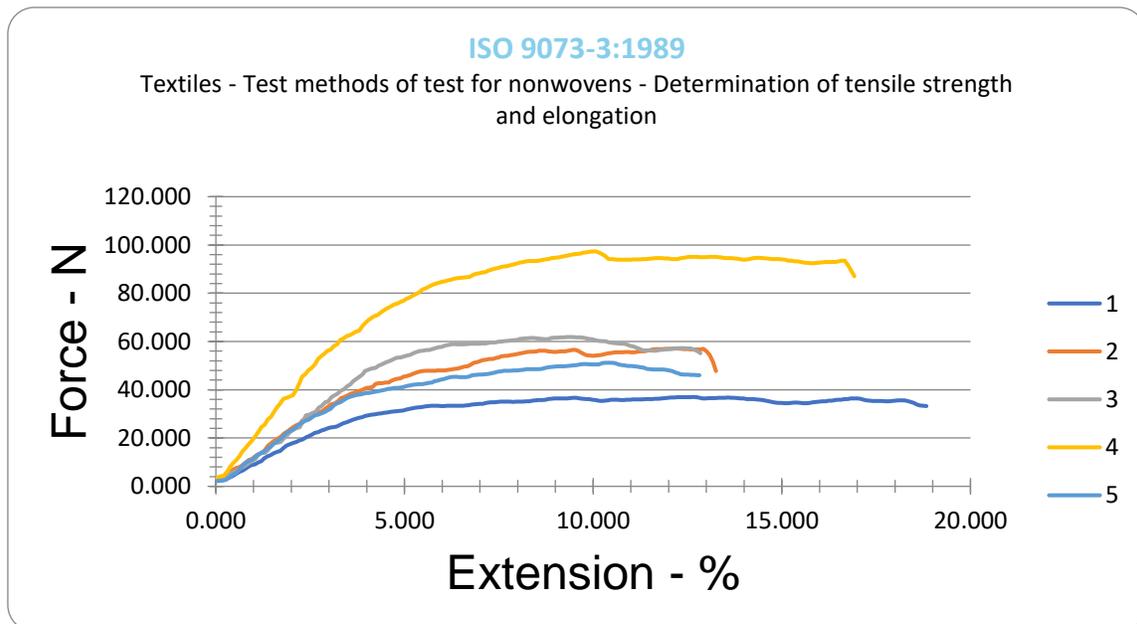
### **Muestra 02.**

En la **tabla 13** y **la figura 22**, se aprecia el resultado del ensayo de tracción y alargamiento del No Tejido de fibra de coco con un adosado de caucho natural a una relación 1:2 (50gr/100ml).

**Tabla 12.**  
Resultado de Tracción y Alargamiento de la **muestra 02**

<b>Probeta</b>	<b>Fuerza máxima (N)</b>	<b>Extensión (%)</b>
1	37.02	12.65
2	57.09	12.25
3	61.83	9.48
4	97.33	9.98
5	51.19	10.41
<b>Media</b>	<b>60.89</b>	<b>10.95</b>
Min	37.02	9.48
Max	97.33	12.65
Rango	60.31	3.17
Mediana	57.09	10.41
Desviación típica	22.4	1.41
Límites de confianza	±27,77	±1,75
Coefficiente de Variación	36.79%	12.88%

**Fuente:** Dinamómetro del Laboratorio CITEX



**Figura 22.** Relación de Fuerza y Alargamiento para los resultados de la **muestra 02**

**Fuente:** Dinamómetro del Laboratorio CITEX

**Observaciones:** En estos resultados obtenidos para el No Tejido de fibra de coco del mismo gramaje, pero con una relación de adosamiento de 1:2 (50gr/100ml), se observa que la capacidad de rotura se ha incrementado casi 4 veces más, siendo los promedios de tracción 60,89N con un alargamiento de 10,95%.

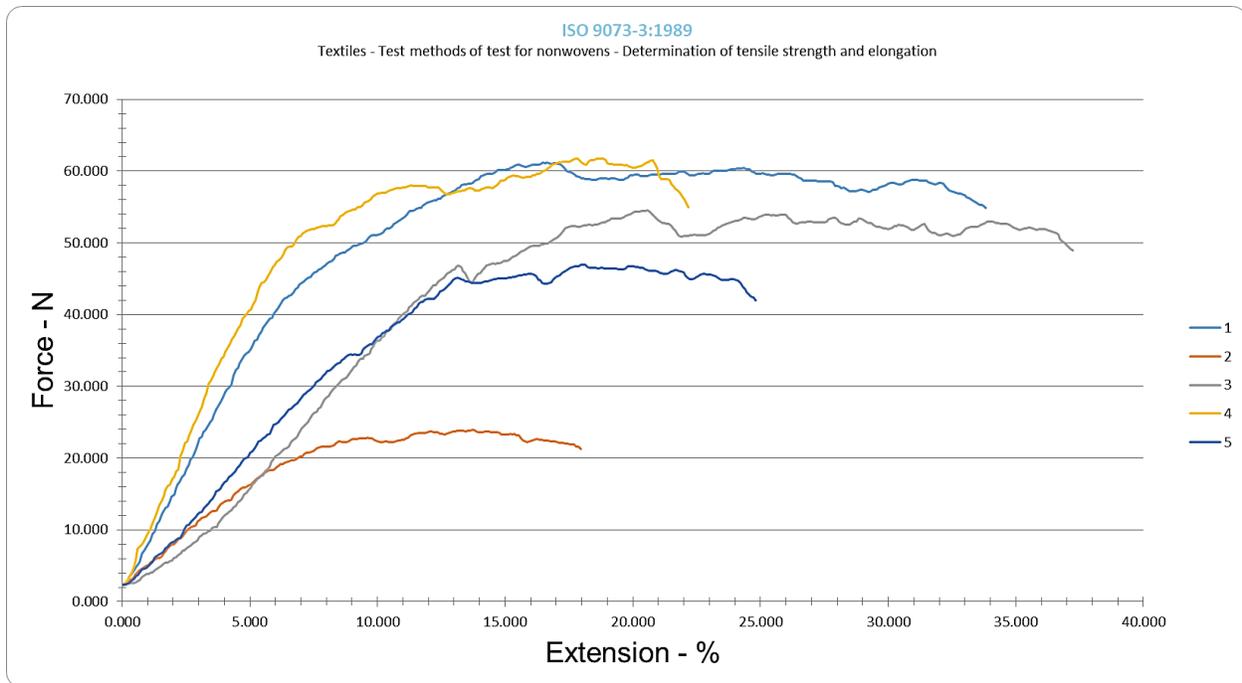
**Muestra 03.**

En la **tabla 14 y la figura 23**, se detalla el resultado del ensayo de tracción y alargamiento del No Tejido de fibra de coco con un adosado de caucho natural a una relación 1:1 (100gr/100ml).

**Tabla 13.**  
Resultado de Tracción y Alargamiento de la **muestra 03**

<b>Probeta</b>	<b>Fuerza máxima (N)</b>	<b>Extensión (%)</b>
1	61.18	16.65
2	23.94	13.7
3	54.51	20.58
4	61.77	18.68
5	46.97	18.05
<b>Media</b>	<b>49.67</b>	<b>17.53</b>
Min	23.94	13.7
Max	61.77	20.58
Rango	37.82	6.88
Mediana	54.51	18.05
Desviación típica	15.58	2.57
Límites de confianza	±19,32	±3,18
Coefficiente de Variación	31.37%	14.64%

**Fuente:** Dinamómetro del Laboratorio CITEX



**Figura 23.** Relación de Fuerza y Alargamiento para los resultados de la **muestra 03**

**Fuente:** Dinamómetro del Laboratorio CITEX

**Observaciones:** En el no tejido de fibra de coco con una relación 1:1 (100gr/100ml) se puede observar que a pesar de tener la misma concentración que la primera muestra, tiene mejor capacidad de resistencia a la tracción por su densidad, siendo de un promedio de 49,67N y de alargamiento 17,53%.

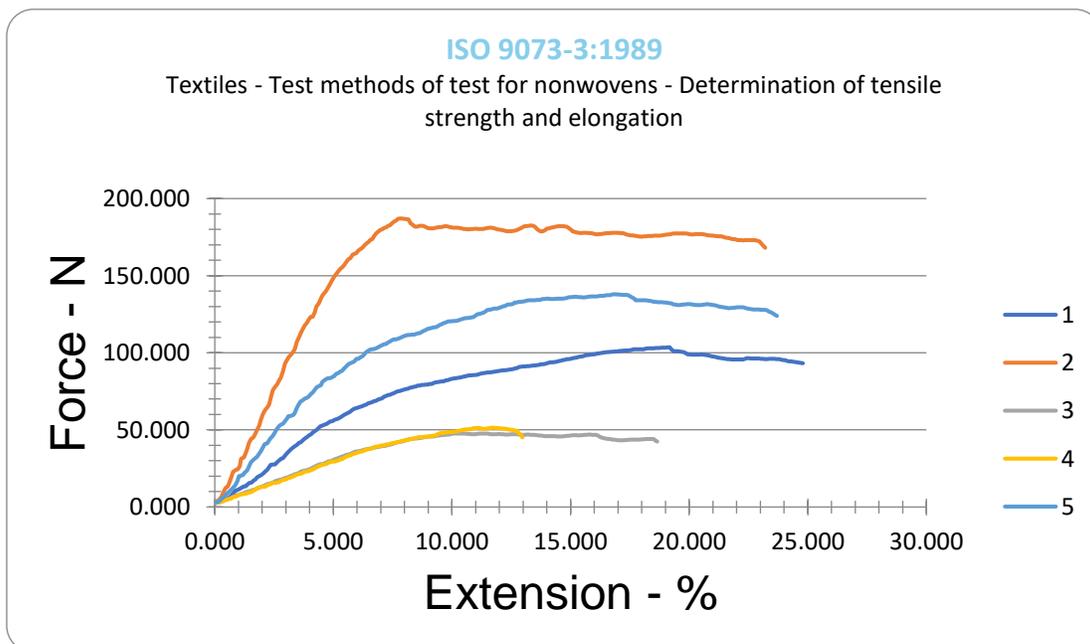
#### **Muestra 04.**

En la **tabla 15** y la **figura 24**, se observa el resultado del ensayo de tracción y alargamiento del No Tejido de fibra de coco con un adosado de caucho natural a una relación 1:2 (100gr/200ml).

**Tabla 14.**  
Resultado de Tracción y Alargamiento de la **muestra 04**

Probeta	Fuerza máxima (N)	Extensión (%)
1	103.59	19.17
2	187.05	7.89
3	47.66	10.15
4	51.41	11.73
5	137.9	16.92
<b>Media</b>	<b>105.52</b>	<b>13.17</b>
Min	47.66	7.89
Max	187.05	19.17
Rango	139.39	11.28
Mediana	103.59	11.73
Desviación típica	59.11	4.72
Límites de confianza	±73,28	±5,85
Coefficiente de Variación	56.01%	35.84%

**Fuente:** Dinamómetro del Laboratorio CITEX



**Figura 24.** Relación de Fuerza y Alargamiento para los resultados de la **muestra 04**  
**Fuente:** Dinamómetro del Laboratorio CITEX

**Observaciones:** Para esta relación 1:2 (100gr/200ml) del no tejido de fibra de coco se observa en los resultados de la tabla y la figura que existe una brecha grande de diferencias en cuanto a la resistencia a la tracción, esto se debe en gran parte a la distribución no homogénea de la aplicación del látex sobre el colchón de fibra, teniendo mayor concentración en ciertas zonas y muy poca concentración en otras. Sin embargo, como balsa y resultado promedio de 105,52 N y alargamiento de 13,17% funciona bastante bien.

#### **4.1.2 Absorción de humedad Vertical**

Para la determinación del índice de absorción vertical es necesario medir la distancia de humedad que ha sido absorbida durante 30 minutos de ensayo para las 5 probetas de cada muestra. En la **tabla 16**, se describe las distancias de humedad en (mm) que corresponden a cada muestra.

**Tabla 15.**  
Peso inicial de las muestras secas para prueba de absorción vertical

	<b>Probeta 01</b>	<b>Probeta 02</b>	<b>Probeta 03</b>	<b>Probeta 04</b>	<b>Probeta 05</b>
<b>M1</b>	2,644 gr	2,831 gr	2,989 gr	3,078 gr	2,929 gr
<b>M2</b>	3,633 gr	3,270 gr	3,780 gr	3,798 gr	3,176 gr
<b>M3</b>	5,799 gr	5,842 gr	6,011 gr	5,659 gr	6,247 gr
<b>M4</b>	6,929 gr	6,301 gr	7,367 gr	6,575 gr	7,339 gr

**Fuente:** Autor

En la **tabla 17** se registra la distancia en (*mm*) de absorción de humedad. Siendo en este caso registrado solamente la medida de sumersión directa de las muestras, debido que ninguna superó esa medida de absorción vertical.

**Tabla 16.**

Resultados de absorción vertical

Tiempo de prueba de absorción (30min)	Distancia (mm)			
	M1	M2	M3	M4
Probeta 01	5mm	5mm	5mm	5mm
Probeta 02	5mm	5mm	5mm	5mm
Probeta 03	5mm	5mm	5mm	5mm
Probeta 04	5mm	5mm	5mm	5mm
Probeta 05	5mm	5mm	5mm	5mm
<b>PROMEDIO</b>	<b>5mm</b>	<b>5mm</b>	<b>5mm</b>	<b>5mm</b>

Fuente: Autor

Para conocer el peso final de absorción, se pesó cada probeta, para lo cual en la **tabla 18** se detallan los registros de peso luego de 30 min de exposición en humedad.

**Tabla 17.**

Peso final de las muestras húmedas de la prueba de absorción vertical

	Probeta 01	Probeta 02	Probeta 03	Probeta 04	Probeta 05	PROMEDIO
<b>M1</b>	2,843 gr	3,044 gr	3,214 gr	3,310 gr	3,149 gr	3,112 gr
<b>M2</b>	3,868 gr	3,481 gr	4,024 gr	4,043 gr	3,381 gr	3,759 gr
<b>M3</b>	6,191 gr	6.237 gr	6,417 gr	6,042 gr	6,669 gr	6,311 gr
<b>M4</b>	7,420 gr	6,748 gr	7,889 gr	7,041 gr	7,859 gr	7,391 gr

Fuente: Autor

Se calcula el índice de absorción de humedad vertical mediante la **fórmula 1** con los promedios de las distancias de cada muestra de la **tabla 17** para el tiempo de 30min (**1800 segundos**):

**Tabla 18.**

Índice de absorción de humedad mediante fórmula 1

<b>Tiempo de prueba de absorción (30min)</b>	<b>Índice de Absorción %</b>
	<b>Promedio obtenido</b>
Muestra 01	0,277 %
Muestra 02	0,277 %
Muestra 03	0,277 %
Muestra 04	0,277 %

Fuente: Autor

Como se puede observar, las probetas de cada muestra del no tejido de fibra de coco no cumplieron con los estándares que establece la Norma AACTT 197. Como se dio a conocer claramente en la descripción de procedimiento de esta Norma, existe un rango de tiempo (30 min) en donde se establece si la prueba continúa o se da como prueba finalizada. Como resultado cada una de las 5 muestras no absorbieron ninguna cantidad de humedad más que los 5mm de contacto directo con el agua destilada, por ende, cada una de ellas se les dará un valor de cero.

#### ***4.1.3 Tiempo de secado: Método Analizador de humedad***

##### **Muestra 01.**

En la **tabla 20**, se puede observar los pesos en seco de las probetas de la **muestra 1**, obtenidos con la balanza electrónica con los parámetros de acondicionamiento.

**Tabla 19.**Pesos en seco de las probetas de la **muestra 01**

<b>Probeta 1</b>	<b>Probeta 2</b>	<b>Probeta 3</b>	<b>Probeta 4</b>	<b>Probeta 5</b>
2,573 gr	2,723 gr	2,876 gr	2,961 gr	2,818 gr

Fuente: Autor

El porcentaje promedio de estas dos probetas sería **157,85%** para lo que se debe calcular la cantidad de agua con la **fórmula 3** para todas las probetas. Los resultados se encuentran detallados en la **Tabla 21**.

**Tabla 20.**  
Cantidad de agua a adicionar a cada probeta de la **muestra 01**

<b>Probeta 1</b>	<b>Probeta 2</b>	<b>Probeta 3</b>	<b>Probeta 4</b>	<b>Probeta 5</b>
4,062 ml	4,298 ml	4,540 ml	4,674 ml	4,449 ml

Fuente: Autor

A continuación, en la **tabla 22** se detalla los parámetros y tiempos registrado de secado que corresponden a la muestra 01.

**Tabla 21.**  
Pesaje y tiempo de secado de cada probeta de la **muestra 01**

<b>MUESTRA 01</b>	<b>PESO HÚMEDO:</b>		<b>CANTIDAD DE AGUA POR EVAPORARSE:</b>			<b>PROMEDIO</b>
	<b>PROBETA 1</b>	<b>PROBETA 2</b>	<b>PROBETA 3</b>	<b>PROBETA 4</b>	<b>PROBETA 5</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>PESO SECO INICIAL:</b>	2,573 gr	2,723 gr	2,876 gr	2,961 gr	2,818 gr	
<b>PESO HÚMEDO INICIAL:</b>	6,636 gr	7,021 gr	7,416 gr	7,635 gr	7,267 gr	
<b>TIEMPO (min)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	
00:15:00	6,296 gr	6,741 gr	6,761 gr	6,551 gr	7,021 gr	
00:20:00	5,898 gr	6,475 gr	6,194 gr	5,925 gr	6,661 gr	

00:30:00	5,607 gr	6,178 gr	5,101 gr	5,600 gr	6,341 gr
00:40:00	5,318 gr	5,901 gr	4,873 gr	4,901 gr	6,078 gr
00:50:00	5,114 gr	5,676 gr	4,741 gr	4,733 gr	5,848 gr
01:00:00	4,938 gr	5,499 gr	4,602 gr	4,567 gr	5,617 gr
01:10:00	4,734 gr	5,346 gr	4,436 gr	4,396 gr	5,443 gr
01:20:00	4,569 gr	5,133 gr	4,289 gr	4,228 gr	5,286 gr
01:30:00	4,419 gr	4,966 gr	4,164 gr	4,095 gr	5,141 gr
01:40:00	4,263 gr	4,787 gr	4,037 gr	3,959 gr	4,986 gr
01:50:00	4,095 gr	4,603 gr	3,887 gr	3,801 gr	4,632 gr
02:00:00	3,960 gr	4,467 gr	3,785 gr	3,697 gr	4,445 gr
02:10:00	3,816 gr	4,312 gr	3,666 gr	3,578 gr	4,295 gr
02:20:00	3,671 gr	4,162 gr	3,547 gr	3,463 gr	4,139 gr
02:30:00	3,538 gr	4,015 gr	3,439 gr	3,358 gr	3,991 gr
02:40:00	3,411 gr	3,872 gr	3,346 gr	3,271 gr	3,849 gr
02:50:00	3,292 gr	3,730 gr	3,258 gr	3,188 gr	3,713 gr
03:00:00	3,187gr	3,604 gr	3,177 gr	3,121 gr	3,585 gr
03:10:00	3,068 gr	3,421 gr	3,100 gr	3,063 gr	3,44 gr
03:20:00	2,986 gr	3,352 gr	3,049 gr	3,021 gr	3,33 gr
03:30:00	2,897 gr	3,236 gr	3,001 gr	2,985 gr	3,218 gr
03:40:00	2,806 gr	3,129 gr	2,961 gr	2,960 gr	3,118 gr
03:50:00	2,741 gr	3,038 gr	2,932 gr		3,035 gr
04:00:00	2,683 gr	2,959 gr	2,907 gr		2,962 gr
04:10:00	2,635 gr	2,892 gr	2,882 gr		2,904 gr
04:20:00	2,599 gr	2,835 gr	2,875 gr		2,851 gr
04:30:00	2,572 gr	2,798 gr			2,818 gr
04:40:00		2,742 gr			
04:50:00		2,722 gr			

---

<b>TIEMPO</b>						
<b>EMPLEADO</b>	270 min	290 min	260 min	220 min	270 min	262 min
<b>CANTIDAD</b>						
<b>DE AGUA</b>	4,064 ml	4,299 ml	4,541 ml	4,675 ml	4,448 ml	
<b>EVAPORADA</b>						

---

Fuente: Autor

## Muestra 02.

En la **tabla 23**, se puede observar los pesos en seco de las probetas de la **muestra 2**, obtenidos con la balanza electrónica con los parámetros de acondicionamiento.

**Tabla 22.**  
Pesos en seco de las probetas de la **muestra 02**

<b>Probeta 1</b>	<b>Probeta 2</b>	<b>Probeta 3</b>	<b>Probeta 4</b>	<b>Probeta 5</b>
3,495 gr	3,146 gr	3,637 gr	3,654 gr	3,055 gr

Fuente: Autor

El porcentaje promedio de estas dos probetas sería **121,10%** para lo que se debe calcular la cantidad de agua con la **fórmula 3** para todas las probetas. Los resultados se encuentran detallados en la **Tabla 24**.

**Tabla 23.**  
Cantidad de agua a adicionar a cada probeta de la **muestra 02**

<b>Probeta 1</b>	<b>Probeta 2</b>	<b>Probeta 3</b>	<b>Probeta 4</b>	<b>Probeta 5</b>
4,232 ml	3,809 ml	4,405 ml	4,425 ml	3,699 ml

Fuente: Autor

A continuación, en la **tabla 25** se detalla los parámetros y tiempos registrado de secado que corresponden a la muestra 02.

**Tabla 24.**

Pesaje y tiempo de secado de cada probeta de la **muestra 02**

<b>MUESTRA 01</b>	<b>PESO</b>		<b>CANTIDAD DE AGUA</b>		<b>PROMEDIO</b>
	<b>HÚMEDO:</b>	7,509 gr	<b>POR EVAPORARSE:</b>		
	<b>PROBETA</b>	<b>PROBETA</b>	<b>PROBETA</b>	<b>PROBETA</b>	<b>PROBETA</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>PESO SECO INICIAL:</b>	3,495 gr	3,146 gr	3,637 gr	3,654 gr	3,055 gr
<b>PESO HÚMEDO INICIAL:</b>	7,725 gr	6,946 gr	8,041 gr	8,079 gr	6,754 gr
<b>TIEMPO (min)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>
00:15:00	7,094 gr	6,555 gr	6,865 gr	7,776 gr	5,070 gr
00:20:00	6,748 gr	6,267 gr	6,510 gr	6,873 gr	4,68 8 gr
00:30:00	6,541 gr	6,130 gr	5,840 gr	6,293 gr	4,349 gr
00:40:00	6,30 7 gr	5,976 gr	5,651 gr	6,000 gr	4,224 gr
00:50:00	6,122 gr	5,743 gr	5,495 gr	5,745 gr	3,945 gr
01:00:00	5,975 gr	5,580 gr	5,340 gr	5,590 gr	3,856 gr
01:10:00	5,813 gr	5,408 gr	5,124 gr	5,317 gr	3,705 gr
01:20:00	5,660 gr	5,228 gr	4,939 gr	5,138 gr	3,579 gr
01:30:00	5,499 gr	5,069 gr	4,807 gr	4,989 gr	3,474 gr
01:40:00	5,279 gr	4,773 gr	4,614 gr	4,752 gr	3,322 gr
01:50:00	5,148 gr	4,665 gr	4,506 gr	4,632 gr	3,239 gr
02:00:00	5,029 gr	4,504 gr	4,409 gr	4,527 gr	3,170 gr
02:10:00	4,919 gr	4,407 gr	4,332 gr	4,439 gr	3,117 gr
02:20:00	4,816 gr	4,318 gr	4,201 gr	4,351 gr	3,069 gr
02:30:00	4,713 gr	4,233 gr	4,198 gr	4,278 gr	3,056 gr
02:40:00	4,605 gr	4,1447 gr	4,126 gr	4,199 gr	
02:50:00	3,875 gr	3,662 gr	3,845 gr	3,914 gr	
03:00:00	3,550 gr	3,385 gr	3,712 gr	3,779 gr	

03:10:00	3,492 gr	3,144 gr	3,638 gr	3,653 gr		
<b>TIEMPO EMPLEADO</b>	180min	180 min	180 min	180 min	150 min	174 min
<b>CANTIDAD DE AGUA EVAPORADA</b>	4,233 ml	3,802 ml	4,403 ml	4,426 ml	3,698 ml	

**Fuente:** Autor

### Muestra 03.

En la **tabla 26**, se puede observar los pesos en seco de las probetas de la **muestra 3**, obtenidos con la balanza electrónica con los parámetros de acondicionamiento.

**Tabla 25.**  
Pesos en seco de las probetas de la **muestra 03**

<b>Probeta 1</b>	<b>Probeta 2</b>	<b>Probeta 3</b>	<b>Probeta 4</b>	<b>Probeta 5</b>
5,579 gr	5,620 gr	5,783 gr	5,439 gr	6,010 gr

**Fuente:** Autor

El porcentaje promedio de estas dos probetas sería **132,19%** para lo que se debe calcular la cantidad de agua con la **fórmula 3** para todas las probetas. Los resultados se encuentran detallados en la **tabla 27**.

**Tabla 26.**  
Cantidad de agua a adicionar a cada probeta de la **muestra 03**

<b>Probeta 1</b>	<b>Probeta 2</b>	<b>Probeta 3</b>	<b>Probeta 4</b>	<b>Probeta 5</b>
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

7,374 ml	7,430 ml	7,640 ml	7,189 ml	7,945 ml
----------	----------	----------	----------	----------

Fuente: Autor

A continuación, en la **Tabla 28** se detalla los parámetros y tiempos registrado de secado que corresponden a la muestra 03.

**Tabla 27.**

Pesaje y tiempo de secado de cada probeta de la **muestra 03**

MUESTRA 01	PESO HÚMEDO:		CANTIDAD DE AGUA POR EVAPORARSE:			PROMEDIO
	13,202 gr		7,516 ml			
	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	
	1	2	3	4	5	
<b>PESO SECO INICIAL:</b>	5,579 gr	5,620 gr	5,783 gr	5,439 gr	6,010 gr	
<b>PESO HÚMEDO INICIAL:</b>	12,953 gr	13,050 gr	13,423 gr	12,628 gr	13,955 gr	
<b>TIEMPO (min)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	
00:15:00	12,430 gr	12,285 gr	10,857 gr	10,219 gr	13,414 gr	
00:20:00	12,232 gr	12,151 gr	10,469 gr	9,620 gr	12,945 gr	
00:30:00	11,940 gr	11,842 gr	10,038 gr	9,188 gr	12,492 gr	
00:40:00	11,795 gr	11,723 gr	9,704 gr	8,982 gr	12,195 gr	
00:50:00	11,631 gr	11,370 gr	9,302 gr	8,607 gr	11,843 gr	
01:00:00	11,433 gr	11,041 gr	8,956 gr	8,343 gr	11,490 gr	
01:10:00	11,249 gr	10,744 gr	8,673 gr	8,132 gr	11,067 gr	
01:20:00	10,969 gr	10,407 gr	8,447 gr	7,903 gr	10,791 gr	
01:30:00	10,774 gr	10,241 gr	8,239 gr	7,742 gr	10,556 gr	
01:40:00	10,414 gr	9,931 gr	7,894 gr	7,433 gr	10,157 gr	
01:50:00	10,220 gr	9,692 gr	7,734 gr	7,305 gr	9,945 gr	

02:00:00	10,021 gr	9,499 gr	7,576 gr	7,142 gr	9,742 gr	
02:10:00	9,841 gr	9,340 gr	7,449 gr	6,996 gr	9,565 gr	
02:20:00	9,654 gr	9,151 gr	7,316 gr	6,872 gr	9,384 gr	
02:30:00	9,495 gr	8,976 gr	7,201 gr	6,753 gr	9,216 gr	
02:40:00	9,319 gr	8,828 gr	7,091 gr	6,633 gr	9,044 gr	
02:50:00	7,937 gr	8,296 gr	6,290 gr	6,185 gr	7,938 gr	
03:00:00	7,019 gr	7,877 gr	5,933 gr	5,876 gr	7,280 gr	
03:10:00	5,789 gr	7,125 gr	5,735 gr	5,541 gr	6,473 gr	
03:20:00	5,573 gr	6,511 gr	5,780 gr	5,430 gr	6,202 gr	
03:30:00		5,951 gr			6,079 gr	
03:40:00		5,615 gr			6,005 gr	
<b>TIEMPO EMPLEADO</b>	200 min	220 min	200 min	200 min	220 min	208 min
<b>CANTIDAD DE AGUA EVAPORADA</b>	7,380 ml	7,435 ml	7,643 ml	7,198 ml	7,950 ml	

Fuente: Autor

#### Muestra 04.

En la **tabla 29**, se puede observar los pesos en seco de las probetas de la **muestra 4**, obtenidos con la balanza electrónica con los parámetros de acondicionamiento.

**Tabla 28.**

Pesos en seco de las probetas de la **muestra 04**

<b>Probeta 1</b>	<b>Probeta 2</b>	<b>Probeta 3</b>	<b>Probeta 4</b>	<b>Probeta 5</b>
6,666 gr	6,062 gr	7,087 gr	6,325 gr	7,060 gr

Fuente: Autor

El porcentaje promedio de estas dos probetas sería **144,25%** para lo que se debe calcular la cantidad de agua con la **fórmula 3** para todas las probetas. Los resultados se encuentran detallados en la **Tabla 30**.

**Tabla 29.**  
Cantidad de agua a adicionar a cada probeta de la **muestra 04**

<b>Probeta 1</b>	<b>Probeta 2</b>	<b>Probeta 3</b>	<b>Probeta 4</b>	<b>Probeta 5</b>
9,616 ml	8,744 ml	10,223 ml	9,124 ml	10,184 ml

**Fuente:** Autor

A continuación, en la **Tabla 31** se detalla los parámetros y tiempos registrado de secado que corresponden a la muestra 04.

**Tabla 30.**  
Pesaje y tiempo de secado de cada probeta de la **muestra 04**

<b>MUESTRA 01</b>	<b>PESO HÚMEDO:</b>		<b>CANTIDAD DE AGUA POR EVAPORARSE:</b>			<b>PROMEDIO</b>
	16,217 gr		9,578 ml			
	<b>PROBETA 1</b>	<b>PROBETA 2</b>	<b>PROBETA 3</b>	<b>PROBETA 4</b>	<b>PROBETA 5</b>	
<b>PESO SECO INICIAL:</b>	6,666 gr	6,062 gr	7,087 gr	6,325 gr	7,060 gr	
<b>PESO HÚMEDO INICIAL:</b>	16,282 gr	14,806 gr	17,310 gr	15,449 gr	17,240 gr	
<b>TIEMPO (min)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>PESO (gr)</b>	
00:15:00	14,674 gr	12,774 gr	15,438 gr	13,566 gr	15,511 gr	
00:20:00	13,908 gr	11,856 gr	14,445 gr	12,624 gr	14,656 gr	

00:30:00	12,878 gr	10,619 gr	13,133 gr	11,608 gr	13,450 gr	
00:40:00	11,719 gr	9,304 gr	11,586 gr	10,448 gr	12,121 gr	
00:50:00	10,940 gr	8,590 gr	10,632 gr	9,702 gr	11,256 gr	
01:00:00	10,128 gr	7,916 gr	9,698 gr	8,973 gr	10,320 gr	
01:10:00	9,380 gr	7,258 gr	8,880 gr	8,304 gr	9,551 gr	
01:20:00	8,812 gr	6,893 gr	8,363 gr	7,769 gr	8,912 gr	
01:30:00	8,222 gr	6,373 gr	7,891 gr	7,221 gr	8,331 gr	
01:40:00	7,690 gr	6,122 gr	7,346 gr	6,840 gr	7,842 gr	
01:50:00	7,480 gr	6,061 gr	7,125 gr	6,670 gr	7,603 gr	
02:00:00	7,205 gr		7,085 gr	6,410 gr	7,362 gr	
02:10:00	7,034 gr			6,322 gr	7,210 gr	
02:20:00	6,830 gr				7,109 gr	
02:30:00	6,721 gr				7,109 gr	
02:40:00	6,665 gr				7,061 gr	
<b>TIEMPO EMPLEADO</b>	160 min	110 min	120 min	130 min	160 min	136 min
<b>CANTIDAD DE AGUA EVAPORADA</b>	9,617 ml	8,745 ml	10,222 ml	9,127 ml	10,179 ml	

Fuente: Autor

## 4.2 Discusión de Resultados

### 4.2.1 Resumen de resultados

Luego de observar los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio, se estableció los datos promedio que se presenta en la **tabla 32**.

**Tabla 31.**

Sinterización de resultados de las pruebas de laboratorio

	<b>gr/m<sup>2</sup></b>	<b>Resistencia a la Tracción</b>	<b>Alargamiento</b>	<b>Absorción de humedad</b>	<b>Tiempo de secado</b>	<b>Agua evaporada</b>
M1	636,16	17.62	16.65	0,277	262	4,405
M2	825,89	60.89	10.95	0,277	174	4,109
M3	1238,84	49.67	17.53	0,277	208	7,516
M4	1540,18	105.52	13.17	0,277	136	9,578

Fuente: Autor

#### 4.2.2 Estadística Univariante

El análisis de los valores obtenidos se realizó mediante la estadística descriptiva, a través de los diferentes ensayos realizados al No Tejido de fibra de coco con adosamiento de látex. Se toma en cuenta principalmente el *Error estándar*, la *Desviación estándar* y el *Coefficiente de variación*.

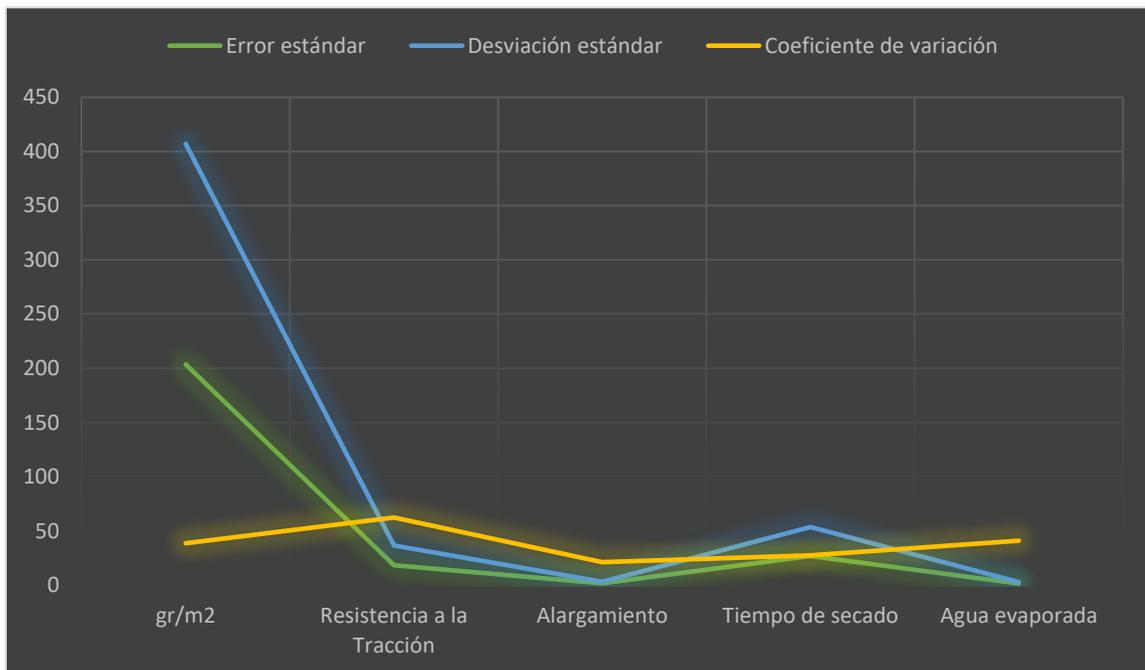
Univariate statistics						
	<b>gr/m2</b>	<b>Resistencia a la T</b>	<b>Alargamiento</b>	<b>Absorción de hur</b>	<b>Tiempo de secad</b>	<b>Agua evaporada</b>
<b>N</b>	4	4	4	4	4	4
<b>Min</b>	636.16	17.62	10.95	0.277	136	4.109
<b>Max</b>	1540.18	105.52	17.53	0.277	262	9.578
<b>Sum</b>	4241.07	233.7	58.3	1.108	780	25.608
<b>Mean</b>	1060.268	58.425	14.575	0.277	195	6.402
<b>Std. error</b>	203.5117	18.179	1.531674	0	26.73948	1.309384
<b>Variance</b>	165668	1321.904	9.3841	0	2860	6.857943
<b>Stand. dev</b>	407.0234	36.358	3.063348	0	53.47897	2.618768
<b>Median</b>	1032.365	55.28	14.91	0.277	191	5.9605
<b>25 prcnil</b>	683.5925	25.6325	11.505	0.277	145.5	4.183
<b>75 prcnil</b>	1464.845	94.3625	17.31	0.277	248.5	9.0625
<b>Skewness</b>	0.2676112	0.4973521	-0.3634256	0	0.3849628	0.4973601
<b>Kurtosis</b>	-2.638374	1.183554	-3.228391	0	-0.2591227	-3.093024
<b>Geom. mean</b>	1000.619	48.69621	14.3235	0.277	189.5017	6.008083
<b>Coeff. var</b>	38.38875	62.23022	21.01782	0	27.42511	40.90546

**Figura 25.** Estadística Univariante de los datos finales de las pruebas al No Tejido

Fuente: Programa estadístico PAST

En la **figura 25** se puede observar que el error estándar del gramaje de las 4 muestras supera en gran cantidad a los demás valores, sin embargo, el coeficiente de variación mayor corresponde a la Resistencia a la Tracción siendo este de 62,23% en comparación al de la Absorción de humedad que tiene una variación cero (0), esto ya que los valores para las 4 muestras en este ensayo son las mismas. Si exceptuamos el valor de la Absorción a la humedad, el mínimo sería para el Alargamiento con un coeficiente de variación del 21,018%. Para los valores de Varianza y Desviación estándar, se encuentran relacionados directamente con las medias de valores de cada muestra.

Para apreciar de forma gráfica la relación entre el coeficiente de variación, el error y la desviación estándar, ver **ilustración 3**.



**Ilustración 3.** Gráfico de relación comparativa entre el Coeficiente de variación, el Error y la Desviación estándar  
Fuente: Autor

En la **ilustración 3** se puede observar como el error y la desviación estándar tienen una curva similar en cuanto a sus valores correspondientes de los resultados de ensayo de laboratorio. Pero el coeficiente de variación muestra que en la resistencia a la tracción existe un pico más alto en comparación con el de alargamiento que sería el menor. En este gráfico no se representa los valores de Absorción de humedad debido que estadísticamente equivalen a cero.

#### 4.2.3 Confiabilidad de datos

En la **figura 27** se muestra la tabla de confiabilidad de datos planteados por el programa PAST 4, obteniéndose los siguientes valores:

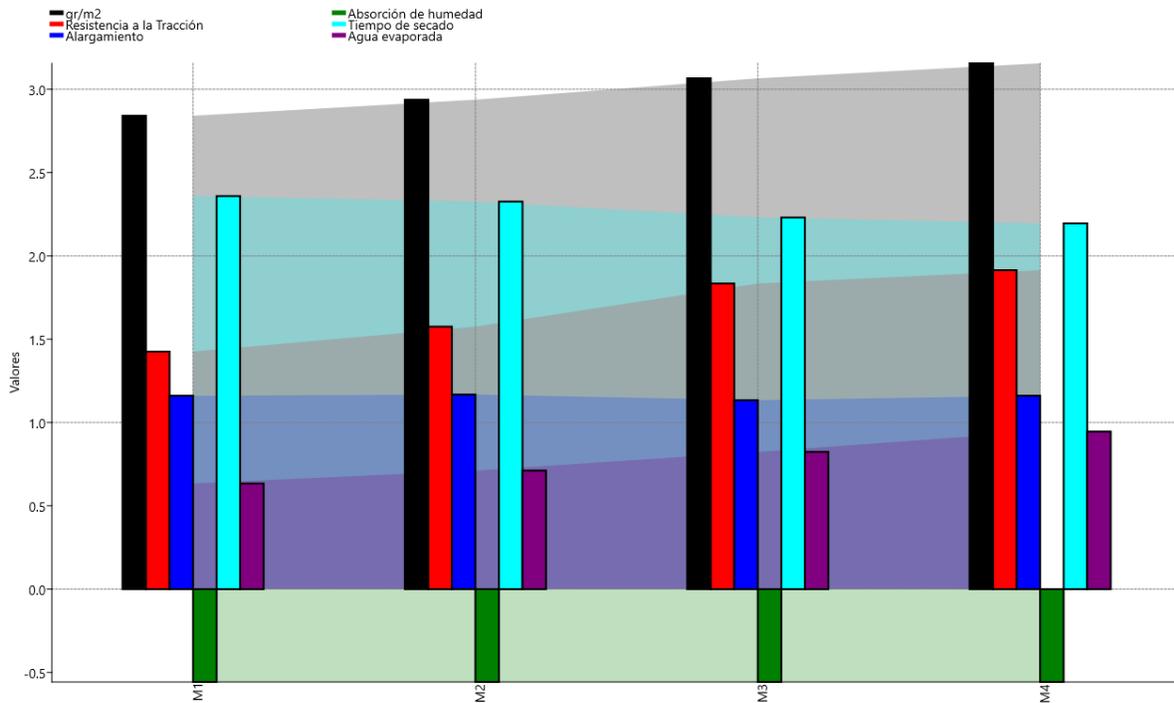
Tests for normal distribution					
	gr/m2	Resistencia a la Tracc	Alargamiento	Tiempo de secado	Agua evaporada
<b>N</b>	4	4	4	4	4
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0.9579	0.978	0.9243	0.9919	0.8888
<b>p(normal)</b>	0.7658	0.8901	0.5612	0.9668	0.3774
<b>Anderson-Darling A</b>	0.2071	0.2043	0.257	0.165	0.3107
<b>p(normal)</b>	0.6607	0.6733	0.4948	0.8375	0.3387
<b>p(Monte Carlo)</b>	0.8039	0.813	0.6149	0.9566	0.4266
<b>Lilliefors L</b>	0.2176	0.223	0.2509	0.154	0.2771
<b>p(normal)</b>	0.7309	0.6969	0.5129	10.06	0.3546
<b>p(Monte Carlo)</b>	0.7669	0.7452	0.5609	0.9776	0.358
<b>Jarque-Bera JB</b>	0.4173	0.236	0.4724	0.287	0.4883
<b>p(normal)</b>	0.8117	0.8887	0.7896	0.8663	0.7834
<b>p(Monte Carlo)</b>	0.6598	0.925	0.5009	0.8562	0.4462

**Figura 26.** Prueba de la Distribución Normal de los datos finales de las pruebas del No Tejido  
**Fuente:** Programa estadístico PAST 4

Se realizó la prueba de normalidad para encontrar la hipótesis nula, utilizando los métodos Shapiro Wilk W, p(normal), Anderson Darling A, p(normal), p(Monte Carlo), Lilliefors L, p(normal), p(Monte Carlo) y Jarque-Bera JB, p(normal), p (Monte Carlo). Encontrando que los valores en todos los métodos son mayores a 0,05; por consecuencia los resultados son respaldados con el 95% de confiabilidad de estos 4 métodos utilizados y se acepta la hipótesis nula.

#### 4.2.4 Análisis gráfico de los resultados obtenidos

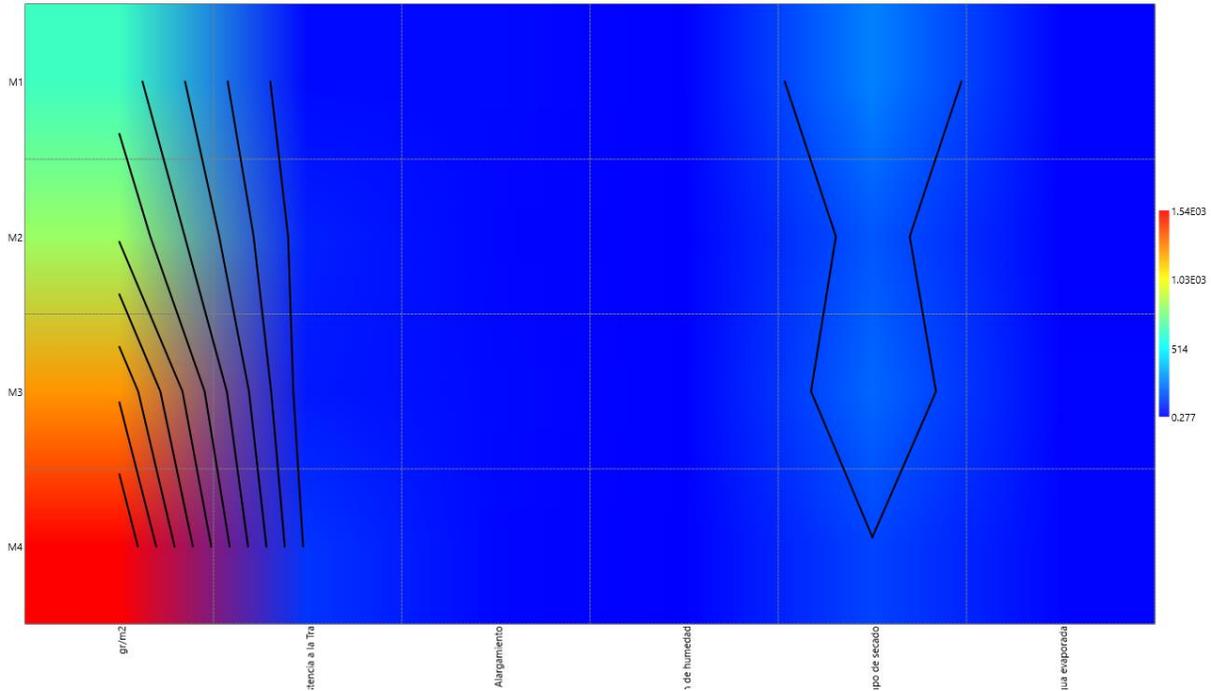
En la **figura26** se observa la comparación general de los valores de los ensayos, representados en barras.



**Figura 27.** Gráfico de barras comparativo de los valores finales  
**Fuente:** Programa Estadístico PAST 4

Como se puede observar en la figura anterior, el gramaje para las 4 muestras es directamente proporcional con los valores de la cantidad de agua evaporada. No así, para la Resistencia a la Tracción, Alargamiento y Tiempo de secado, donde los valores son inversamente proporcionales con relación al gramaje. Finalmente, los valores que corresponden a la absorción de humedad se encuentran aislados de la comparativa de los demás valores ya que estos son los mismos para cada muestra, debido que en los ensayos de laboratorio ninguna muestra presentó absorción mayor a los 5mm sumergidos directamente en agua destilada.

Los resultados de los ensayos de laboratorio para las 4 muestras de No Tejido de fibra de coco, se puede apreciar en la **figura 28**:

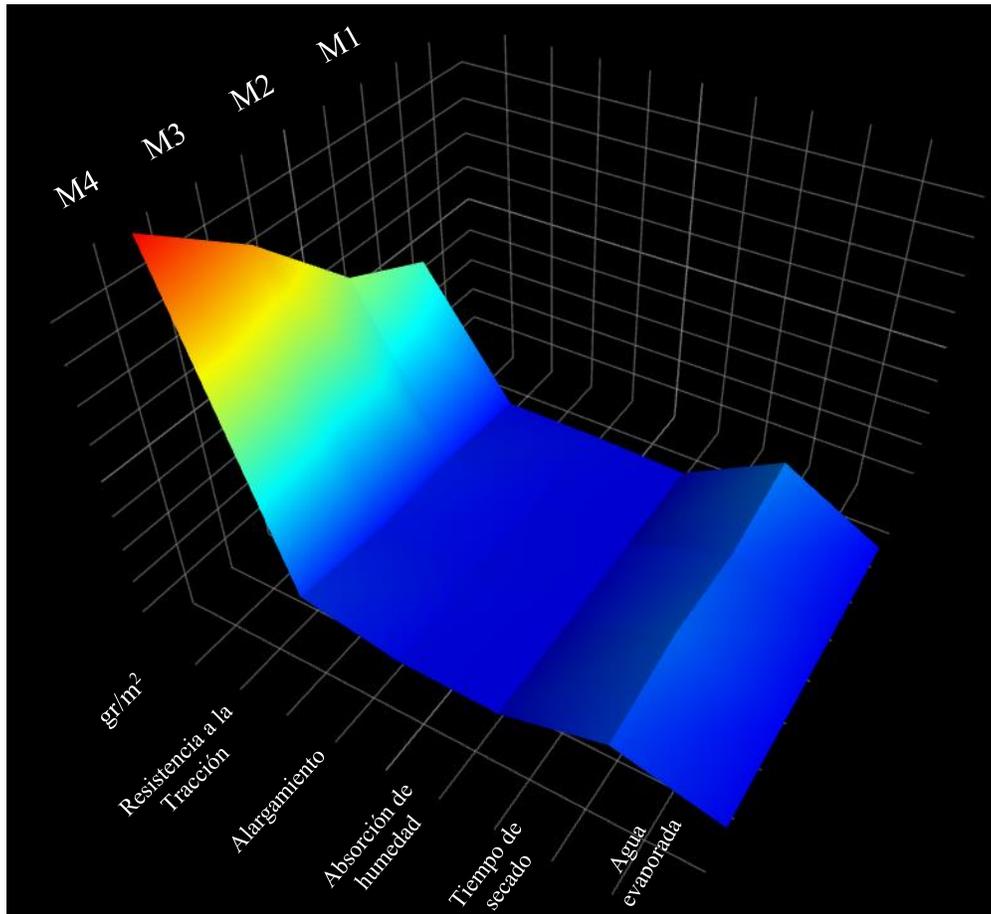


**Figura 28.** Matrix Plot de los resultados finales para las muestras de No Tejido  
**Fuente:** Programa estadístico PAST 4

Esta representación gráfica de los resultados de la **figura 28** indican que, los valores de gramaje son quienes mayor dispersión posee, en forma ascendente desde la muestra 1 hasta la muestra 4 se observa que la coloración de mayor valor corresponde a esta última muestra debido que es la más pesada. En relación con este parámetro, la resistencia a la tracción tiene una leve similitud con los resultados de gramaje; es decir que, a mayor gramaje, mayor resistencia a la tracción y viceversa. Por otro lado, para los valores de Alargamiento, Absorción a la humedad y Cantidad de agua evaporada tienen valores correlacionados y similares. Finalmente, en el parámetro de Tiempo de secado tiende a descender los valores desde la muestra 1 hasta la muestra 4, con relación al gramaje, son inversamente proporcionales, indicando que a menor gramaje

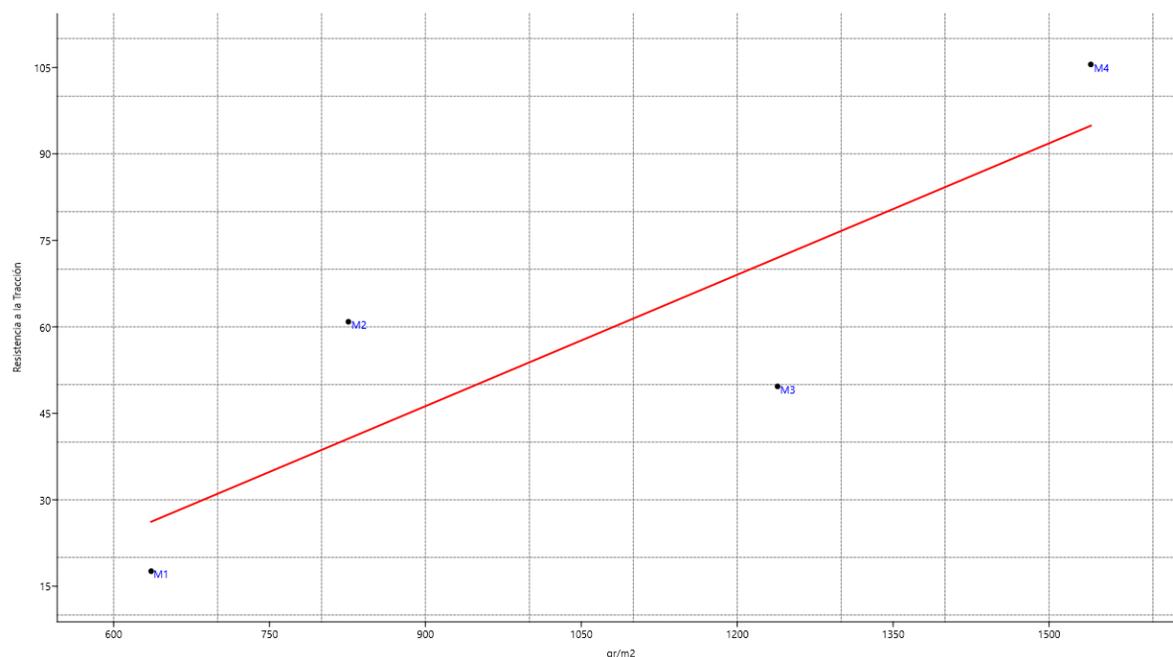
necesita más tiempo de secado, por lo contrario, a mayor gramaje el tiempo de secado empleado va a ser menor.

La representación de la matrix plot de la figura 28, se puede observar de manera tridimensional en la **figura 29**:



**Figura 29.** Matrix plot 3D de los resultados finales del no tejido  
**Fuente:** Programa estadístico PAST 4

Para establecer una relación de parámetros en la **figura 30** se demuestra mediante un gráfico el sentido que tiene la resistencia a la tracción con respecto al gramaje de las 4 muestras.



**Figura 30.** Gráfico de relación entre la Resistencia a la Tracción y el gramaje de las muestras del No Tejido  
**Fuente:** Programa estadístico PAST 4

Como se puede observar en la **figura 30** la pendiente de relación entre la Resistencia a la Tracción y el gramaje es directamente proporcional, correspondiendo que para la muestra 1 se le da un valor cercano a 30N, para la muestra 3 un valor cercano a los 50N; mientras que para la muestra 2 aproximadamente 60N y para la muestra 4 por encima de los 100N. Si bien los valores de las muestras 2 y 3 son contrarios a la pendiente, esto se debe que la relación de adosamiento de látex es predominante en este ensayo, ya que para la muestra dos tiene una relación 1:2 mientras que para la muestra 3, una relación 1:1. Sugiriendo que la cantidad proporcional de látex en el No Tejido evidencia la capacidad que tiene para resistir actividades de tracciones longitudinales. Es por ello por lo que para la muestra 4 tiene una relación 1:2 (100gr de fibra de coco/200ml de disolución de látex), con esto comprobamos que, a mayor densidad y relación, la resistencia aumenta considerablemente.

## CAPÍTULO V

### 5. Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1 Conclusiones

- En la **tabla 5**, Barcelona, (s/f) en su sección de *Materiales* se da a conocer algunas propiedades del látex natural, para el proceso de utilización en este proyecto, se tomó en cuenta la densidad, pH y temperatura máxima útil; en primer lugar la densidad es un factor determinante para formular una disolución en agua del látex para que no se seque de inmediato y permita empapar completamente las fibras de coco, el pH fue necesario medirlo para igualar las condiciones de la solución nutritiva para las plantas y que estas no sean afectadas, finalmente la temperatura máxima útil es determinante para el curado del no tejido ya que si se excede de esta las propiedades del latex pueden modificarse, consiguiendo su degradación.
- Se puede concluir que los datos obtenidos en laboratorio para los ensayos descritos en el Capítulo 3, han dado una confiabilidad del 95%, como se observa en la **figura 27**, superando el 0,05 para los 4 métodos analizados en el programa estadístico PAST. Por ende los resultados son confiables en cuanto a los valores de Resistencia a la Tracción, Alargamiento, Absorción de Humedad, Tiempo de Secado, Gramaje y Cantidad de agua a Evaporarse.
- La muestra 3 es la mas ideal para el uso de cultivos hidropónicos de raíz flotante debido que para el crecimiento de plantas de lechuga Sativa Crispa como se puede observar en el **Anexo P** y **Anexo Q**, soportan su peso promedio desde que se la inserta como plántula, hasta su cosecha para el consumo en la cual se nota un exceso de peso por lo cual la muestra puede sumergirse, necesitando de un soporte interno para que se mantenga a flote. Esta muestra tiene un grosor promedio de 26 mm lo que significa que existe un espacio por el cual la raíz se oxigena en contacto con el ambiente y se nutre en la solución nutritiva.

- Los resultados de la absorción vertical concluyen que parte del no tejido que no esté en contacto directo con el agua, se mantendrá seco porque la humedad no migrará a todas las fibras de coco, esto permite que no se sume peso innecesario que pueda undir a la balsa y por ende a la planta.
- Al añadir la disolución de látex sobre el molde de fibras de coco, el excedente se deposita en la superficie lo cual forma una película luego del curado (secado en horno) que ayuda en gran medida a mantener a la balsa a flote. Con el contacto continuo de esta película impermeable sobre la solución nutritiva, tiende a ablandarse y debido a ello su reutilización deberá valorarse luego de cada cosecha.
- La biodegradación del no tejido está relacionada al producto que más resiste al proceso de descomposición natural, en este caso, la fibra de coco la cual puede resistir de 5 a 10 años según Alas, (2010).

## **5.2 Recomendaciones**

- Gracias a las propiedades de densidad baja del látex se recomienda realizar otros métodos de fabricación de no tejido, como puede ser el Foam Bonding que consiste en distribuir las fibras de coco sobre una capa de látex natural crudo, logrando la combinación de estos dos materiales biodegradables con una estabilidad dimensional mayor en cuanto a su forma y flotabilidad sobre la solución nutritiva de los cultivos hidropónicos de raíz flotante.
- Los métodos mecánicos de formación de no tejido sin adosamiento de ningún tipo de resina natural no son recomendables debido que sin esta propiedad de semi impermeabilizado o permeabilizado completo, no se puede conseguir la flotabilidad necesaria de la balsa de no tejido de fibra de coco, debido que específicamente para el método de raíz flotante, es indispensable que esta balsa sea de densidad baja y soporte las plántulas de cultivo, sin que se sumerja ni estropee.
- Realizar pruebas con concentraciones mayores de látex natural y densidades más altas de fibra para otro tipo de cultivos de plantas más pesadas en desarrollo y que puedan adaptarse

propiedades beneficiosas para las raíces de éstas, a través del diseño de corte del hoyo para inserción de la planta que estará directamente relacionado con el grosor del no tejido, permitiendo un espacio de aireación en una parte de las raíces, esto se verá reflejado en el crecimiento sano de la planta. Y sobre todo el área donde se deposita la planta en crecimiento debe ser al menos 4 veces mayor que con el uso de espuma flex debido al peso del no tejido que puede sumergirse con el peso de la planta.

- Se puede realizar no tejidos con mezcla de fibras como la cabuya, sisal, yute, cáñamo, ramina, entre otras. Al ser fibras leñosas y algunas con propiedades antibacterianas que podrían aportar beneficios a los cultivos de variedades de otras plantas y que mediante este proceso químico-térmico se pueden entrelazar sin ningún problema.

### 5.3 Anexos

#### Anexo A. Soporte de plantas (flotador)



Fuente: Ayala, 2020

#### Anexo B. Bandeja molde para formación y curado de No Tejido



Fuente: Ayala, 2020

Anexo C. Prueba 1 de formación de No Tejido de 50gr/50ml



Fuente: Ayala, 2020

Anexo D. Prueba 2 de formación de No Tejido de 50gr/100ml



Fuente: Ayala, 2020

Anexo E. Prueba 3 de formación de No Tejido de 100gr/100ml



Fuente: Ayala, 2020

Anexo F. Prueba 4 de formación de No Tejido de 100gr/200ml



Fuente: Ayala, 2020

### Anexo G. Horno para curado del No Tejido



Fuente: Ayala, 2020

### Anexo H. Balanza electrónica para pesaje de muestras



Fuente: Ayala, 2020

## Anexo I. Materiales de apoyo



Fuente: Ayala, 2020

## Anexo J. Muestras finales



Fuente: Ayala, 2020

## Anexo K. Dinamómetro para pruebas de Resistencia a la Tracción y Alargamiento



Fuente: Ayala, 2020

## Anexo L. Pruebas de Absorción de humedad vertical



Fuente: Ayala, 2020

### Anexo M. Secado de muestras de no tejido a 37°C



Fuente: Ayala, 2020

### Anexo N. Recipiente para cultivo



Fuente: Ayala, 2020

### Anexo O. Adaptación de cultivo



Fuente: Ayala, 2020

### Anexo P. Crecimiento de Lechuga sobre no tejido de fibra de coco



Fuente: Ayala, 2020

Anexo Q. Crecimiento de Lechuga sobre espuma flex



Fuente: Ayala, 2020

## 5.4 Referencias

- Alas, M. E. (2010). *Industrialización de la fibra de estopa de Coco [Tesis de Ingeniería, Universidad del Salvador]*. Repositorio Institucional, Ciudad Universitaria, El Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/431/1/10136579.pdf>
- Alonso, F. J. (s.f de Diciembre de 2015). *Universidad Politécnica de Madrid*. Obtenido de Manual Control de Calidad en Productos Textiles y Afines: <http://oa.upm.es/38763/1/Binder1.pdf>
- Amorim Isolamentos, S. (2015). *Coco data Sheet. Coco data Sheet*. Amorim Isolamentos, Portugal, Portugal.
- Baque, G. A. (2015). *Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de la fibra de coco en la elaboración de sustrato, en la provincia de Santa Elena [Tesis de Ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena]*. Repositorio Institucional, La Libertad, Santa Elena, Ecuador. Recuperado el 04 de Julio de 2020, de <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/2258/UPSE-TAA-2015-009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barcelona, U. d. (s/f). *Materiales*. Universidad de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado el 27 de Octubre de 2020, de <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/1%C3%A1tex-caucho>
- Beltrano, J., Giménez, D. O., Ruscitti, M. F., Carbone, A. V., Andreau, R., L., V. A., . . . Garbi, M. (2015). *Cultivo en Hidroponía [Libro de Cátedra, Universidad Nacional de la Plata]* (Vol. 1). Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de la Plata. Recuperado el Julio 11, 2020, de <http://www.aegrochapeco.com.br/admin/up/15508619841985827152Cultivoenhidroponi.pdf#page=9>
- Bonilla, N. (2018). *Elaboración de un No Tejido a partir de la fibra de piña mediante la técnica de Punzonado para obtener un producto similar al cuero en cuanto a su textura y apariencia. [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica del Norte]*. Repositorio Institucional, Ibarra, Imbabura, Ecuador. Recuperado el 17 de Julio de 2020, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7873/1/04%20IT%20221%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

- Brasero, J. (2017). *Desarrollo de nuevas formulaciones de látex de caucho natural libres de n-nitrosaminas, hipoalergénicas y ecológicas, y su caracterización por RMN de campo bajo*. [Tesis Doctoral, UNiversidad Complutense de Madrid]. Repositorio Institucional, Madrid, España. Recuperado el 21 de Septiembre de 2020, de <https://eprints.ucm.es/42693/1/T38785.pdf>
- Cajas, A. D. (2011). *Diseño de un Triturador Pulverizador de estopa de coco para la producción de sustrato granulado* [Tesis de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional, Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 04 de Julio de 2020, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4127>
- García, G. S. (2015). *Estudio de factibilidad para la Industrialización de la fibra de coco en el recinto La Tolita - Pampa de Oro de Esmeraldas* [Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana SEDE de Guayaquil]. Repositorio Institucional, Guayaquil, Guayas, Ecuador. Recuperado el 04 de Julio de 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13414/1/UPS-GT001768.pdf>
- García, R., López, J. F., Muzha, M., & Villafuerte, D. (11 de Octubre de 2017). Proceso de Obtención de fibra de coco para fabricar colchones ecológicos hipoalérgicos en la comuna (Sacachún). *Revista Empresarial ICE-FEE-UCSG*, 11, 19. Recuperado el 18 de Julio de 2020, de <http://editorial.ucsg.edu.ec/ojs-empresarial/index.php/empresarial-ucsg/article/viewFile/107/100>
- Gilberto, A., & Perdomo, M. (s/d de Abril de 2002). Plásticos y Medio Ambiente. *Revista Iberoamericana Polímeros Perdomo*, 13. Obtenido de <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/abr/perdomo.pdf>
- González, P. L., & Zepeda, L. A. (2013). *Rendimiento de cinco variedades de lechuga Lactura Sativa L. tipo Gourmet ciclo primavera-verano* [Tesis de Ingeniería-Universidad Autónoma San Luis Potosí]. Repositorio Institucional, México, San Luis Potosí, México. Recuperado el 20 de Julio de 2020, de <https://ninive.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3477/IAF1GOU01301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Gopalakrishnan D. (2016). *Manufacturing of needle punched Nonwoven [artículo científico, Departamento de facultad de tecnología de PSG]*. Google School, India. Recuperado el 04 de Julio de 2020, de file:///C:/Users/User/Downloads/MANUFACTURING\_OF\_NEEDLE\_PUNCHED\_NONWOVEN.pdf
- Isolamentos S.A., A. (s/d de Marzo de 2018). *ArchiExpo*. Obtenido de ArchiExpo: <https://www.archiexpo.com/prod/amorim-isolamentos-sa/product-89328-1561776.html>
- Lemache, S. M., & Pacheco, G. K. (2015). *Estudio del procesamiento de la fibra de coco para la exportación a España y sus beneficios en la economía solidaria de los productores del recinto Tolita Pampa del Oro, cantón Eloy Alfaro, al norte de Esmeraldas. [Tesis de Contaduría Pública, UG]*. Repositorio Institucional, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador. Recuperado el 19 de Julio de 2020, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13341/1/TESIS%20LEMACHE%20Y%20PACHECO%20-%20FINAL%20CD.pdf>
- Medio, R. (s/d de s/m de 2011). *Exportersindia*. Obtenido de Exportersindia: <https://www.exportersindia.com/middlerange/coconut-handicraft-3726398.htm>
- MegaPlastic. (s/d de s/m de 2005). *Información Técnica Non Woven*. Obtenido de ABINT: [https://4e7e08b3-ce92-4680-8e7f-71fdf0e82390.filesusr.com/ugd/e56c08\\_9c952fc5ddec49258613dafd5691ce77.pdf](https://4e7e08b3-ce92-4680-8e7f-71fdf0e82390.filesusr.com/ugd/e56c08_9c952fc5ddec49258613dafd5691ce77.pdf)
- Navacerrada, N., Díaz, C., Pedrero, A., Isaza, M., Fernández, P., Álvarez, L. C., & Restrepo, O. A. (2016). *Caracterización acústica y térmica de No Tejidos basados en fibras naturales [Artículo científico, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura]*. Repositorio Institucional, Porto, Portugal. Recuperado el 04 de Julio de 2020, de <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Oporto16/97.pdf>
- Neira, C. E. (2017). *Preservación y caracterización físicoquímica del Látex natural (Hevea Brasilienses) en el distrito de Chazuta región San Martín [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional San Martín]*. Repositorio Institucional, Tarapoto, San Martín, Perú. Recuperado el 16 de Septiembre de 2020, de

<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2469/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Puentes, L. H., & Joya, E. (2005). *Reconocimiento de características, obtención y utilización de la estopa de coco [Proyecto "Aprovechamiento artesanal del coco en municipio de Tumaco - Nariño"]*. Artesanías de Colombia S.A., Bogotá, Bogotá, Colombia. Recuperado el 19 de Julio de 2020, de

<https://repositorio.artesantiasdecolombia.com.co/bitstream/001/3945/5/INST-D%202005.%2053.%201.pdf>

Ramírez, G. G. (2017). *Sistema de Producción Hidropónica de Lechuga [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria La Molina]*. Repositorio Institucional, Lima, Lima, Perú. Recuperado el 11 de Julio de 2020, de

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2981/F01-R3554-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Russel, S. J. (s.f de s.f de 2007). *Handbook of NonWoven*. (I. Limited, Ed.) Recuperado el 04 de Julio de 2020, de The Textile Institute: <https://books.google.co.in/books?hl=en&lr=&id=3rxQAwwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=2Ljxx5Vg2I&sig=3znyYn96s0QhR7khkMO5FgJ37-0#v=onepage&q&f=false>

Saltos, P., Chango, I., Aldás, M., & Quiroz, F. (2015). Reciclaje de Poliestireno Expandido por el Método de Disolución Precipitación . *Revista Politécnica Nacional* , 9.

Soria, C. J. (2012). *Cursos de Hidroponía básica para principiantes*. México, México. Recuperado el 20 de Julio de 2020, de [https://www.academia.edu/9685856/HIDROPON%C3%8DA\\_Y\\_ACUARISTICA\\_DEL\\_CARIBE\\_6\\_CURSO\\_DE\\_HIDROPON%C3%8DA\\_BASICA\\_PARA\\_PRINCIPIANTES](https://www.academia.edu/9685856/HIDROPON%C3%8DA_Y_ACUARISTICA_DEL_CARIBE_6_CURSO_DE_HIDROPON%C3%8DA_BASICA_PARA_PRINCIPIANTES)

Suárez, R. J., & Wong, N. L. (s/d de Octubre de 2011). *Repositorio de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil*. Obtenido de Exportación de Manufacturas de fibras de Coco: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/471/1/T-ULVR-0378.pdf>

- Sustratos, G. B. (s/d de s/m de 2017). *Grupo Sustrato GW Bio*. Obtenido de Grupo Sustrato GW Bio: <http://ceyloncocopeat.com/product.php?name=Coir%20Geotextiles>
- Textiles, T. (01 de Septiembre de 2016). *Non Woven Compendium*. Obtenido de Thecnical Textiles:  
[https://books.google.com.ec/books?id=\\_15WDwAAQBAJ&pg=PA42&dq=non+woven&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjUttfD6afqAhUmc98KHcd6CsIQ6AEwA3oECAkQA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=_15WDwAAQBAJ&pg=PA42&dq=non+woven&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjUttfD6afqAhUmc98KHcd6CsIQ6AEwA3oECAkQA#v=onepage&q&f=false)
- Toj, A. O. (s/d de Septiembre de 2008). *Caracterización física, mecánica y química de fibras de deshecho del fruto de coco, para utilización en matrices fibro-reforzadas [Tesis de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala]*. Repositorio Institucional, Guatemala. Obtenido de Caracterización física, mecánica y química de las fibras de deshecho del fruto de Coco, para utilización en matrices fibro-reforzadas: [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08\\_8571.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08_8571.pdf)
- Topete, P. d., & Herrera, V. I. (2015). *La producción hidropónica ¿Una alternativa alimentaria en espacios urbanos?* Estado de México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Unknown, B. (26 de Noviembre de 2013). *Blog Spot No Tejidos*. Recuperado el 17 de Julio de 2020, de Blog Spot No Tejidos: <http://notejidos.blogspot.com/2013/11/needle-punched-punzonado.html>
- Villegas, G. N., & Vélez, C. R. (2007). *Elaboración de módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco para viviendas de bajo costo [Tesis de Ingeniería, Universidad de Guayaquil]*. Repositorio Institucional, Guayaquil, Guayas, Ecuador. Recuperado el 04 de Julio de 2020, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1650>
- Zapata, G. N., & Álvarez, L. M. (2017). *Evaluación de las variedades de Látex de caucho natural Colombiano IAN 710, IAN 873 y FX 3864 [Revista Científica de Materiales, Simposion Nacional de Biopolímeros]*. Revistas de la Univeridad de Antioquía, Antioquía, Medellín, Colombia. Recuperado el 16 de Septiembre de 2020, de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/materiales/article/view/328781/20785476>