



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

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD**

**Presencial**

**TEMA:**

**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA RESINA CATIONICA EN LA  
REPELENCIA AL AGUA EN TEJIDO PLANO PES 100% MEDIANTE EL PROCESO  
DE IMPREGNACIÓN”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera textil.**

**Línea de investigación: Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio  
económico**

**Autor: Díaz Abalco Yadira Elizabeth.**

**Director: MSc. Mora Muñoz Elsa Sulay**

**IBARRA – 2023**



# 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. 44 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 lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	172792932-3		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Díaz Abalco Yadira Elizabeth		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Tabacundo – Panamericana Norte Km 46		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:yediaza@utn.edu.ec">yediaza@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	-	<b>TELF. MÓVIL:</b>	0997640127

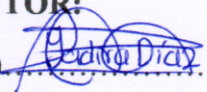
DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA RESINA CATIONICA EN LA REPELENCIA AL AGUA EN TEJIDO PLANO PES 100% MEDIANTE EL PROCESO DE IMPREGNACIÓN”
<b>AUTOR:</b>	Díaz Abalco Yadira Elizabeth
<b>FECHA:</b>	30/10/2023
<b>CARRERA/PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Textil
<b>DIRECTOR:</b>	MSc. Mora Muñoz Elsa Sulay

#### 2 CONSTANCIAS

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 la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de octubre de 2023

**EL AUTOR:**

(Firma) .....

Nombre: Díaz Abalco Yadira Elizabeth

## CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 30 de octubre de 2023

MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de Trabajo de Titulación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) .....

MSc. Mora Muñoz Elsa Sulay

C.C.: 0400900452

## **APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR**

El Comité Calificador del trabajo de Titulación **“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA RESINA CATIONICA EN LA REPELENCIA AL AGUA EN TEJIDO PLANO PES 100% MEDIANTE EL PROCESO DE IMPREGNACIÓN”** elaborado por Díaz Abalco Yadira Elizabeth, previo a la obtención del título de Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): .....

MSc. Mora Muñoz Elsa Sulay  
C.C.: 0400900452

(f): .....

MSc. Godoy Collaguazo Omar Vinicio  
C.C.: 1003083936

## DEDICATORIA

*Con todo mi amor y cariño, este trabajo de investigación se lo dedico a Dios por brindarme salud, sabiduría y protección durante toda mi vida, ya que sin él no hubiera logrado mis metas.*

*A mi amada mamita Elsa Abalco, quien nos ha enseñado a mis hermanos y a mí que con esfuerzo y dedicación todo es posible. Ha sido un gran ejemplo de lucha, superación y optimismo por sacarnos adelante, enseñándonos que para alcanzar una meta se debe trabajar arduamente en ello.*

*A mi querida hermana Vanesa Díaz, quien siempre ha estado ahí brindándome su cariño y apoyo, confiando en que lograría cumplir mi meta y levantarme en los momentos que parecía que todo se derrumbaba. Eres mi ejemplo para seguir, te amo mucho.*

*A mis queridos hermanos Diego, Cristian y Fernandito, quienes son la fuerza para lograr mis objetivos, y son motivo de risas y alegría dentro del hogar. Son mi inspiración para seguir adelante.*

*A mi querida Mamiloli, quien siempre ha sabido aconsejarme que debo ir por el buen camino, sin hacer daño a nadie y con honradez. Gracias, Mamiloli, por la buena crianza.*

*A mis tíos y primos Carmen, Polivio, Mayra, Juan, Pilar, y Gaby, quienes me han apoyado tanto emocional como económicamente. Les debo mucho por su comprensión y apoyo. Este trabajo también es por ustedes por ser buenos consejeros y siempre querer lo mejor para mí.*

*A mis amigas/os, quienes me acompañaron en esta etapa. Son excelentes personas que compartieron sus conocimientos y supieron brindarme su cariño.*

***Yadira Elizabeth Díaz Abalco***

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por cada bendición derramada sobre mí, a mi amada familia, a mi madre Elsa Abalco, y a mis hermanos Vanesa, Diego, Cristian y Fernandito. Ellos son mi mayor motivación para no rendirme y para lograr todo lo propuesto, buscando un mejor mañana para todos. Gracias por su amor y por la confianza que han depositado en mí.*

*A mis tíos/a, primas/os y amigas/os, les agradezco por el cariño y ayuda brindada durante esta etapa universitaria. Sus palabras de aliento y consejos fueron fundamentales para no desistir en mis estudios.*

*A la Msc. Elsa Mora y al MSc. Omar Godoy, les agradezco por su paciencia y comprensión durante la realización de este trabajo. Además de compartir sus conocimientos, contribuyeron a la culminación de mi tesis.*

*Finalmente, expreso mi agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte. Especialmente a los docentes que me brindaron sus enseñanzas en esta hermosa etapa académica. Un reconocimiento especial a la MSc. Valeria Chugá y al MSc. Fausto Gualoto por su guía durante la parte práctica de esta investigación. También, un agradecimiento infinito al MSc. Elvis Ramírez, quien ha sido un consejero excepcional, sabiendo escucharme y guiarme en etapas complicadas.*

***Yadira Elizabeth Díaz Abalco***

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la repelencia al agua en tejido plano de poliéster con ligamento tafetán mediante la aplicación de resina catiónica. Este proceso se realizó por el método de impregnación. Para obtener un tejido repelente al agua, se realizaron exhaustivos estudios a nivel de laboratorio para determinar las concentraciones óptimas de resina a utilizar. Los productos aplicados fueron: resina CENTERGARD D6i (catiónica) y resina PATCH (aniónica), las cuales actuaron como agentes de repelencia al agua. Además, se utilizó ácido acético como regulador del pH.

La aplicación de la resina se realizó mediante el método de impregnación. Posteriormente, se realizaron pruebas con el Spray Tester, según el método de ensayo de repelencia al agua descrito en la norma AATCC 22. Adicionalmente, se realizaron ensayos de absorción vertical con el fin de verificar que el tejido de poliéster no absorba agua en su trama y urdimbre. Los resultados de este ensayo confirmaron la repelencia al agua del tejido tratado con la resina Centergard. Al analizar las calificaciones atribuidas a cada tejido, se evidencia que la muestra 13 se perfiló como la probeta ideal. Esto se evidencia al ingresar los resultados de los ensayos en el software estadístico StatGraphics, el cual determinó la dosificación y pH que arrojaron las calificaciones más favorables. Se concluyó que la dosificación óptima es de 30 g/L de resina catiónica con un pH de 5. Con esta formulación se consigue un tejido con un grado de repelencia al agua, registrando un índice de 80 ISO 3, en comparación con la muestra sin acabado. Posteriormente, cada tejido fue sometido a la prueba de solidez al lavado en el Wascator donde se concluye que las muestras tratadas con resina Centergard exhiben un acabado semipermanente, con una puntuación de 70 ISO 2.

**Palabras clave:** Foulard, Poliéster, Resina textil, Repelencia al agua, Spray Tester.

## ABSTRACT

The present study aims to evaluate water repellency in flat polyester fabric with a taffeta weave through the application of cationic resin. This process was carried out using the impregnation method. To obtain water-repellent fabric, comprehensive laboratory studies were conducted to determine the optimal concentrations of resin to be used. The applied products were: CENTERGARD D6i resin (cationic) and PATCH resin (anionic), which acted as water repellent agents. Additionally, acetic acid was used as a pH regulator.

Subsequently, the resin was applied using the impregnation method. Tests were then conducted with the Spray Tester, following the water repellency test according to AATCC 22 standard. Additionally, vertical absorption tests were performed to verify that the polyester fabric does not absorb water in its weft and warp. The results of this test confirmed the water repellency of the fabric treated with Centergard resin.

Upon analyzing the ratings assigned to each fabric, it is evident that sample 13 emerged as the ideal specimen. This is substantiated by inputting the test results into the statistical software StatGraphics, which determined the dosage and pH that yielded the most favorable ratings. It was concluded that the optimal dosage is 30 g/L of cationic resin with a pH of 5. With this formulation, a fabric with a remarkable degree of water repellency is achieved, registering an index of 80 ISO 3, in comparison to the unfinished sample. Subsequently, each fabric underwent the washing fastness test in the Wascator, where it was concluded that samples treated with Centergard resin exhibit a semi-permanent finish, with a score of 70 ISO 2.

**Keywords:** Foulard, Polyester, Textile Resin, Water Repellency, Spray Tester.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	ii
CONSTANCIAS.....	ii
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
Descripción del tema.....	1
Antecedentes .....	2
Importancia del estudio .....	2
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos para alcanzar.....	3
Características del sitio del proyecto.....	4
CAPÍTULO I .....	3
1 ESTADO DEL ARTE .....	3
1.1. Estudios previos .....	3
1.2. Repelencia al agua en textiles .....	3
1.3. Estudios de repelencia al agua en PES 100% .....	4
1.4. Marco conceptual .....	7
1.4.1. Resina.....	7
1.4.2. Tejido plano .....	8
1.4.3. Poliéster.....	10
1.4.4. Aplicación de resina por el método de impregnación.....	11
1.4.5. Repelencia al agua .....	13

1.4.6.	Norma AATCC 22 para la resistencia al agua.....	14
1.4.7.	Norma de absorción vertical AATCC 197.....	14
1.4.8.	Norma estándar de solidez al lavado ISO 6330:2012.....	14
1.5.	Marco legal.....	15
1.5.1.	La Constitución de la República del Ecuador.....	15
1.5.2.	Legislación ambiental TULSMA.....	15
1.5.3.	Líneas de investigación UTN.....	16
2	METODOLOGÍA.....	17
2.1.	Tipos de investigación.....	17
2.1.1	Investigación de naturaleza analítica.....	17
2.1.2	Investigación experimental.....	17
2.1.3	Investigación de comparación.....	18
2.2.	Diseño de experimento.....	18
2.3.	Flujogramas.....	21
2.3.1.	Flujograma general.....	21
2.3.2.	Flujograma muestral.....	17
2.4.	Materiales e insumos.....	18
2.4.1.	Tejido 100% poliéster.....	18
2.4.2.	Carga del poliéster.....	19
2.4.3.	Propiedades del poliéster.....	20
2.4.4.	Caracterización del tejido de poliéster.....	21
2.5.	Resina Centergard D6i.....	21
2.6.	Resina Patch.....	22
2.7.	Ácido acético.....	24
2.8.	Equipos.....	25
2.8.1.	Foulard.....	25
2.8.2.	Túnel de secado.....	25
2.8.3.	Spray Tester.....	26
2.8.4.	Wascator.....	27
2.9.	Normas de referencia.....	27
2.9.1.	Norma AATCC 22 para la resistencia al agua.....	27
2.9.2.	Norma ISO 6330:2012.....	29

2.9.3. Norma AATCC 197 Capilaridad vertical de textiles .....	30
2.10. Procedimiento .....	30
2.10.1. Corte y lavado del tejido de poliéster 100 % .....	30
2.10.2. Formulaciones y parámetros .....	30
CAPÍTULO III.....	41
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	41
3.1. Resultados .....	41
3.1.1. Tabla de resultados de repelencia al agua.....	41
3.1.2. Resultados de solidez al lavado doméstico.....	45
3.1.3. Tabla de resultados de absorción al agua.....	47
3.2. Discusión de resultados .....	49
3.2.1. Análisis de la varianza .....	49
CAPÍTULO IV.....	58
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
4.1. Conclusiones .....	58
4.2. Recomendaciones.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Dosificación de resina Centergard D6i .....	12
<b>Tabla 2</b> Especificaciones de lavado ISO 6330:2012.....	15
<b>Tabla 3</b> Lista de líneas de investigación de la UTN .....	16
<b>Tabla 4</b> Factores de estudio.....	18
<b>Tabla 5</b> Variables respuestas.....	19
<b>Tabla 6</b> Matriz de diseño de experimentos .....	19
<b>Tabla 7</b> Características del poliéster .....	20
<b>Tabla 8</b> Caracterización de tejido de poliéster .....	21
<b>Tabla 9</b> Clasificación de las resinas según su funcionalidad .....	23
<b>Tabla 10</b> Listado de consumibles.....	24
<b>Tabla 11</b> Receta 1 con resina Centergard D6i.....	31
<b>Tabla 12</b> Receta 2 con resina Centergard D6i.....	31
<b>Tabla 13</b> Receta 3 con resina Centergard D6i.....	32
<b>Tabla 14</b> Receta 4 con resina Centergard D6i.....	32
<b>Tabla 15</b> Receta 5 con resina Patch .....	33
<b>Tabla 16</b> Receta 6 con resina Patch .....	33
<b>Tabla 17</b> Receta 7 con resina Patch .....	34
<b>Tabla 18</b> Receta 8 con resina Patch .....	34
<b>Tabla 19</b> Resultados de repelencia al agua con resina Centergard antes del lavado .....	41
<b>Tabla 20</b> Resultados de repelencia al agua con resina Centergard después del lavado ...	42
<b>Tabla 21</b> Resultados de repelencia al agua con resina Patch antes del lavado .....	43
<b>Tabla 22</b> Resultados de repelencia al agua con resina Patch después del lavado .....	44
<b>Tabla 23</b> Comparación de muestras antes y después del lavado con resina Centergard D6i.....	45
<b>Tabla 24</b> Comparación de muestras antes y después del lavado con resina Patch .....	46
<b>Tabla 25</b> Resultados del nivel de absorción vertical con resina Centergard.....	47
<b>Tabla 26</b> Resultados del nivel de absorción vertical con resina Patch.....	47
<b>Tabla 27</b> Valores óptimos para RAL .....	49
<b>Tabla 28</b> Variabilidad de RAL.....	50
<b>Tabla 29</b> Estadística de R-cuadrada para RAL .....	51
<b>Tabla 30</b> Resumen estadístico.....	53
<b>Tabla 31</b> Valores óptimos para RDL .....	54
<b>Tabla 32</b> Variabilidad de RDL.....	54
<b>Tabla 33</b> Estadístico de R-cuadrada para RDL.....	55
<b>Tabla 34</b> Resumen estadístico.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación geográfica de la Carrera de Textiles .....	4
<b>Figura 2</b> Fabricación de tela de poliéster hidrofóbica.....	4
<b>Figura 3</b> Ciclos de capacidad de absorción del poliéster para aceite.....	6
<b>Figura 4</b> Pasos para la preparación de resina de intercambio catiónico magnética.....	8
<b>Figura 5</b> Tejido plano tafetán.....	9
<b>Figura 6</b> Obtención de la fibra de poliéster.....	10
<b>Figura 7</b> Proceso de reciclaje del poliéster .....	11
<b>Figura 8</b> Tejido repelente al agua .....	13
<b>Figura 9</b> Flujograma general del proceso .....	21
<b>Figura 10</b> Flujograma muestral del proceso .....	17
<b>Figura 11</b> Tela de poliéster .....	18
<b>Figura 12</b> Cargas eléctricas.....	19
<b>Figura 13</b> Resina Centergard D6i .....	22
<b>Figura 14</b> Resina Patch .....	22
<b>Figura 15</b> Forma estructural del ácido acético.....	24
<b>Figura 16</b> Foulard.....	25
<b>Figura 17</b> Túnel de secado .....	26
<b>Figura 18</b> Spray de repelencia al agua.....	26
<b>Figura 19</b> Wascator .....	27
<b>Figura 20</b> Tabla estándar de calificación .....	28
<b>Figura 21</b> Ajuste de la muestra al aro .....	35
<b>Figura 22</b> Patrón de rocío en el centro del aro.....	36
<b>Figura 23</b> Proceso de prueba de repelencia .....	36
<b>Figura 24</b> Proceso de golpeo del aro.....	37
<b>Figura 25</b> Tamaño de la muestra para absorción vertical .....	38
<b>Figura 26</b> Clip en la base del tejido .....	39
<b>Figura 27</b> Muestras en ensayo .....	39
<b>Figura 28</b> Proceso de absorción vertical .....	40
<b>Figura 29</b> Diagrama de Pareto .....	52
<b>Figura 30</b> Diagrama de Pareto .....	56

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1</b> Corte y lavado del tejido .....	68
<b>Anexo 2</b> Pesaje de las resinas .....	68
<b>Anexo 3</b> Proceso de impregnación y secado de las muestras .....	69
<b>Anexo 4</b> Pruebas de repelencia al agua en el laboratorio textil .....	69
<b>Anexo 5</b> Prueba de absorción vertical en el laboratorio textil .....	70
<b>Anexo 6</b> Prueba de solidez al lavado .....	70
<b>Anexo 7</b> Ficha técnica de la resina Centergard D6i .....	71
<b>Anexo 8</b> Ficha técnica de la resina patch .....	72
<b>Anexo 9</b> Certificado de laboratorio .....	73

## INTRODUCCIÓN

### Descripción del tema

Esta investigación fue desarrollada en el laboratorio de la Carrera de Textiles de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte.

El objetivo principal de este estudio consiste en evaluar la influencia de la resina catiónica en la repelencia al agua cuando se aplica sobre tejido plano de poliéster 100% mediante el proceso de impregnación, utilizando un foulard horizontal marca Mathis HFR. La aplicación de resina sobre el tejido contribuye a repeler agua, suciedad y aceite, reduciendo así el consumo de agua en la limpieza de textiles para el hogar.

Para llevar a cabo esta investigación, se adquirió tejido plano de poliéster 100%. Este material se sometió a un lavado previo con detergente para eliminar las impurezas adquiridas en los procesos anteriores. Posteriormente, el tejido fue secado y planchado.

Se determinaron las dosificaciones a las cuales se llevaría a cabo el proceso de impregnación, y cada una de ellas se repitió tres veces. Como resultado, se obtuvieron doce especímenes para el estudio con la resina Centergard D6i. Se siguió el mismo procedimiento con la resina PATCH, estableciendo el mismo número de probetas. Esto se hizo con el fin de determinar qué tipo de resina sería más adecuada para la repelencia al agua y así comparar las muestras.

La evaluación de la influencia de resina catiónica Centergard D6i se realizó en dos dosis, 10 y 30 g/L, y a dos niveles de pH diferentes, 3 y 5. Además, se llevó a cabo la misma evaluación con la resina Patch. Una vez establecidas las dosificaciones y los niveles de pH, se colocaron las muestras en el foulard. Para la polimerización o reticulación, las muestras se sometieron a un túnel de secado a una temperatura de 150°C. Finalmente, se procedió a plancharlas.

La preparación de las probetas se procedió a cortar siguiendo las dimensiones establecidas en la norma AATCC 22, utilizando el equipo “Spray Tester”. Una vez completada la prueba, las muestras fueron sometidas a un estudio de solidez al lavado en el Wascator, conforme a la norma ISO 6330:2012.

### **Antecedentes**

Las resinas catiónicas han sido utilizadas en la industria textil desde la década de 1960 con el propósito de mejorar las propiedades de los tejidos, otorgándoles resistencia al agua y solidez en el color tanto en fibras de nylon como de poliéster (X. Li et al., 2015). Según (Karhoff, 1959) señala que “las resinas catiónicas son aplicadas desde la década de 1970 en la fabricación de textiles de alta resistencia al arrugado y a la abrasión” (p.58-64). De esta manera, en la década de 1990 se llevó a cabo un estudio con resinas catiónicas y aniónicas que resultó en un acabado textil con mayor resistencia a la rotura y una mejor estabilidad dimensional.

### ***Importancia del estudio***

Los textiles para el hogar son ampliamente utilizados a nivel global y están compuestos por una variedad de materias primas tanto naturales y sintéticas, como: algodón, acrílico, poliéster, lana y sus mezclas. Al emplear estas fibras en textiles para el hogar, como sofás y mantelería, es común enfrentarse a diversos tipos de suciedad, como aceites, así como a la absorción de agua, lo cual puede causar daños a la estructura del tejido, resultando malos olores y manchas.

Este tipo de investigación experimental contribuye a abordar aspectos económicos. Existen diferentes grupos de individuos con variados presupuestos para la limpieza de textiles hogar. Entre ellos se encuentran aquellos que tienden a contratar servicios de limpieza de manera frecuente, invirtiendo más recursos en personal de limpieza. Por otro lado, están las personas que realizan la limpieza por sí mismas, pero a menudo utilizan productos inadecuados para el tipo de material



textil, lo que puede resultar en daños y deterioro del artículo, provocando una apariencia poco atractiva. Por último, están aquellos que no llevan a cabo la limpieza de estos elementos del hogar, lo que conlleva a la acumulación de suciedad y proliferación de bacterias.

Por tanto, esta investigación demanda una exhaustiva búsqueda de información, así como la aplicación de métodos y técnicas para la utilización de una resina que integre propiedades de repelencia al agua. Además, es esencial contar con una ficha técnica que suministre detalles acerca de la dosificación adecuada, la temperatura de secado y el pH que se debe emplear en función del tipo de tejido.

#### **Objetivo general.**

- Evaluar la influencia de la resina catiónica en la repelencia al agua en tejido plano PES 100% mediante el proceso de impregnación.

#### **Objetivos específicos para alcanzar.**

- Investigar en bases de datos la influencia de la resina catiónica en la repelencia al agua para tejidos de PES 100%.
- Aplicar la resina en tejido plano PES 100% en diferentes concentraciones mediante el método de impregnación.
- Analizar los resultados obtenidos de repelencia al agua en el Spray Tester mediante la norma AATCC 22 y solidez al lavado utilizando la norma ISO 6330:2012.

## Características del sitio del proyecto.

El siguiente tema de investigación tuvo lugar en la ciudad de Ibarra, ubicada en la provincia de Imbabura. La parte práctica se llevó a cabo en los laboratorios de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte. Dentro de estos espacios, se encuentran diversos equipos y maquinaria con tecnología de punta. El laboratorio está ubicado en el barrio Azaya, entre las calles Morona Santiago y Luciano Solano.

### Figura 1

*Ubicación geográfica de la Carrera de Textiles*



*Nota.* La **Figura 1** representa el lugar en donde se realizó la parte práctica de este tema de investigación. Fuente: (Google Maps, 2023).

## CAPÍTULO I

### 1 ESTADO DEL ARTE

#### 1.1. Estudios previos

A continuación, se detalla una serie de información pertinente, obtenida de fuentes de datos fiables, sobre la repelencia al agua mediante la aplicación de resina en tejido de poliéster 100%. A través de este enfoque, se busca determinar el método adecuado para incorporar la resina en el tejido de manera eficaz.

#### 1.2. Repelencia al agua en textiles

La definición de la propiedad de repelencia al agua en tejidos de poliéster es un proceso complejo, que requiere de diversas pruebas y criterios para su evaluación. Los tejidos con esta característica tienen la capacidad de resistir la humedad, lo que provoca que las gotas de agua se deslicen sobre la superficie del textil. Para que un sustrato pueda repeler el agua, es fundamental comprender la naturaleza de la fibra, su porosidad y como interactúa con el agua. Un tejido que repele el agua suele tener una baja afinidad por el aceite y no se mancha fácilmente. Por esta razón, son ampliamente aplicables en la confección de prendas, textiles para el hogar y textiles técnicos. El objetivo de lograr la repelencia al agua en un tejido es evitar que su superficie se moje (Mazharul, 2013).

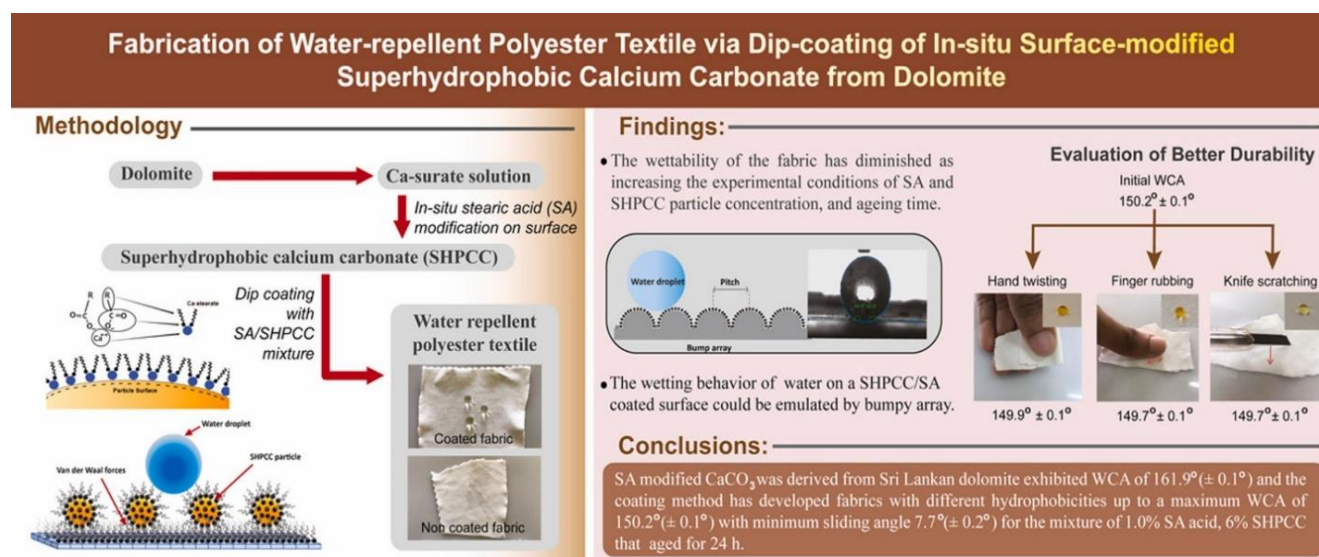
Entre los textiles con una baja absorción de agua y humedad se encuentran el poliéster, el polipropileno, la aramida, el polietileno de alta densidad y el poliuretano. Todas estas fibras sintéticas poseen propiedades hidrofóbicas. Este tipo de fibras se emplean comúnmente en prendas deportivas, ropa para condiciones de lluvia y textiles para uso en exteriores. Sin embargo, la fibra de aramida encuentra aplicaciones en prendas de protección, como chalecos antibalas y equipos de protección personal. Asimismo, la fibra de polietileno puede utilizarse en cuerdas y redes debido a su resistencia ante la humedad y la corrosión (Garip et al., 2022).

### 1.3. Estudios de repelencia al agua en PES 100%

Se ha logrado la producción de tejidos hidrofóbicos de poliéster mediante el empleo de carbonato de calcio precipitado super hidrofóbico (SHPCC), derivado de la dolomita. Este SHPCC es sometido a una modificación con ácido esteárico (SA), el cual actúa como aglutinante para unir las partículas de SHPCC en el tejido de poliéster. Se ha determinado que al aumentar las dosificaciones de SA y SHPCC, el tejido mejoraba la propiedad de humectabilidad, pero aumentaba el envejecimiento del producto. El autor sugiere que este tipo de acabado es aplicable en la confección de prendas de vestir, así como en la fabricación de paraguas, entre otros productos. Por último, recalca que el uso de dolomita representa una oportunidad económica, al tratarse de un recurso natural (Abeywardena et al., 2021)

#### Figura 2

Fabricación de tela de poliéster hidrofóbica



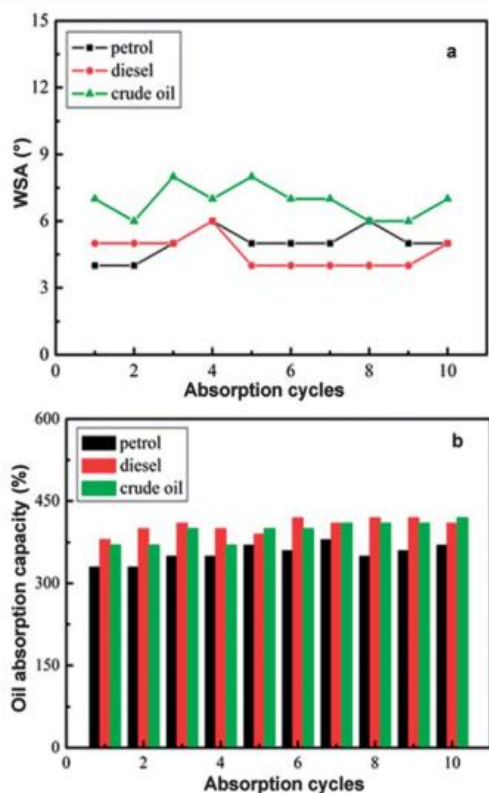
*Nota.* La imagen muestra el método aplicado para la obtención de tela de poliéster hidrofóbica, además de mostrar los resultados frente a la exposición al tacto y con un cuchillo. Fuente: (Abeywardena et al., 2021).

En el caso de requerir la creación de una superficie superhidrofóbica en diversos polímeros como el poli (metacrilato de metilo) y telas de poliéster, un estudio reciente ha demostrado que no es necesario llevar ningún pretratamiento en los sustratos textiles. El proceso utilizado implica el revestimiento usando nanopartículas de sílice que han sido modificadas con fluoro silano. En resumen, se obtuvo que al someter los textiles a centrifugación, las superficies de los mismos exhibieron una superhidrofobicidad con un ángulo superior a  $150^\circ$  y un ángulo de rodadura de gotas inferior a  $5^\circ$  (Xu et al., 2012).

Otra investigación sugiere que al preparar materiales superhidrofóbicos de poliéster magnéticos, se emplea el método de recubrimiento en tolueno utilizando ácido acético y ultrasonidos. El tejido de poliéster es sumergido en la dispersión de nanocompuesto de  $\text{Fe}_3\text{O}_4@$ HD-silica/HD-polímero. Este nanocompuesto contiene partículas de óxido de hierro recubiertas con una capa de sílice que trabaja en conjunto con grupos hidroxilo (HD-sílice) y finalmente es recubierta con una capa de polímero hidrófobo (HD-polímero). Esta combinación da como resultado un material que se emplea en la fabricación de textiles superhidrofóbicos de larga duración. Al aplicar esta composición en un material de poliéster, muestra elevados niveles de superhidrofobicidad, superoleofobicidad, así como una estabilidad mecánica y química notables, además de poseer propiedades magnéticas. Este tipo de muestra puede ser sometida a zonas de agua contaminada usando un imán. El producto obtenido es capaz de absorber gasolina, diésel y petróleo crudo. Es importante destacar que este tipo de poliéster superhidrofóbico es capaz de mantener su eficacia incluso después de diez ciclos de absorción y desorción (Wu et al., 2014).

**Figura 3**

Ciclos de capacidad de absorción del poliéster para aceite



Fuente: (Wu et al., 2014).

Un estudio sobre la aplicación de repelencia al agua en tejidos de poliéster señala que se emplearon compuestos fluorados aplicados mediante métodos convencionales. Para llevar a cabo este estudio, se requirieron tres muestras de hilos filamentosos que contenían aditivos repelentes al agua libres de flúor, así como tres muestras que contenían flúor. Todas las muestras presentaban porcentajes variables en relación con su peso. Se procedió a analizar las propiedades de rendimiento de los hilos y posteriormente se llevaron a cabo pruebas para evaluar la repelencia al agua, la tracción y la permeabilidad. Se determinó que un aumento en el recubrimiento con flúor resultó en una mejora de la repelencia al agua, mientras que la permeabilidad al aire disminuyó en un 80% (Garip et al., 2022).

## **1.4. Marco conceptual**

### ***1.4.1. Resina***

Una resina textil representa una solución líquida utilizada en la aplicación de acabados y recubrimientos para textiles. Estas resinas poseen diversas composiciones químicas que confieren al tejido propiedades tales como resistencia al agua, durabilidad, resistencia al desgaste y a las arrugas. Su utilización es común en la fabricación de textiles técnicos, así como en la producción de telas impermeables e ignífugas (Roshan, 2015).

En el ámbito textil, las resinas penetran en la estructura del tejido, proporcionándole acabados que mejoran su estabilidad dimensional, permitiendo la creación de plisados, acabados tipo chintz o everglace. Esto resulta en un aumento del peso del tejido, así como en una mayor resistencia a la tracción, abrasión y solidez del color (Sanchez, 1959).

El empleo de resinas en los acabados textiles para tejidos de punto o tejidos planos que contienen fibras celulósicas conlleva a una mayor resistencia a las arrugas y a la contracción cuando se aplica en dosificaciones elevadas. Sin embargo, el uso excesivo de resina puede dar lugar a consecuencias no deseadas, como la decoloración, la pérdida de solidez del color y un endurecimiento del tejido (Application, 2007).

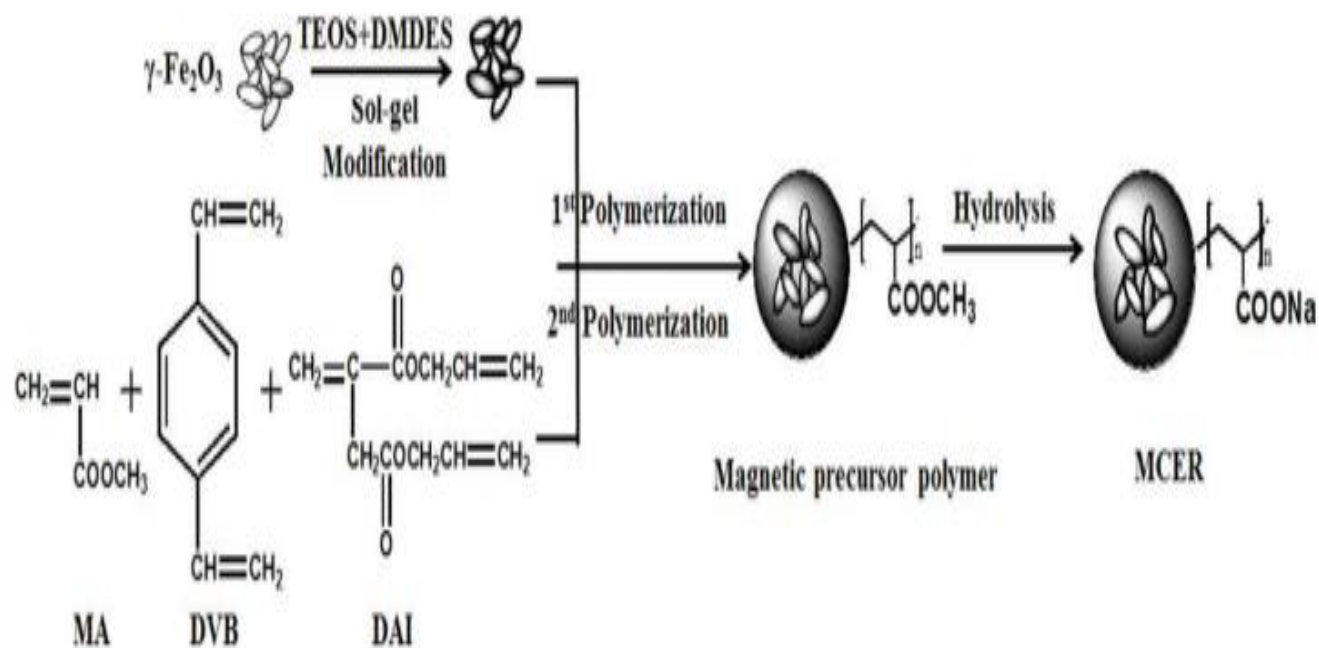
Por otro lado, las resinas como la dimetiloldihidroetileno urea (DMDHEU) mejoran las propiedades de telas ligeras compuestas por algodón al 100%, confiriendo al tejido un mayor grado de resistencia a las arrugas, a las roturas y una mejor estabilidad dimensional (Ho & Kan, 2022).

En el caso del poliéster, se utilizan resinas de carácter catiónico. Como señala, (Bensalah et al., 2022) “la resina catiónica es una alternativa económica, biodegradable y altamente eficaz para la eliminación de tintes” (pp. 22).

Asimismo, las resinas catiónicas pueden emplearse en la preparación de resinas quelantes, las cuales facilitan la preconcentración y separación selectiva de mercurio (Hashemi-Moghaddam et al., 2009). Por último, una resina catiónica puede servir como base para desarrollar una resina de intercambio catiónico magnética, cuyo propósito es la remoción de iones de metales pesados de soluciones acuosas, logrando una alta capacidad de adsorción y eliminación eficiente de dichos metales en un tiempo aproximado de 30 minutos (Q. Li et al., 2017).

**Figura 4**

*Pasos para la preparación de resina de intercambio catiónico magnética*



Fuente: (Q. Li et al., 2017).

#### 1.4.2. Tejido plano

El tejido plano es ampliamente utilizado en la industria textil, caracterizándose por su disposición sencilla y uniforme tanto en los hilos de trama como de urdimbre. Los hilos de urdimbre se disponen verticalmente a lo largo de la tela, mientras que los hilos de trama se colocan horizontalmente, entrecruzándose para formar una superficie plana (Adeakin et al., 2022).

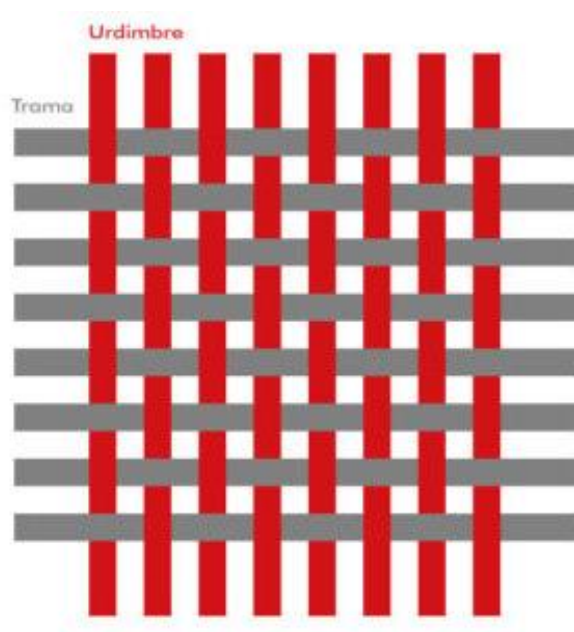


La producción de tejidos planos se lleva a cabo en un telar, donde los hilos de urdimbre permanecen fijos en una estructura, mientras que los hilos de trama son insertados a través de lanzaderas o por medio de sistemas modernos de inserción de trama. Es a través de este entrecruzamiento de hilos que se configura el tejido, generando así un textil robusto y resistente (Hu et al., 2020).

Adicionalmente, los tejidos planos presentan propiedades de transpirabilidad y comodidad, lo que los convierte en una base idónea para la aplicación de acabados y tratamientos textiles destinados a mejorar la resistencia al agua, al fuego y a la abrasión (Alonso, 2015).

### **Figura 5**

*Tejido plano tafetán*



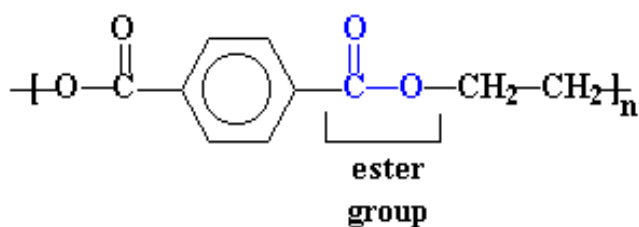
*Nota.* La imagen muestra la unión de los hilos verticales y horizontales para generar una tela usada como materia prima para pantalones, chaquetas, camisas, entre otros. Fuente: (Textiles Romanos, 2016).

### 1.4.3. *Poliéster*

El poliéster es uno de los polímeros de policondensación más destacados y ampliamente utilizados en diversas industrias manufactureras. Este material textil se deriva de ácidos dicarboxílicos, y su cadena polimérica principal contiene el grupo funcional éster (Camlibel, 2018).

#### **Figura 6**

*Obtención de la fibra de poliéster*



Fuente: (Tutors Globe, n.d.).

El poliéster exhibe múltiples propiedades destacables, entre las que se incluyen una alta resistencia, baja deformación bajo carga, resistencia a la tensión, capacidad para soportar elevadas temperaturas de cambio vítreo y una buena resistencia a ácidos y agentes oxidantes. Asimismo, este material se caracteriza por su fortaleza y rigidez, junto con una alta resistencia a la abrasión, contracción y estiramiento (Roshan, 2015).

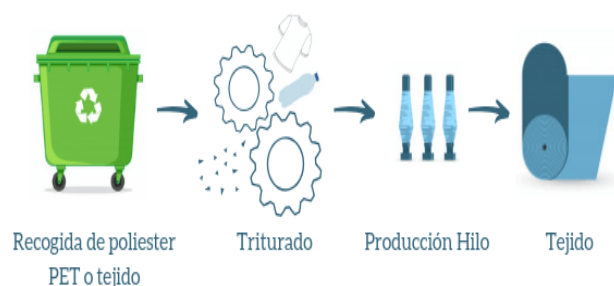
El poliéster encuentra una amplia gama de aplicaciones, siendo utilizado en forma de fibras, filamentos, telas, compuestos, resinas, dendrímeros, películas, láminas y membranas. Estos productos tienen aplicaciones en diversas industrias, como la textil, automotriz, médica y de construcción, entre otras. Cabe destacar que el poliéster se emplea comúnmente como material de embalaje para botellas y contenedores (Camlibel, 2018).

La obtención del poliéster se lleva a cabo a través de procesos de policondensación, que pueden incluir polimerización por apertura de anillo y poliadición (Camlibel, 2018).

Es relevante señalar que el poliéster puede ser sometido a procesos de reciclaje utilizando métodos físicos (mecánicos) o químicos (como reacciones de hidrólisis, metanólisis y glicólisis). El poliéster reciclado encuentra aplicaciones en embalajes, elementos de construcción, tuberías, tanques, geotextiles, productos no tejidos y alfombras. El reciclaje efectivo de poliéster contribuye a la reducción de emisiones de dióxido de carbono y, por consiguiente, al combate del calentamiento global (Camlibel, 2018).

### Figura 7

#### *Proceso de reciclaje del poliéster*



Fuente: (WAIXO, 2019).

#### **1.4.4. Aplicación de resina por el método de impregnación**

El método de impregnación, conocido también como foulard, es un procedimiento que permite aplicar un producto sobre un material textil. Para llevar a cabo este proceso, es necesario que los productos a aplicar posean una dosificación específica, ya sean resinas, suavizantes, colorantes, aprestos, entre otros. Una vez que el sustrato textil ha sido inmerso en la solución, debe ser conducido a través de dos rodillos que forman parte del foulard, los cuales operan bajo una

presión determinada (psi). Al finalizar este proceso, se requieren pasos adicionales posteriores a la impregnación. Para asegurar una impregnación efectiva, es esencial controlar los siguientes parámetros (Chilón, 2018):

- Presión de los rodillos

La presión aplicada a los rodillos del foulard desempeña un papel crucial en el proceso de impregnación, ya que determina la cantidad de líquido absorbida por el tejido, conocida como pick up.

- Porcentaje de impregnación en el proceso

Refleja la cantidad de producto que se integra en el sustrato textil.

$$\% \text{ Pick up} = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100\% \quad (1)$$

En el marco de esta investigación, se empleó la resina Centergard D6i, de la cual se extrae la siguiente información de su ficha técnica:

**Tabla 1**

*Dosificación de resina Centergard D6i*

<b>Sustrato</b>	<b>Dosis g/L</b>
Algodón	30 – 60
Poliéster 100%	10 – 30
Poliéster / Algodón	10 – 60
Poliamida 100 %	10 – 40
Acrílico 100 %	10 – 40

Fuente: (Seyquiin, 2022).

Pick up: (60 – 80 %)

Secar a 100 – 110 °C

Polimerizar: 3-4 min a 140 – 160 °C o 30 – 40 seg a 175 – 180 °C.

#### **1.4.5. *Repelencia al agua***

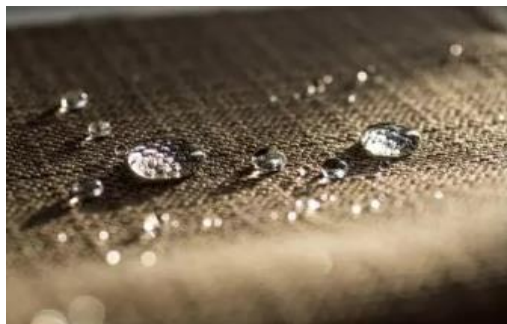
La propiedad de repeler el agua, conocida como hidrofobicidad, es una característica que los textiles pueden desarrollar, impidiendo la absorción de líquidos en la superficie del tejido. Esto ocasiona que, al entrar en contacto con el tejido, el agua forme gotas que se deslizan sobre el material sin producir humedad.

Es importante distinguir entre un textil repelente al agua y uno impermeable. La repelencia permite que las gotas se formen en la superficie del tejido, aunque pueden penetrar y causar humedad. En cambio, un textil impermeable previene completamente el paso del agua. Esto depende de las características del tejido, como su composición y estructura (Carrillo, 2006).

Para lograr textiles repelentes al agua, es necesario aplicar acabados químicos en la superficie del material para crear una capa que impida la penetración del agua. Además, la superficie del tejido debe poseer una baja energía superficial, es decir, ser inicialmente hidrofóbica. También es importante que la superficie sea rugosa para mejorar la hidrofobicidad del tejido. Las superficies hidrofóbicas tienen la capacidad de auto-limpieza, eliminando partículas que puedan contaminar el tejido (Nosonovsky & Bhushan, 2009).

### **Figura 8**

*Tejido repelente al agua*



Fuente: (U-largo, 2022).

#### ***1.4.6. Norma AATCC 22 para la resistencia al agua***

La norma AATCC 22 es un ensayo aplicable a cualquier tipo de tejido, sin requerir un acabado textil previo. Su objetivo es medir la resistencia al mojado de las telas. Este método implica rociar agua en la superficie lisa de la probeta, bajo condiciones normales y controladas. Para que el ensayo se desarrolle correctamente, es crucial que el tejido esté orientado en el lado derecho, de manera que la superficie sea completamente visible al finalizar el proceso (American Association of Textile Chemists and Colorists, 2019).

#### ***1.4.7. Norma de absorción vertical AATCC 197***

La norma AATCC 197 se fundamenta en la capilaridad vertical presente en los textiles. Este ensayo es aplicable tanto a tejidos planos como de punto. Consiste en colocar una cantidad específica de agua destilada en un matraz Erlenmeyer, y luego introducir una probeta con las dimensiones establecidas por la norma.

De este modo, el presente ensayo determina la capacidad de absorción de agua que ostenta un sustrato textil. Para ello, se considera un lapso específico, es decir, el tiempo durante el cual el líquido es absorbido por el tejido. La recopilación de datos se lleva a cabo de manera visual, con el apoyo de un cronómetro. Cabe destacar que este ensayo demanda un mínimo de tres probetas por cada muestra, a fin de llevar a cabo la tabulación y evaluar la variabilidad de los resultados obtenidos (American Association of Textile Chemists and Colorists, 2015).

#### ***1.4.8. Norma estándar de solidez al lavado ISO 6330:2012***

La norma internacional ISO 6330:2012 detalla los pasos a seguir para el lavado y secado de textiles. Este procedimiento está diseñado para ser aplicado en tejidos, prendas y artículos textiles. Además, especifica los detergentes y contrapesos a utilizar en cada proceso.

Esta norma internacional incluye tres procedimientos:

**Tabla 2***Especificaciones de lavado ISO 6330:2012*

<b>Nº de procedimientos</b>	<b>Tipo de lavadora</b>
13 procedimientos de lavado diferentes	Tipo A: tambor horizontal y carga frontal
11 procedimientos	Tipo B: tambor vertical y carga superior
7 procedimientos	Tipo C: pulsación con tambor vertical y carga superior

Fuente: (ISO, 2021).

**1.5.Marco legal*****1.5.1. La Constitución de la República del Ecuador***

El Artículo 396 establece que: El Estado debe implementar acciones adecuadas con la finalidad de prevenir impactos negativos en el entorno cuando estos puedan ocasionar daños. El Estado debe ejecutar medidas positivas. La responsabilidad por daños al medio ambiente es de naturaleza objetiva, por lo tanto, es esencial imponer sanciones apropiadas que demanden la completa restauración de los ecosistemas afectados.

En otra perspectiva, el Artículo 397 de la Constitución de la República del Ecuador asigna al Estado la tarea de asegurar un entorno sano y equilibrado, comprometiéndose a regular la fabricación, importación, distribución y aplicación de materiales que se consideren dañinos para el medio ambiente. (Asamblea Constituyente, 2008, pp 13-120)

***1.5.2. Legislación ambiental TULSMA***

El propósito fundamental de la norma de calidad ambiental Tulsma en la cual establece la descarga de efluentes, Tulsma evita y regula la contaminación asociada al uso

del agua. Esta normativa tiene como objetivo principal proteger el recurso hídrico, además de conservar los recursos naturales y garantizar la protección de las personas, manteniendo la integridad de los ecosistemas y su relación con el entorno. Todas estas acciones buscar mantener, conservar y restaurar la calidad del agua, para ello se basa en los lineamientos establecidos en la norma. (TULSMA, 2016)

### ***1.5.3. Líneas de investigación UTN***

#### **Tabla 3**

*Lista de líneas de investigación de la UTN*

<b>N°</b>	<b>Líneas de investigación UTN</b>
1	Producción Industrial y Tecnología Sostenible.
2	Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible.
3	Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables.
4	Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable.
5	Salud y Bienestar Integral.
6	Gestión, Calidad de la Educación, Procesos Pedagógicos e Idiomas.
7	Desarrollo Artístico, diseño y publicidad.
8	Desarrollo Social y del Comportamiento Humano.
9	Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.
10	Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética).

*Nota.* Para esta investigación se emplea la novena línea de investigación que hace referencia a la Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.



## CAPÍTULO II

### 2 METODOLOGÍA

Este capítulo se centra en presentar la evidencia derivada de las investigaciones realizadas, detallando las normativas aplicadas y exponiendo el procedimiento propuesto en el tema de investigación.

#### 2.1. Tipos de investigación

Para abordar la aplicación de un acabado repelente al agua mediante el uso de resina en diversas concentraciones, fue necesario emplear diferentes metodologías.

##### 2.1.1 *Investigación de naturaleza analítica*

La investigación de naturaleza analítica se basa en declaraciones verbales y en el análisis de restos de materiales, lo que permite a los lectores obtener un entendimiento exhaustivo. Este enfoque es esencial para considerar múltiples factores y mantener un proceso organizado (Cairampoma, n.d.).

En el contexto de este estudio, se aplicó este enfoque para analizar el proceso de aplicación de resina en el tejido y llevar a cabo un análisis de los datos recopilados de las probetas.

##### 2.1.2 *Investigación experimental*

Cuando el investigador puede controlar las variables presentes, así como las que pueden surgir durante la investigación mediante ajustes, se clasifica como investigación experimental. En esta modalidad, el investigador debe tener al menos dos grupos de datos generados por él mismo (Ramos, 2021).

Es crucial aplicar este tipo de investigación para determinar si la resina confiere propiedades novedosas al tejido. Esto se logra al evaluar los datos recopilados de las muestras y determinar la dosificación óptima para lograr un tejido con capacidad de repeler el agua.

### 2.1.3 Investigación de comparación

La investigación de comparación implica una comparación sistemática de dos o más muestras en un estudio, con el objetivo de diferenciar las muestras (Gómez Díaz de León & León de la Garza, 2014).

Este enfoque se utilizó al comparar muestras de los tejidos sometidos al ensayo de repelencia al agua, siendo esencial para determinar qué probeta adquirió una mayor capacidad de repelencia.

### 2.2. Diseño de experimento

Durante la fase experimental, se realizó un diseño factorial multinivel  $2^3$ , mediante el programa estadístico StatGraphics Centurion. Las variables respuestas son: repelencia al agua y solidez al lavado. Las variables de estudio son: la concentración de la resina, pH y el tipo de resina.

**Tabla 4**

*Factores de estudio*

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
Concentración de resina	10,0	30,0	2	g/L
pH	3,0	5,0	2	pH
Tipo de Resina	-1,0	1,0	2	

Resina catiónica: -1; Resina aniónica: 1

*Nota.* En la **Tabla 4**, se muestran las concentraciones de resina 10 y 30 g/L, así como los valores de pH de 3 y 5 de la solución.

**Tabla 5***Variables respuestas*

<b>Respuestas</b>	<b>Unidades</b>
RAL	ISO
RDL	ISO

*Nota.* La **Tabla 5** presenta las variables respuestas obtenidas conforme al planteamiento de investigación y las unidades de cada evaluación. Las siglas "RAL" denotan la repelencia antes del lavado, mientras que "RDL" representa la repelencia después del lavado.

**Tabla 6***Matriz de diseño de experimentos*

<b>Bloque</b>	<b>Concentración g/L</b>	<b>pH</b>	<b>Tipo de resina</b>
1	30	3	1
1	30	5	-1
1	10	5	1
1	30	3	-1
1	10	3	-1
1	10	3	1
1	10	5	-1
1	30	5	1
2	10	3	-1
2	10	3	1

Bloque	Concentración g/L	pH	Tipo de resina
2	10	5	1
2	30	3	1
2	30	5	1
2	30	5	-1
2	10	5	-1
2	30	3	-1
3	30	5	-1
3	10	5	-1
3	30	5	1
3	30	3	-1
3	10	3	-1
3	10	5	1
3	30	3	1
3	10	3	1

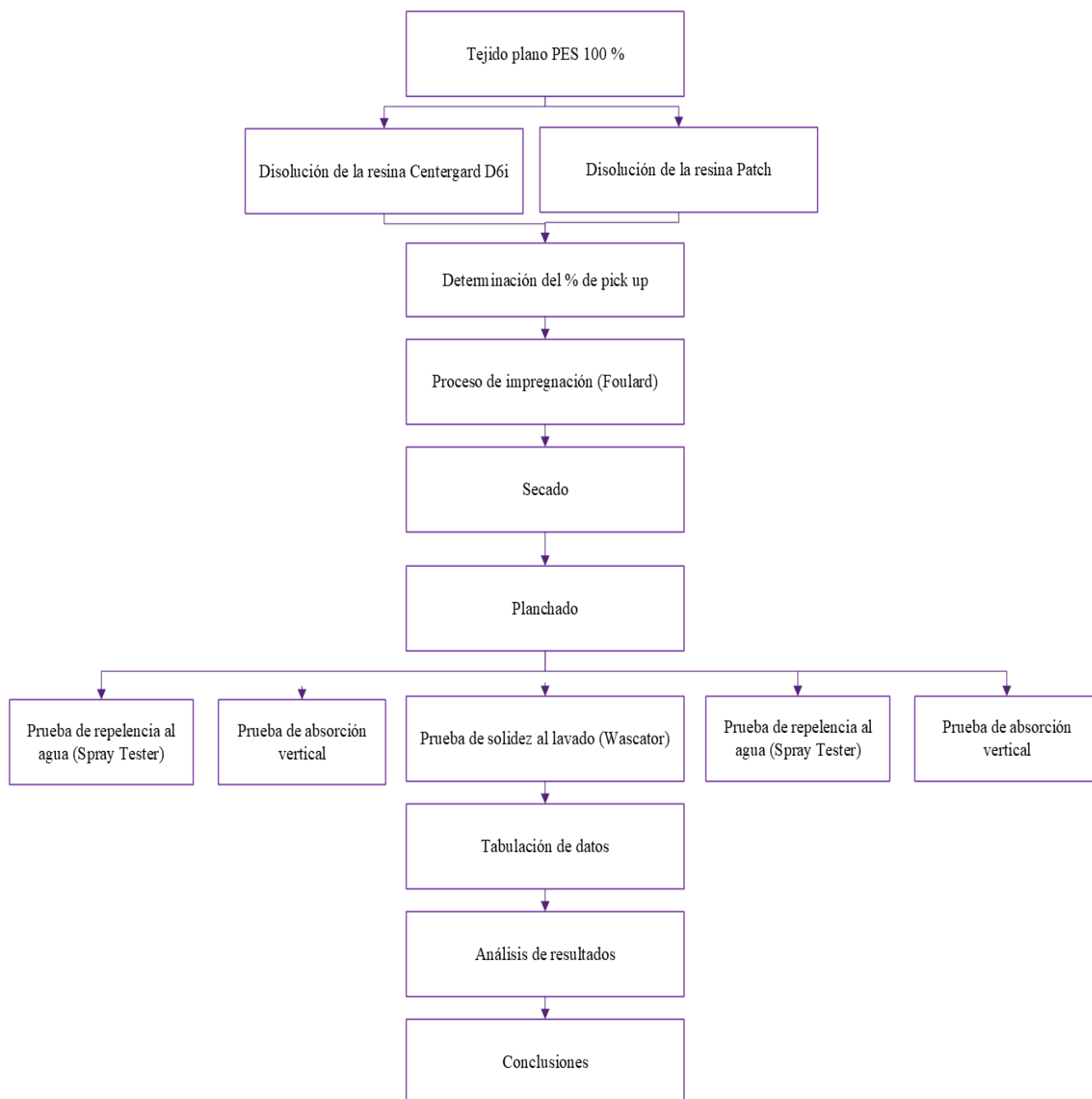
*Nota.* La **Tabla 6** presenta el diseño experimental  $2^3$  elaborado a través del programa StatGraphics Centurion. Este diseño comprende un total de 24 ejecuciones, las cuales se distribuyen en 3 bloques. La secuencia de cada experimento se determinó de manera aleatoria, con el propósito de evitar influencias de variables no controladas. Este diseño experimental bien planificado y ejecutado garantiza la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos, al tiempo que proporciona una base sólida para el análisis estadístico y las conclusiones derivadas del estudio.

## 2.3. Flujogramas

### 2.3.1. Flujograma general

**Figura 9**

*Flujograma general del proceso*

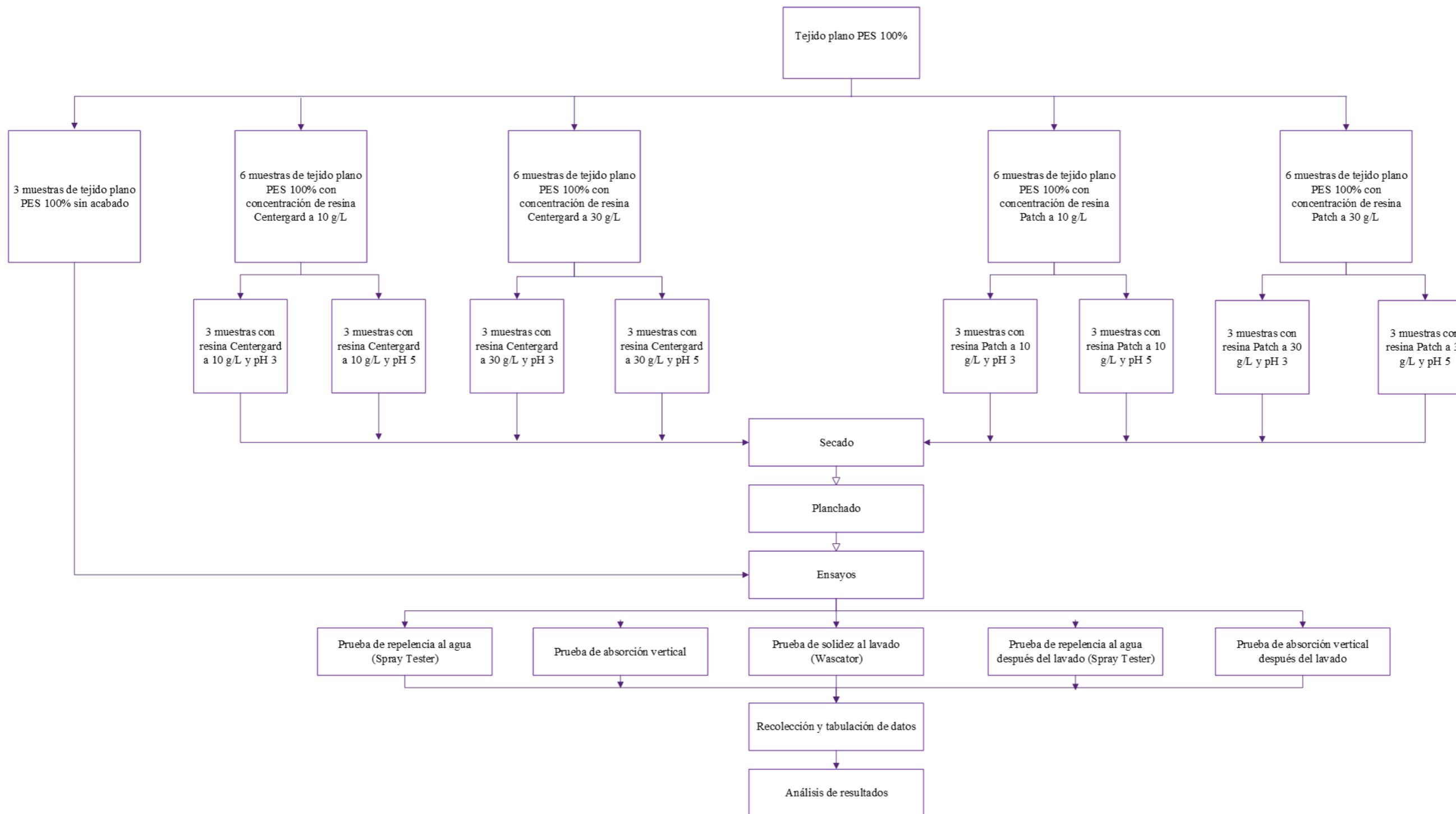


Fuente: Propia.

2.3.2. Flujograma muestral

Figura 10

Flujograma muestral del proceso



Fuente: Propia

## 2.4. Materiales e insumos

Los materiales usados en esta investigación se enumeran a continuación:

### 2.4.1. *Tejido 100% poliéster*

El poliéster es un material sintético compuesto por cadenas de monómeros unidos mediante ésteres. Esta unión resulta en una estructura química compleja conocida como polímero. Estos polímeros forman cadenas largas que se cohesionan a través de enlaces de hidrógeno, los cuales son identificados como Fuerzas de Van der Waals o interacciones hidrofóbicas. En conjunto, la compleja estructura química del poliéster y las fuerzas de interacción que se presentan entre sus cadenas confieren a este material sus propiedades únicas, como su resistencia, durabilidad y capacidad para resistir condiciones ambientales adversas. Estas características lo convierten en un material ampliamente utilizado en una variedad de aplicaciones industriales y de consumo (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012).

### **Figura 11**

*Tela de poliéster*



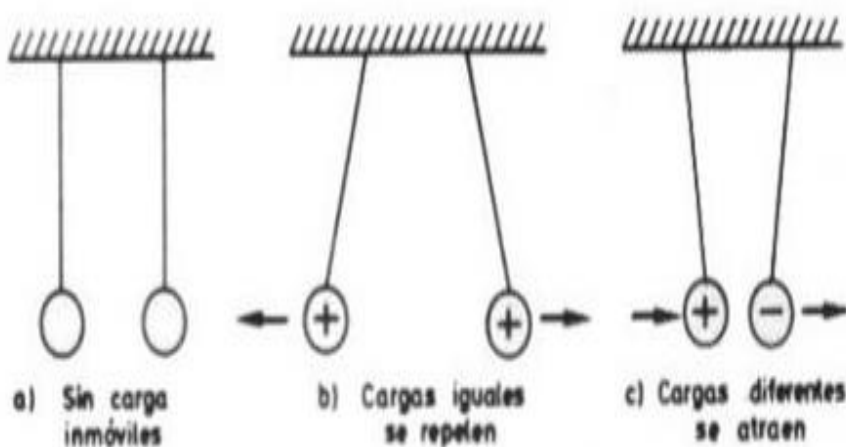
Fuente: (Etsy, 2023).

### 2.4.2. Carga del poliéster

El poliéster posee una carga electrostática, lo que significa que hay un desequilibrio de electrones en la superficie del tejido. Siendo un material sintético, tiene la tendencia a generar fricción con otros materiales, lo que conduce a la transferencia de electrones y, por ende, a una disparidad en las cargas. En ambientes con baja humedad o condiciones secas, este tipo de material tiende a incrementar la carga estática. Dado que el poliéster es un termoplástico, exhibe la propiedad de ser un buen aislante eléctrico, lo que resulta en la acumulación de cargas estáticas en su superficie. Por consiguiente, en la producción de este material se aconseja la incorporación de agentes antiestáticos. Estos agentes están diseñados para disipar la carga estática de manera eficiente, manteniendo niveles bajos de estática en el material final. Esta medida es especialmente importante en aplicaciones donde la acumulación de carga estática puede ser perjudicial o indeseable, como en la confección de ropa o textiles técnicos (SERVEI ESTACIO, 2023).

**Figura 12**

*Cargas eléctricas*



Fuente: (Jaramillo, 2021).



### 2.4.3. *Propiedades del poliéster*

**Tabla 7**

*Características del poliéster*

<b>Propiedades físicas</b>	<b>Propiedades químicas</b>
Baja absorción del agua (impermeabilidad)	Posee buenas características termoplásticas.
Recuperación a las arrugas	Susceptible a la acción de alcalinos fuertes, ácidos concentrados y temperaturas elevadas.
Estabilidad dimensional	Alta capacidad de resistencia a la radiación solar y condiciones climáticas.
Resistente a la rotura y desgaste	Gran afinidad a la electricidad electrostática.
Capacidad de resistir la abrasión, protección contra insectos y microorganismos.	Tintura adecuada con colorantes dispersos.

Fuente: (Celin, 2020).


Con base en los datos proporcionados por la **Tabla 7**, se puede establecer que el material textil exhibe propiedades notables, tales como impermeabilidad, resistencia a arrugas y desgaste, así como una buena resistencia química en la mayoría de los casos. Sin embargo, es importante destacar que puede ser afectado por sustancias fuertes y altas temperaturas. Además, presenta una afinidad a la electricidad estática y es apto para la tintura con colorantes dispersos.

Por último, estas características convierten a este material en una elección versátil y valiosa en una amplia gama de aplicaciones tanto industriales como comerciales. En este sentido, la baja absorción de agua, que confiere impermeabilidad, lo posiciona como una opción óptima para entornos donde la resistencia a la humedad es de vital importancia

#### 2.4.4. Caracterización del tejido de poliéster

**Tabla 8**

*Caracterización de tejido de poliéster*

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
Composición:	100 % Poliéster	
Gramaje ( $g/m^2$ ):	117,2	
Tipo de tejido:	Tafetán	
Hilos de trama:	88	
Hilos de urdimbre:	98	
Ancho del tejido (m):	1,56	
Rendimiento (m/kg):	5,55	

Fuente: Propia.

#### 2.5. Resina Centergard D6i

Este tipo de resina es adecuada para ser utilizada en fibras de naturaleza tanto sintética como natural, como la poliamida, el poliéster y sus combinaciones, así como la lana y la seda. Esta resina en particular confiere al tejido propiedades de repelencia tanto al agua como al aceite. Su composición incluye grupos reactivos capaces de llevar a cabo procesos de reticulación, lo que hace innecesaria la incorporación de agentes de enlace cruzado externos.

**Figura 13**

*Resina Centergard D6i*



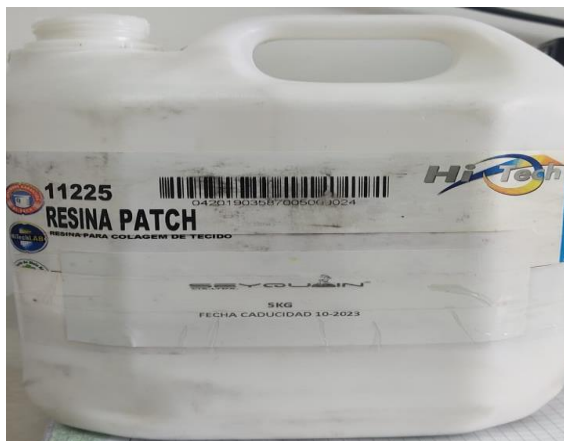
Fuente: (Seyquiin, 2022).

## **2.6. Resina Patch**

Este tipo de resina es aplicada para encolado en solapas en forma de parche de piezas realizadas en artículos de pantalones vaqueros.

**Figura 14**

*Resina Patch*



Fuente: (Seyquiin, 2023).

Existen diferentes tipos de resinas entre ellas se encuentran las siguientes:

**Tabla 9**

*Clasificación de las resinas según su funcionalidad*

N°	Tipos de resinas	Producción	Grupo funcional
1	Catiónicas ácidas fuertes	Por medio de introducción de grupos de sulfonato en el polímero mediante reacción con ácido sulfúrico.	Ácido sulfónico -SO <sub>3</sub> H
2	Catiónicas ácidas débiles	-	Ácido carboxílico -COOH principalmente en ácido acrílico o metacrílico.
3	Aniónicas con base fuerte	Reacción entre aminas terciarias y copolímeros de estireno-divinilbenceno funcionalizados con grupos clorometilo.	Sal de amonio cuaternario R <sub>4</sub> N <sup>+</sup> .
4	Aniónicas con base débil	Aplicación en la adsorción de ácidos fuertes, aunque su cinética es lenta. Forma enlaces de coordinación con metales	Funcionalidades de aminas, incluyendo aminas primarias (-NH <sub>2</sub> ), secundarias (-NHR) y terciarias (-NR <sub>2</sub> ).
5	Quelantes	usando átomos de azufre, nitrógeno, oxígeno y fósforo.	Ácido iminodiacético

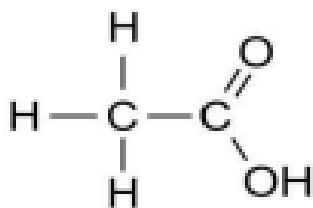
Fuente: (Hidalgo & Guamán, 2006).

## 2.7. Ácido acético

Este tipo de ácido es conocido por diferentes nombres, tales como etanoico, etílico o metil carboxílico. Se caracteriza por ser un líquido incoloro y poseer un olor similar al del vinagre. Su fórmula molecular es  $C_2H_4O_2$  y su estructura desarrollada se representa como  $CH_3COOH$ . Principalmente, este compuesto se utiliza en la fabricación del acetato de vinilo, ya que aproximadamente una tercera parte de este compuesto está compuesta por ácido acético. En el ámbito textil, su aplicación principal se da en procesos de tintorería, donde actúa como regulador de pH. (Zeiger C, 2018).

### Figura 15

*Forma estructural del ácido acético*



Fuente: (Zeiger C, 2018).

### Tabla 10

*Listado de consumibles*

N°	Materiales y productos
1	Detergente Perlavin Pam Conc
2	Balanza digital
3	Vasos de precipitación
4	Agitador
5	Banditas de pH
6	Matraz aforado
7	Tijera

Los equipos empleados en la fase práctica de esta investigación corresponden a la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte.

## **2.8. Equipos.**

### **2.8.1. Foulard**

El foulard tiene como propósito impregnar una solución que puede contener colorantes, auxiliares, resinas, entre otros, sobre un sustrato textil. El tejido atraviesa un par de rodillos que aplican una presión y velocidad determinadas según el tejido que se va a impregnar. Estas variables se ajustan para permitir la extracción del exceso de producto.

### **Figura 16**

*Foulard*



### **2.8.2. Túnel de secado**

Este equipo, transporta los tejidos a través de una malla hacia el túnel de secado. Para garantizar un secado eficiente y preservar las propiedades deseadas del material, es imperativo ajustar la temperatura y velocidad según el tipo de textil y el acabado aplicado. Asimismo, la verificación de las fichas técnicas es esencial, proporcionando datos vitales sobre la resistencia al calor y la tolerancia del tejido, asegurando así un proceso de secado adecuado y seguro. La verificación de parámetros garantiza resultados óptimos en el tratamiento del tejido.

**Figura 17***Túnel de secado*

Fuente: Autor.

**2.8.3. *Spray Tester***

La utilidad técnica de este equipo, estandarizado por la AATCC, radica en la realización de pruebas de repelencia al agua en materiales textiles. Esto se logra a través de una prueba de humectación que determina si el tejido es repelente, utilizando una tabla de calificación. También es conocida como una prueba de ducha que se aplica a los textiles para verificar su impermeabilidad.

**Figura 18***Spray de repelencia al agua*

Fuente: (CTEX, 2020).

#### **2.8.4. Wascator**

Este equipo se emplea para determinar la evaluación libre de arrugas, la contracción, la estabilidad dimensional y la apariencia de un tejido después de ser sometido a un proceso de lavado. Cumple con los estándares europeos (ISO).

#### **Figura 19**

*Wascator*



Fuente: (CTEX, 2020).

### **2.9. Normas de referencia**

Las normas de referencia proporcionan el procedimiento para llevar a cabo cada ensayo y lograr el acabado deseado. En este estudio se aplicó la norma AATCC 22 y la norma ISO 6330:2012 al textil.

#### **2.9.1. Norma AATCC 22 para la resistencia al agua**

Este ensayo es aplicable a diversos tipos de tejidos, ya sea que posean o no un acabado de repelencia al agua. Su propósito es evaluar la capacidad del textil para repeler el agua. Se centra en medir la efectividad de esta repelencia. Los resultados de la prueba están directamente relacionados con la capacidad de repeler el agua.

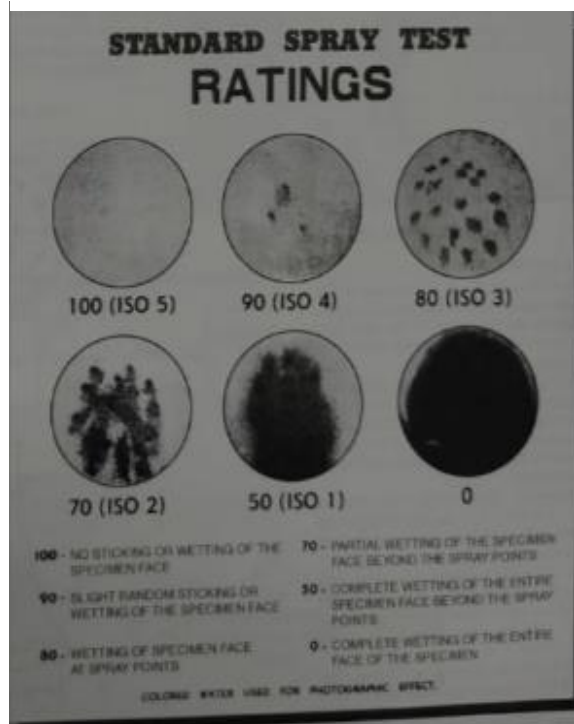
El principio de este ensayo implica el uso de agua destilada y una muestra de tejido con dimensiones especificadas por la norma. El agua se vierte sobre la superficie lisa y tensa de la



muestra en condiciones controladas. Posteriormente, se evalúa la muestra utilizando una tabla de calificación.

## Figura 20

*Tabla estándar de calificación*



*Nota.* La **Figura 20** representa una tabla de calificación según la humectabilidad que haya presentado el tejido sometido al ensayo de repelencia al agua. Fuente: (American Association of Textile Chemists and Colorists, 2015).

Los materiales que se usan para este tipo de ensayo son los siguientes:

2. Equipo de pulverización AATCC
3. Cilindro graduado de 250 ml
4. Agua destilada
5. Cronómetro

Los especímenes destinados a este ensayo comprenden tres muestras, las cuales deben tener dimensiones de 180 x 180 mm. Estas deben ser acondicionadas a una humedad relativa de  $65 \pm 2\%$  y una temperatura de  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  durante un mínimo de 4 horas antes de la prueba. En lo posible, cada muestra debería contener diferentes grupos de hilos en las direcciones longitudinal y transversal.

La precisión de este método se establece con base a pruebas interlaboratorios realizadas en 1994. En estas pruebas participaron seis laboratorios, se utilizaron tres tipos de tejidos, con dos operadores por laboratorio y se llevaron a cabo tres determinaciones por tejido. Estas pruebas se realizaron en días distintos.

La escala de calificación de la pulverización es discreta y no continua. Sin embargo, los resultados se fundamentan en promedios que tienden a distribuirse normalmente (American Association of Textile Chemists and Colorists, 2015).

### **2.9.2. Norma ISO 6330:2012**

Para llevar a cabo este ensayo, se empleó una lavadora de tipo A, que se caracteriza por contar con un tambor horizontal y una apertura frontal. Se incluyeron contrapesos elaborados con algodón, poliéster y una mezcla PES/CO, con el propósito de agregar el peso adecuado para el ciclo de lavado.

- Se estableció una cantidad de 20 gramos de detergente a utilizar.
- Se cargaron las 24 muestras de tejido junto con los contrapesos, dando un peso total de 2 kg.
- Se cargaron las 24 muestras de tejido junto con los contrapesos, dando un peso total de 2 kg. Se seleccionó el programa de lavado 3N, y el agua se mantuvo a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ .

### **2.9.3. Norma AATCC 197 Capilaridad vertical de textiles**

El propósito de esta prueba es evaluar la capacidad de las muestras de tejido dispuestas verticalmente para transportar líquido a lo largo de las fibras. Este ensayo es aplicable tanto a tejidos planos como de punto.

Este procedimiento se emplea para analizar la absorción vertical de tejidos expuestos a agua destilada o desionizada, donde la absorción es influenciada por la gravedad. La prueba mide el tiempo y la distancia que el agua se moverá hacia arriba desde el borde cortado de una muestra, pero no replica la exposición de un producto final durante su uso.

En resumen, esta prueba representa una herramienta esencial para comprender y cuantificar la capacidad de absorción vertical de tejidos.

## **2.10. Procedimiento**

La parte práctica aplicada se dividió en las siguientes etapas, detalladas en el siguiente orden:

### **2.10.1. Corte y lavado del tejido de poliéster 100 %.**

En esta etapa, se procedió a cortar la tela en una dimensión de 5 metros. Posteriormente, se dividió en 27 muestras, cada una con dimensiones de 100 cm x 25 cm. El textil fue luego introducido en la máquina wascator con el fin de eliminar cualquier impureza o tensoactivo presente en la superficie del tejido. Para esto, se utilizó el detergente PERLAVIM PAM CONC, y la máquina se programó en el lavado 5N.

### **2.10.2. Formulaciones y parámetros**

Con el fin de lograr un acabado repelente al agua, se determinaron las siguientes dosificaciones de la resina CENTERGARD D6i. El proceso detallado se presenta en la **Figura 10**.

**Tabla 11***Receta 1 con resina Centergard D6i*

<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
Resina Centergard D6i	10 g/L → 3 g de resina
Ácido acético	Ajustar a pH 3
Agua	300 ml
Tela 100 % PES	100cm x 25cm
T°C	20

*Nota.* La **Tabla 11** muestra detalles sobre los productos empleados y sus respectivas dosificaciones.

La resina Centergard se utilizó a una concentración de 10 g/L, lo que implicó la adición de 3 g de resina en 300 ml de agua. Cabe mencionar que, al preparar esta solución, se observó un pH inicial de 6.

**Tabla 12***Receta 2 con resina Centergard D6i*

<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
Resina Centergard D6i	10 g/L → 3 g de resina
Ácido acético	Ajustar a pH 5
Agua	300 mL
Tela 100 % PES	100 cm x 25cm
T°C	20

*Nota.* La **Tabla 12** exhibe la segunda receta que emplea resina Centergard, donde se aplicaron 3 g de resina disueltos en 300 ml de agua.

**Tabla 13***Receta 3 con resina Centergard D6i*

<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
Resina Centergard D6i	30 g/L → 9 g de resina
Ácido acético	Ajustar a pH 3
Agua	300 mL
Tela 100 % PES	100 cm x 25cm
T°C	20

*Nota.* La **Tabla 13** revela una dosificación de 30 g/L, para la cual se calcularon 9 gramos de resina que se disolvieron en 300 mL de agua.

**Tabla 14***Receta 4 con resina Centergard D6i*

<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
Resina Centergard D6i	30 g/L → 9 g de resina
Ácido acético	Ajustar a pH 5
Agua	300 mL
Tela 100 % PES	100 cm x 25cm
T°C	20

*Nota.* La **Tabla 14** indica una dosificación de 9 g de resina disuelta en 300 mL de agua.

A continuación, se presentan las tablas con la resina Patch con las mismas dosificaciones.

**Tabla 15**

*Receta 5 con resina Patch*

<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
Resina Patch	10 g/L → 3 g de resina
Ácido acético	Ajustar a pH 3
Agua	300 mL
Tela 100 % PES	100 cm x 25cm
T°C	20

*Nota.* La **Tabla 15** especifica la dosificación de productos, se usó 3 g de resina Patch en 300 ml de agua a una concentración de 10 g/L.

**Tabla 16**

*Receta 6 con resina Patch*

<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
Resina Patch	10 g/L → 3 g de resina
Ácido acético	Ajustar a pH 5
Agua	300 mL
Tela 100 % PES	100 cm x 25cm
T°C	20

*Nota.* Los datos de la **Tabla 16** detallan la segunda receta con resina Patch, en la cual se utilizó una dosificación inicial de 3 g de resina disuelta en 300 mL de agua.

**Tabla 17***Receta 7 con resina Patch*

<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
Resina Patch	30 g/L → 9 g de resina
Ácido acético	Ajustar a pH 3
Agua	300 mL
Tela 100 % PES	100 cm x 25cm
T°C	20

*Nota.* La **Tabla 17** indica una dosificación de 30 g/L para la tercera receta con resina Patch. Se prepararon 9 gramos de resina en un volumen de 300 mL de agua.

**Tabla 18***Receta 8 con resina Patch*

<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
Resina Patch	30 g/L → 9 g de resina
Ácido acético	Ajustar a pH 5
Agua	300 mL
Tela 100 % PES	100 cm x 25cm
T°C	20

*Nota.* En la **Tabla 18**, se observa una dosificación de 9 g de resina, la cual se disolvió en 300 ml de agua.

El procedimiento para cada receta se llevó a cabo en el foulard horizontal, manteniendo las mismas condiciones y parámetros, que fueron una presión de 1 psi y una velocidad de 1 m/min. Posteriormente, las probetas fueron sometidas a un proceso de secado en el túnel a una temperatura de 150°C y una velocidad de 15 m/min. Para el textil tratado con la resina Centergard D6i, se realizó el paso por el túnel en ambos lados. En cambio, el tejido con resina Patch requirió cuatro pasadas en el túnel debido a su propiedad de retener humedad.

Luego, se procedió a activar el producto en cada tejido mediante el planchado con una plancha doméstica.

El proceso de acuerdo con la normativa AATCC 22-2014 consistió en los siguientes pasos:

### **Figura 21**

*Ajuste de la muestra al aro*



*Nota.* Fijar las muestras de prueba en un aro de 152,4 mm de diámetro, asegurando que la superficie del tejido quedará expuesta a la pulverización de agua es esencial para obtener resultados relevantes, es importante garantizar que el tejido esté liso y libre de arrugas, ya que cualquier irregularidad en la superficie podría afectar significativamente los resultados de la prueba.



**Figura 22**

*Patrón de rocío en el centro del aro*



*Nota.* Se posicionó el aro sobre el soporte del dispositivo con el tejido orientado hacia arriba, asegurando que el centro del patrón de rocío coincidiera con el centro del aro.

**Figura 23**

Proceso de prueba de repelencia



*Nota.* Se añadieron 250 ml de agua destilada en el embudo del dispositivo, permitiendo que se rociara sobre la muestra de prueba durante un periodo de 25 a 30 segundos.

## Figura 24

### *Proceso de golpeo del aro*



*Nota.* El aro fue agarrado por el borde inferior y se impactó con fuerza una vez contra un objeto sólido, manteniendo el tejido hacia el objeto. Luego, se giró el aro 180° y se realizó otro golpe en el mismo punto previamente sostenido.

- Se repitieron los pasos para las 24 muestras.

Es esencial abstenerse de realizar movimientos en el embudo, ya que esto puede alterar la distribución del rocío sobre la muestra.

Para la evaluación y documentación de las muestras, se siguió el siguiente procedimiento:

- Tras el impacto del tejido, se procedió a una minuciosa comparación con el patrón mojado o manchado, empleando la tabla de clasificación facilitada por la (American Association of Textile Chemists and Colorists, 2015). En esta etapa, se llevó a cabo una evaluación detallada de la superficie de la muestra, considerando aspectos como la extensión de la absorción y la distribución de la humedad. Cada muestra fue meticulosamente analizada y se le asignó una calificación en concordancia con los estándares establecidos en la tabla de

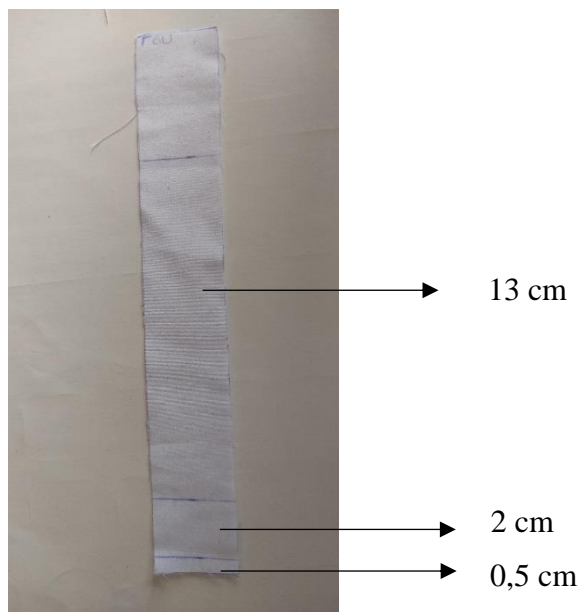
clasificación. Esta evaluación cuantitativa proporcionó información sobre la capacidad de absorción del tejido y permitió una comparación objetiva entre las diferentes muestras sometidas al ensayo.

Además, se llevó a cabo la prueba de capilaridad vertical en textiles conforme a la norma AATCC 197, la cual tiene como objetivo evaluar la absorción vertical de un tejido mediante una evaluación visual.

El procedimiento para esta norma es el siguiente:

### **Figura 25**

#### *Tamaño de la muestra para absorción vertical*



*Nota.* Las muestras se cortaron en dimensiones de 2,5 cm x 21 cm para la trama y urdimbre, y se marcaron puntos a 0,5 cm, 2 cm y 13 cm. Estas marcas facilitan la evaluación de la absorción del tejido, y las mediciones se realizan a partir de cada punto marcado. Es decir, la línea marcada a 0,5 cm inicia la medición hasta los 2 cm, y la línea marcada a 2 cm inicia la medición hasta los 13 cm.

**Figura 26**

*Clip en la base del tejido*



*Nota.* Se coloca un clip a manera de sujetar la probeta, para que provoque un peso sobre ella y pueda sumergirse con mayor facilidad al agua, puesto que el poliéster al poseer el acabado de repelencia flota sobre el agua.

**Figura 27**

*Muestras en ensayo*



*Nota.* Se colocan las muestras dentro de un matraz aforado con 80 ml de agua destilada.

Para determinar la calificación visual de estas muestras, es necesario utilizar un cronómetro. Se establecen las siguientes condiciones:

1. Al introducir la muestra en el matraz Erlenmeyer que contiene agua destilada, se inicia el cronómetro y se espera cinco minutos. Si el agua alcanza la línea de los 2 cm durante este período, se debe prolongar el tiempo de espera en 25 minutos adicionales. En caso de que el agua exceda la línea de los 13 cm, se seguirá esperando. En contraste, si el

agua no alcanza la línea de los 2 cm en los primeros cinco minutos, el ensayo se da por concluido y se indica en el informe que el tejido no es absorbente.

### **Figura 28**

#### *Proceso de absorción vertical*



Por último, se procedió a realizar el ensayo de lavado doméstico siguiendo el procedimiento de la norma ISO 6330:2012, que establece lo siguiente:

- a) Programar la máquina Wascator.
- b) Preparar y pesar las probetas antes de llevar a cabo el procedimiento.
- c) Colocar los contrapesos y añadir el detergente.
- d) Introducir las muestras en el Wascator.
- e) Retirar las muestras y dejarlas a temperatura ambiente.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Resultados

Al recopilar los datos derivados de los ensayos de repelencia al agua, solidez al lavado y absorción vertical del textil, se obtuvieron los resultados del equipo de prueba:

##### 3.1.1. *Tabla de resultados de repelencia al agua*

En relación con los resultados de este ensayo, se consideran los datos de calificación, los cuales se presentan en la **Figura 20**. Cada espécimen fue sometido a los parámetros especificados en la norma AATCC 22 – 2014, obteniéndose los siguientes datos:

**Tabla 19**

*Resultados de repelencia al agua con resina Centergard antes del lavado*

	Concentración (g/L)	pH	Calificación
Muestras sin acabado 1,2 y 3	-	-	50 ISO 1
Muestras 4, 5 y 6	10	3	70 ISO 2
Muestras 7, 8 y 9	10	5	80 ISO 3
Muestras 10, 11 y 12	30	3	80 ISO 3
Muestras 13, 14 y 15	30	5	80 ISO 3

*Nota.* Los resultados derivados de la **Tabla 19** exponen las evaluaciones obtenidas tras el ensayo llevado a cabo con el Spray Tester, donde se asignó una calificación a cada muestra. En este sentido, se determinó que las tres primeras muestras, aunque carecían de acabado, tras un lavado previo

obtuvieron una calificación de 50 ISO 1. Conforme a la tabla de calificación, esto indica que se trata de un tejido con mojado completo en toda su superficie, más allá de los puntos de pulverización. Por su parte, las muestras tratadas con 10 g/L y pH 3 recibieron una calificación de 70 ISO 2, indicando que la superficie de este textil presenta un mojado parcial en su cara, más allá de los puntos de pulverización. Finalmente, las muestras tratadas con (10 g/L y pH5), (30 g/L y pH3) y (30 g/L y pH 5) obtuvieron calificaciones de 80 ISO 3, lo que determina que poseen un mojado en su cara representado como puntos de pulverización.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras llevar a cabo la prueba de lavado utilizando el equipo Wascator los cuales proporcionan información sobre la resistencia y durabilidad del tejido ante condiciones simuladas de lavado. Esta fase de evaluación es esencial para determinar la idoneidad del material en contextos donde la resistencia al lavado es un factor crítico.

**Tabla 20**

*Resultados de repelencia al agua con resina Centergard después del lavado*

	<b>Concentración (g/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Calificación</b>
Muestras sin acabado 1,2 y 3	-	-	50 ISO 1
Muestras 4, 5 y 6	10	3	70 ISO 2
Muestras 7, 8 y 9	10	5	70 ISO 2

Muestras 10, 11 y 12	30	3	70 ISO 2
Muestras 13, 14 y 15	30	5	70 ISO 2

*Nota.* Los datos de la **Tabla 20** representan las muestras después de haber sido sometidas a un ciclo de lavado doméstico siguiendo la normativa ISO 6330:2012. Posteriormente, se evaluaron utilizando el Spray Tester, lo que arrojó las siguientes calificaciones: Las tres primeras muestras, sin ningún acabado, obtuvieron una calificación de 50 ISO 1, indicando que el tejido está completamente mojado en toda su superficie, más allá de los puntos de pulverización. En cambio, las muestras tratadas con 10 g/L a pH 3 y pH 5, así como las tratadas con 30 g/L a pH 3 y pH 5, obtuvieron una calificación de 70 ISO 2, lo que sugiere un mojado parcial en su superficie, más allá de los puntos de pulverización.

### **Tabla 21**

*Resultados de repelencia al agua con resina Patch antes del lavado*

	<b>Concentración (g/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Calificación</b>
Muestras sin acabado 1,2 y 3	-	-	50 ISO 1
Muestras 4, 5 y 6	10	3	70 ISO 2
Muestras 7, 8 y 9	10	5	70 ISO 2
Muestras 10, 11 y 12	30	3	50 ISO 1



---

Muestras 13, 14 y 15	30	5	70 ISO 2
----------------------	----	---	----------

---

*Nota.* Los resultados de la **Tabla 21** reflejan los datos obtenidos tras aplicar el acabado con la resina Patch. Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas con el Spray Tester, lo que resultó en las siguientes calificaciones: Las tres primeras muestras, sin ningún tratamiento, pero previamente lavadas, obtuvieron una calificación de 50 ISO 1, lo que indica que la superficie del tejido estaba completamente mojada, más allá de los simples puntos de pulverización. En cambio, las muestras tratadas con 10 g/L a pH 3, 10 g/L a pH 5 y 30 g/L a pH 5 obtuvieron una calificación de 70 ISO 2, indicando que la superficie del tejido estaba mojada en su totalidad, más allá de los puntos de pulverización. Finalmente, las muestras tratadas con 30 g/L a pH 3 alcanzaron una calificación de 50 ISO 1, lo que sugiere que la superficie del tejido estuvo mojada y posee una repelencia muy baja.

### **Tabla 22**

*Resultados de repelencia al agua con resina Patch después del lavado*

---

	<b>Concentración</b> <b>(g/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Calificación</b>
Muestras sin acabado 1,2 y 3	-	-	50 ISO 1
Muestras 4, 5 y 6	10	3	50 ISO 1
Muestras 7, 8 y 9	10	5	50 ISO 1
Muestras 10, 11 y 12	30	3	0

---

---

Muestras 13, 14 y 15	30	5	50 ISO 1
----------------------	----	---	----------

---

*Nota.* La **Tabla 22** presenta los resultados de la solidez al lavado con la resina Patch, seguido del ensayo con el Spray Tester. Las muestras sin acabado y las tratadas con 10 g/L a pH 3, 10 g/L a pH 5 y 30 g/L a pH 5 obtuvieron una calificación de 50 ISO 1, lo que indica que la superficie del tejido estaba completamente mojada, más allá de los simples puntos de pulverización. Por otro lado, la muestra tratada con 30 g/L a pH 3 alcanzó una calificación de cero, lo que indica que la muestra estaba completamente mojada.

### 3.1.2. Resultados de solidez al lavado doméstico

Al analizar las tablas anteriores, se extraen los resultados más favorables de resistencia al lavado doméstico y se procede a compararlos:

**Tabla 23**

*Comparación de muestras antes y después del lavado con resina Centergard D6i*

---

Muestras antes del lavado	Concentració n g/L	pH	Calificación	Muestras después del lavado	Concentració n g/L	pH	Calificación
Muestra 4	10	3	70 ISO 2	Muestra 4	10	3	70 ISO 2
Muestra 7	10	5	80 ISO 3	Muestra 7	10	5	70 ISO 2
Muestra 10	30	3	80 ISO 3	Muestra 10	30	3	70 ISO 2
Muestra 13	30	5	80 ISO 3	Muestra 13	30	5	70 ISO 2

---

*Nota.* Tras analizar la **Tabla 23**, se observa que las muestras fueron evaluadas antes y después del lavado. En la primera muestra de 10 g/L con pH 3, se evidencia que el acabado se mantiene, lo que sugiere una permanencia a esa dosificación. Sin embargo, en las siguientes muestras de 10 g/L con pH 5, 30 g/L con pH 3 y 30 g/L con pH 5, la calificación inicial de 80 ISO 3 antes del lavado disminuye a 70 ISO 2 después del lavado doméstico, indicando un acabado semipermanente.

**Tabla 24**

*Comparación de muestras antes y después del lavado con resina Patch*

<b>Muestras antes del lavado</b>	<b>Concentración n g/L</b>	<b>pH</b>	<b>Calificación</b>	<b>Muestras después del lavado</b>	<b>Concentración n g/L</b>	<b>pH</b>	<b>Calificación</b>
Muestra 4	10	3	70 ISO 2	Muestra 4	10	3	50 ISO 1
Muestra 7	10	5	70 ISO 2	Muestra 7	10	5	50 ISO 1
Muestra 10	30	3	50 ISO 1	Muestra 10	30	3	0
Muestra 13	30	5	70 ISO 2	Muestra 13	30	5	50 ISO 1

*Nota.* Al analizar la **Tabla 24** y comparar los datos antes y después del lavado con resina Patch, se observa que las muestras de 10 g/L con pH 3, 10 g/L con pH 5 y 30 g/L con pH 5 inicialmente obtuvieron una calificación de 70 ISO 2. Sin embargo, después del lavado, experimentaron una disminución en la repelencia, resultando en una calificación de 50 ISO 1, lo que indica que el acabado es semipermanente. Por otro lado, el espécimen de 30 g/L con pH 3 inicialmente obtuvo un 50 ISO 1 y tras el ensayo de resistencia al lavado, se obtuvo una calificación de cero, lo que indica que este acabado en esta dosificación no es permanente.

### 3.1.3. Tabla de resultados de absorción al agua

**Tabla 25**

*Resultados del nivel de absorción vertical con resina Centergard*

	Concentración g/L	pH	Calificación (cm)
Muestras sin acabado 1,2 y 3	-	-	2,5
Muestras 4, 5 y 6	10	3	-2
Muestras 7, 8 y 9	10	5	-2
Muestras 10, 11 y 12	30	3	-2
Muestras 13, 14 y 15	30	5	-2

*Nota.* Los resultados del ensayo de absorción vertical con el acabado de resina Centergard se presentan en la **Tabla 25**. Se observa que, durante la prueba tanto en trama como en urdimbre, la absorción no superó los 2 cm, indicando una repelencia efectiva del agua en ambas direcciones. En contraste, las muestras sin acabado mostraron niveles de absorción tanto en trama como en urdimbre.

**Tabla 26**

*Resultados del nivel de absorción vertical con resina Patch*

	Concentración g/L	pH	Calificación (cm)
Muestras sin acabado 1,2 y 3	-	-	2,5

---

Muestras 4, 5 y 6	10	3	-2
Muestras 7, 8 y 9	10	5	-2
Muestras 10, 11 y 12	30	3	-2
Muestras 13, 14 y 15	30	5	-2

---

*Nota.* Los resultados del ensayo de absorción vertical con la aplicación de resina Patch en el tejido se presentan en la **Tabla 26**. Se determinó que las muestras tratadas con este acabado no presentaron niveles de absorción que excedieran los 2 cm, indicando una efectiva repelencia al agua en ambas direcciones de trama y urdimbre. En contraste, las muestras sin acabado mostraron niveles de absorción de 2,5 cm.

Ambas resinas, Centergard y Patch, han demostrado ser efectivas en proporcionar repelencia al agua en ambas direcciones de trama y urdimbre, ya que en ambos casos las muestras tratadas no presentaron niveles de absorción que excedieran los 2 cm. Sin embargo, es importante destacar que la resina Centergard proporciona una repelencia al agua aún más efectiva, ya que las muestras sin acabado tuvieron niveles de absorción, mientras que en el caso de la resina Patch, las muestras sin acabado mostraron niveles de absorción de 2,5 cm. Por lo tanto, basándonos en estos resultados, se puede concluir que el acabado con la resina Centergard es la opción preferible en términos de repelencia al agua.

## 3.2. Discusión de resultados

### 3.2.1. Análisis de la varianza

A través del uso de StatGraphics, se llevó a cabo un análisis de la varianza para evaluar la repelencia antes del lavado. Los siguientes datos fueron recopilados.

**Tabla 27**

*Valores óptimos para RAL*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Concentración	10,0	30,0	30,0
pH	3,0	5,0	5,0
Resina	-1,0	1,0	-1,0

*Nota.* La **Tabla 27** presenta los valores óptimos para la repelencia al agua antes del lavado. La receta óptima para este estudio es la que emplea resina Centergard con una concentración de 30 g/L y un pH de 5. Esta fórmula proporciona un tejido repelente al agua con una calificación de 80 ISO 3, indicando que el tejido se moja en la cara de la muestra con puntos de pulverización, lo que es considerado aceptable. Además, es relevante destacar que la resina Centergard, en esta concentración y pH específicos, ha demostrado no solo una notable repelencia al agua, sino también una alta durabilidad tras exposición al lavado. Esto confirma la confiabilidad y eficacia a largo plazo de esta fórmula, lo cual es de particular importancia en aplicaciones donde la repelencia al agua es un requisito crucial, como en textiles para exteriores. Esta receta optimizada se presenta como una elección sólida y confiable para lograr un tejido repelente al agua de alta calidad y rendimiento duradero.

**Tabla 28***Variabilidad de RAL*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón – F</b>	<b>Valor – P</b>
A: Concentración	0,0	1	0,0	0,0	1,0000
B: pH	1,5	1	1,5	15,00	0,0015
C: Resina	6,0	1	6,0	60,00	0,0000
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AC	1,5	1	1,5	15,00	0,0015
BC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
Bloques	0,0	2	0,0	0,00	1,0000
Error total	1,5	15	0,1		
Total (corr.)	10,5	23			

*Nota.* La **Tabla 28** de ANOVA analiza la variación de repelencia antes del lavado, desglosando los datos en diferentes valores para cada factor y evaluando la significancia estadística de cada dato mediante la comparación del cuadrado medio con una estimación del error experimental. Es especialmente notable que en la tabla se identifican tres valores con un P-valor inferior a 0.05. Este valor de P es una medida esencial que indica la probabilidad de que la diferencia observada sea debido al azar. Un P-valor menor a 0.05 indica una diferencia significativa con un alto nivel de confianza del 95%, lo que sugiere que los factores asociados a estos valores tienen un impacto estadísticamente significativo en la repelencia antes del lavado. En resumen, el análisis de varianza proporciona una evaluación detallada y cuantitativa de la influencia de diferentes factores en la repelencia del tejido antes del lavado, permitiendo una comprensión más precisa y rigurosa de los determinantes de esta propiedad.

**Tabla 29***Estadística de R-cuadrada para RAL*

<b>R-cuadrada</b>	<b>R-cuadrada (ajustada por g.l.)</b>	<b>Error estándar del est.</b>	<b>Error absoluto medio</b>	<b>Estadístico Durbin-Watson</b>	<b>Autocorrelación residual de Lag</b>
85,7143 %	78,0952 %	0,316228	0,25	2,16667 (P=0,5071)	-0,125

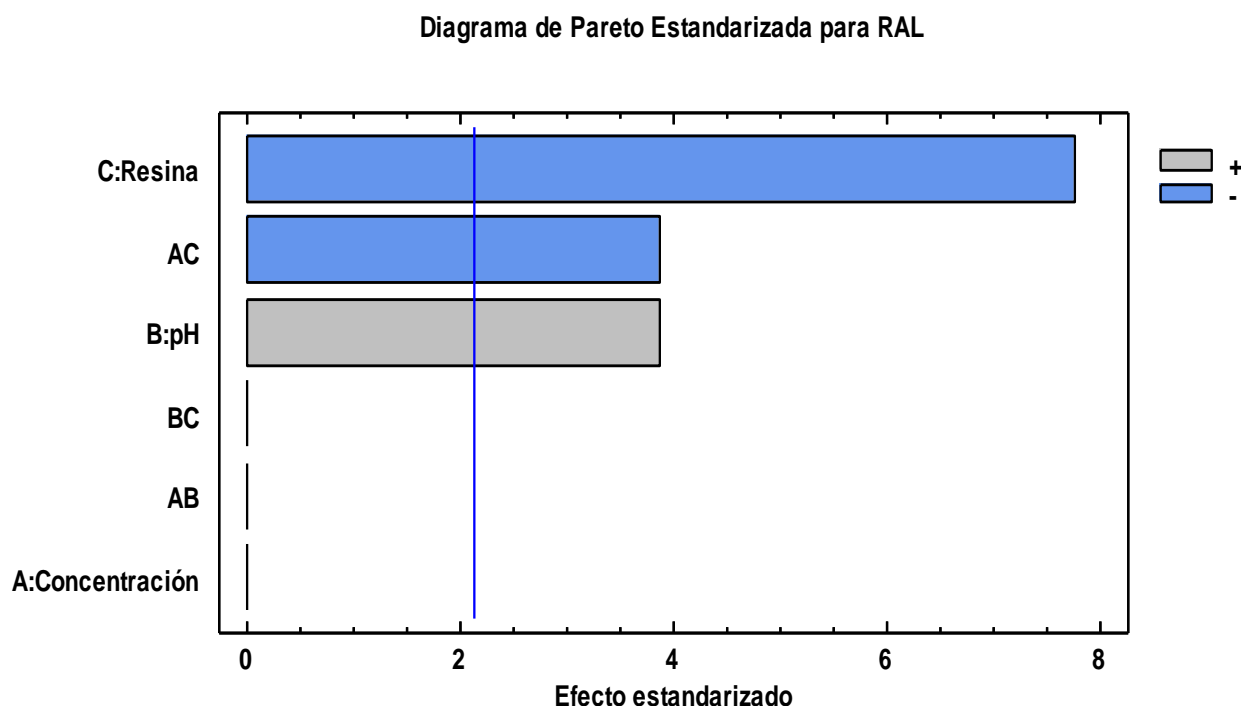
*Nota.* La **Tabla 29** proporciona una valiosa evaluación del modelo ajustado utilizado para analizar la repelencia antes del lavado. En primer lugar, se destaca que el modelo explica un 85.7143% de la variabilidad en esta propiedad. Esto indica que el modelo es altamente efectivo en prever y explicar los cambios en la repelencia del tejido antes del lavado. El estadístico R-cuadrado ajustado, que es particularmente relevante cuando se comparan modelos con diferentes variables independientes, se sitúa en un sólido 78.0952%. Esto sugiere que el modelo está bien ajustado y es capaz de explicar una parte significativa de la variabilidad de la repelencia antes del lavado. El error estándar del estimado, que es de 0.316228, refleja la desviación estándar de los residuos. Esto proporciona una medida de la precisión del modelo y sugiere que los valores predichos están muy cerca de los valores observados en términos de repelencia antes del lavado. Por otro lado, el error medio absoluto (MAE), que tiene un valor de 0.25, representa el promedio de los residuos, lo cual indica una precisión adecuada del modelo en términos de predicción de la repelencia. Finalmente, el estadístico de Durbin-Watson (DW) es crucial para evaluar la presencia de correlación secuencial en los residuos del modelo. Dado que el valor P supera el 5%, no se observa evidencia



de autocorrelación significativa en los residuos, lo que sugiere que el modelo es capaz de manejar adecuadamente la dependencia secuencial en los datos.

### Figura 29

#### Diagrama de Pareto



*Nota.* La **Figura 29**, que representa el gráfico de Pareto, despliega de manera visual y esclarecedora los valores significativos provenientes de la tabla ANOVA en relación con la repelencia antes del lavado. Esta representación gráfica permite identificar de forma rápida y precisa los factores que ejercen una influencia notable en esta propiedad. La línea azul que atraviesa el gráfico cumple una función crucial como punto de referencia. Esta marca indica que los efectos estandarizados que sobrepasan el valor de 2.1 son estadísticamente significativos. En el presente caso, tanto la concentración como el pH, dos de los factores evaluados, muestran valores inferiores a 0.05, lo que demuestra su relevancia estadística en la determinación de la repelencia antes del lavado. No obstante, es esencial resaltar que la concentración de resina emerge como el factor más

significativo, con un valor de significancia menor a 0.05. Esto lleva a la conclusión de que la concentración de resina tiene un impacto substancial en la repelencia antes del lavado con un nivel de confianza del 95%. Esta información es esencial para la optimización del proceso, ya que indica qué factor debe recibir mayor atención en la configuración del tratamiento para lograr los mejores resultados en términos de repelencia al agua antes del lavado.

### Tabla 30

#### *Resumen estadístico*

<b>Resumen estadístico para RAL</b>	
Recuento	24
Promedio	2,25
Mediana	2,0
Desviación estándar	0,675664
Coefficiente de variación	30,0295%
Mínimo	1,0
Máximo	3,0
Rango	2,0
Sesgo Estandarizado	-0,69196
Curtosis Estandarizada	-0,66649

*Nota.* La **Tabla 30** presenta una síntesis estadística de la repelencia antes del proceso de lavado, incluyendo mediciones relacionadas con la tendencia central, variabilidad y distribución. Los valores estandarizados de asimetría y curtosis son de particular relevancia para evaluar si la muestra sigue una distribución normal. Aquellos que se encuentren fuera del intervalo de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo cual podría cuestionar cualquier análisis estadístico basado en esta suposición. En este caso, el valor normalizado de asimetría está dentro del rango esperado para datos que siguen una distribución normal.

**Tabla 31***Valores óptimos para RDL*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Concentración	10	30	30
pH	3	5	5
Resina	-1	1	-1

Nota. En la **Tabla 31** se presentan los valores óptimos para la repelencia después del lavado. La receta recomendada consiste en una concentración de 30 g/L, ajustando el pH de la solución a 5 y utilizando una resina de carácter catiónico. Este enfoque ha demostrado ser compatible con el tejido de poliéster tras diversos estudios realizados.

**Tabla 32***Variabilidad de RDL*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón – F</b>	<b>Valor – P</b>
A: Concentración	0,375	1	0,375	15,00	0,0015
B: pH	0,375	1	0,375	15,00	0,0015
C: Resina	9,375	1	9,375	375,00	0,0000
AB	0,375	1	0,375	15,00	0,0015
AC	0,375	1	0,375	15,00	0,0015
BC	0,375	1	0,375	15,00	0,0015
Bloques	0,0	2	0,0	0,00	1,0000
Error total	0,375	15	0,025		
Total (corr.)	11,625	23			

Nota. La **Tabla 32** del ANOVA divide los datos de variabilidad de los datos de repelencia después del lavado en función de cada factor, para luego evaluar la significancia estadística de cada uno al

comparar la media cuadrática con una estimación del error experimental. En este análisis, se observa que seis factores muestran un valor P menor a 0.05, lo que sugiere que difieren significativamente de cero con un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 33**

*Estadístico de R-cuadrada para RDL*

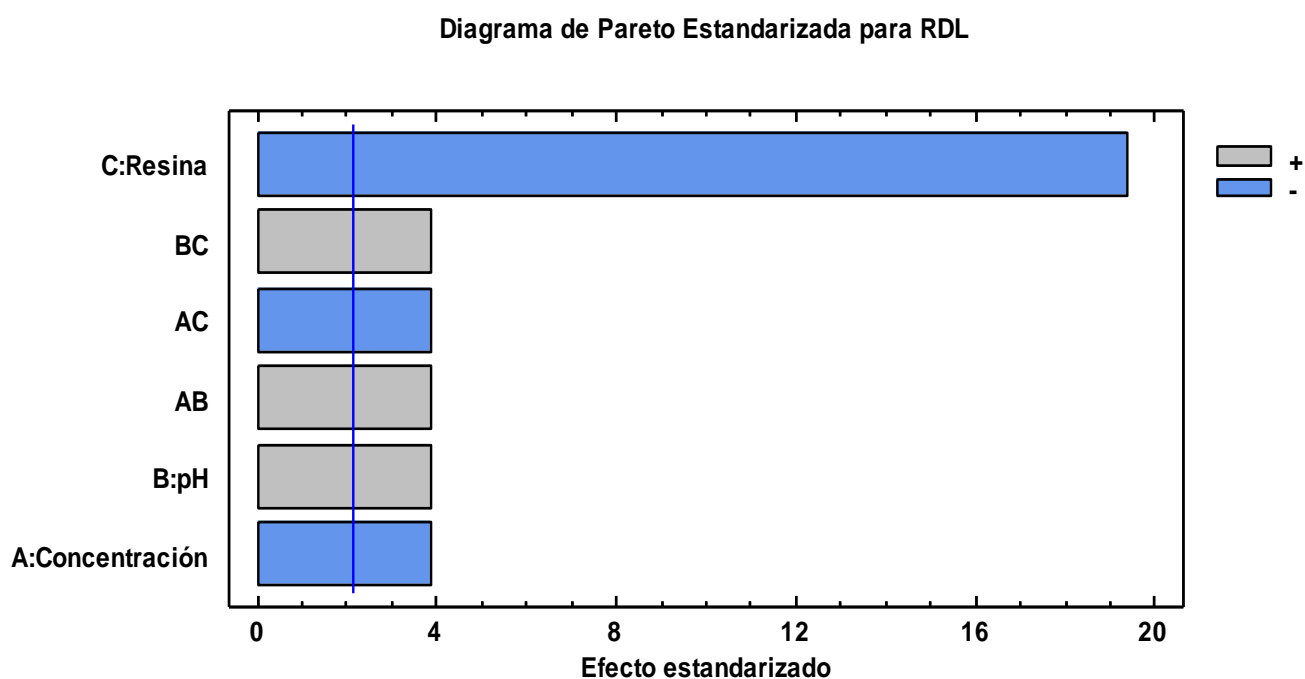
<b>R-cuadrada</b>	<b>R-cuadrada (ajustada por g.l.)</b>	<b>Error estándar del est.</b>	<b>Error absoluto medio</b>	<b>Estadístico Durbin-Watson</b>	<b>Autocorrelación residual de Lag</b>
96,7742 %	95,0538 %	0,158114	0,125	2,16667 (P=0,5071)	-0,125

*Nota.* La **Tabla 33** proporciona una evaluación detallada y alentadora del modelo una vez ajustado para analizar la repelencia después del lavado. En primer lugar, es notable que el modelo explica una impresionante proporción del 96.7742% de la variabilidad en esta propiedad. Esto indica que el modelo ajustado es altamente efectivo en prever y explicar los cambios en la repelencia del tejido después del lavado. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es especialmente relevante cuando se comparan modelos con diferentes cantidades de variables independientes, es extremadamente alto, alcanzando el 95.0538%. Esto sugiere que el modelo es excepcionalmente efectivo y capaz de explicar una gran parte de la variabilidad en la repelencia después del lavado. El error estándar de la estimación, que es de 0.158114, refleja la desviación estándar de los residuos. Esto proporciona una medida de la precisión del modelo y sugiere que los valores predichos están muy cerca de los valores observados en términos de repelencia después del lavado. En cuanto al error medio absoluto (MAE), que tiene un valor de 0.125, representa el promedio de los residuos, lo cual indica una precisión adecuada del modelo en términos de predicción de la

repelencia después del lavado. Por último, el estadístico de Durbin-Watson (DW) es crucial para analizar los residuos y determinar si existe alguna correlación relevante basada en el orden de aparición. Dado que el valor P supera el 5%, no se aprecian indicios de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5%.

### Figura 30

*Diagrama de Pareto*



*Nota.* Al analizar la **Figura 30** se observan los datos de la tabla ANOVA en la repelencia después del lavado. Se establece que los valores de concentración, pH, concentración – pH, concentración - resina, pH - resina y resina son significativos, ya que superan el umbral de 2,1 en la línea azul, indicando un efecto estandarizado relevante. Entre estos factores, la resina destaca con un valor de cero, lo que indica una confiabilidad del 95% con respecto a la resina catiónica.

**Tabla 34***Resumen estadístico*

<b>Resumen Estadístico para RDL</b>	
Recuento	24
Promedio	1,375
Mediana	1,5
Desviación estándar	0,710939
Coefficiente de variación	51,7047%
Mínimo	0
Máximo	2,0
Rango	2,0
Sesgo Estandarizado	-1,41071
Curtosis Estandarizada	-,0620818

*Nota.* La **Tabla 34** ofrece un detallado resumen estadístico de la repelencia después del lavado, proporcionando medidas esenciales de tendencia central, variabilidad y distribución de los datos. Estos indicadores son cruciales para comprender la naturaleza y la dispersión de la propiedad analizada. Se destacan especialmente los valores estandarizados de asimetría y curtosis. La asimetría refleja la simetría de la distribución de los datos alrededor de su media. Un valor dentro del intervalo de -2 a +2 indica una distribución relativamente cercana a la normalidad. Por otro lado, la curtosis proporciona información sobre la forma de la distribución de los datos, especialmente en términos de la "colas" de la distribución. Un valor en el mismo intervalo sugiere una distribución cercana a la normalidad, lo que es fundamental en el contexto del análisis estadístico. Estos indicadores de asimetría y curtosis proporcionan valiosa información sobre la forma y la simetría de la distribución de los datos de repelencia después del lavado. Una distribución cercana a la normalidad sugiere que los datos están bien comportados y siguen un patrón predecible, lo que facilita la interpretación y el análisis estadístico.

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Tras consultar diversas bases de datos como ScienceDirect y Springer sobre la repelencia al agua en tejidos de 100% poliéster, se determinó que el uso de sustancias químicas como resinas a base de fluorocarbono y minerales como dolomita son productos que contribuyen a obtener un tejido repelente al agua. Asimismo, se amplió la información sobre la aplicación de resinas en textiles, lo que permitió una ejecución adecuada en la parte práctica del trabajo de investigación.
- Mediante la aplicación de la resina Centergard D6i (catiónica) en diferentes concentraciones de 10 g/L y 30 g/L con pH 3 y pH 5, se obtuvieron resultados significativos. La concentración de 10 g/L con pH 3 arrojó una calificación de 70 ISO 2 según la receta de la **Tabla 11**, mientras que con la misma dosificación y pH 5, como se indica en la **Tabla 12**, se logró una calificación de 80 ISO 3. Esto sugiere que un pH más elevado incrementa el grado de repelencia. Por otro lado, la concentración de 30 g/L con pH 3 según la receta de la **Tabla 13** obtuvo una calificación de 70 ISO 2, y la dosificación de 30 g/L con pH 5 de la receta de la **Tabla 14**, que posee las concentraciones más altas, también obtuvo una calificación de 80 ISO 3. Esto indica que, a mayor dosificación, el tejido de poliéster poseerá un mayor grado de repelencia al agua.

- Tras realizar la prueba de repelencia al agua después del lavado conforme a la norma ISO 6330:2012, se observó que todos los especímenes obtuvieron una calificación de 70 ISO 2, lo que indica que el acabado es semipermanente.
- En cuanto a la repelencia al agua con acabado de resina Patch, se observa en los datos de las recetas de la **Tabla 15** y **Tabla 16** que mantienen el mismo grado de repelencia al agua antes del lavado, ambas con una calificación de 70 ISO 2. Esto sugiere que el pH no influye en la repelencia de estas dos recetas. Por otro lado, se observan las recetas de la **Tabla 17** y **Tabla 18** que poseen la misma concentración de resina. No obstante, el pH influyó en el nivel de repelencia, dando como resultado que con pH 3 se obtuvo una calificación de 50 ISO 1, mientras que con pH 5 se logró una calificación de 70 ISO 2. Se concluye que la aplicación de 30 g/L con pH 5 podría lograr un acabado repelente al agua favorable.
- Tras someter los especímenes con acabado de resina Patch a una prueba de solidez al lavado, se obtuvo una calificación de 50 ISO 1 y 0, concluyendo que este tipo de resina no es adecuada para otorgar acabados de repelencia a un tejido de poliéster.
- Finalmente, al realizar la prueba de absorción vertical en el tejido de poliéster con resina Centergard y resina Patch, se determinó que las muestras que poseían acabado repelieron el agua, presentando un nivel de absorción menor a 2. Mientras que las muestras sin acabado presentaron un nivel de absorción de 2,5 cm. Se concluye que los tejidos con acabado con resina Patch y resina Centergard son repelentes al agua en este tipo de ensayo. En cuanto a la solidez al lavado, las muestras con resina Centergard presentaron un nivel de absorción menor a 2, mientras que con la resina Patch el resultado fue mayor a 2,3. Esto indica que la



resina Centergard es más adecuada que la resina Patch para acabados de repelencia al agua.

#### 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda el uso de fuentes bibliográficas confiables, como artículos científicos y libros, para sustentar la información sobre tejidos repelentes al agua con composición de poliéster 100%. Además, este tipo de referencias facilitan la comprensión de procesos adecuados de impregnación en textiles, así como el estudio de acabados con propiedades repelentes al agua y el conocimiento de productos innovadores relacionados con el tema.
- A partir de los resultados y conclusiones obtenidas, se sugiere emplear la resina catiónica en tejidos de poliéster con dosificaciones de 30 g/L y un pH de 5 para lograr textiles con acabados repelentes al agua. Esta recomendación se respalda con la información proporcionada en la **Tabla 27** y el análisis estadístico realizado mediante el software StatGraphics.
- Se aconseja explorar otros métodos de acabado que sean más efectivos para alcanzar el nivel de repelencia deseado de 100 ISO 5. Asimismo, se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales y probar distintos tipos de resinas con el fin de identificar la solución más adecuada y eficaz para lograr la repelencia al agua en tejidos de poliéster.
- Para obtener un acabado repelente al agua, se sugiere tener en cuenta tanto la concentración de resina como el pH en la formulación. En casos donde el tipo de resina, como en las recetas de la **Tabla 15** y **Tabla 16** con resina Patch, no se vea afectado por el pH, se puede mantener una concentración estable sin necesidad de

ajustar el pH. Sin embargo, en situaciones como en las recetas de la **Tabla 17** y **Tabla 18**, se debe prestar especial atención al pH, ya que un pH de 5 demostró proporcionar un mayor grado de repelencia al agua (70 ISO 2) en comparación con un pH de 3, que obtuvo una calificación más baja (50 ISO 1).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeywardena, M. R., Yashomala, M. A. D. H., Elkaduwe, R. K. W. H. M. K., Karunaratne, D. G. G. P., Pitawala, H. M. T. G. A., Rajapakse, R. M. G., Manipura, A., & Mantilaka, M. M. M. G. P. G. (2021). Fabrication of water-repellent polyester textile via dip-coating of in-situ surface-modified superhydrophobic calcium carbonate from dolomite. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 629, 127397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.127397>
- Adeakin, O. A. S., Popoola, A. V., & Ajekwene, K. K. (2022). Effect of Solvent Pretreatment of Polyester Fiber on its Dye-Uptake Based on the Concept of Solubility Parameters. *Fibers and Polymers*, 23(11), 3118–3125. <https://doi.org/10.1007/s12221-022-4237-6>
- Alonso, J. (2015). Manual control de calidad en productos textiles y afines. *Manual Control De Calidad En Productos Textiles Y Afines*, 301. <http://oa.upm.es/38763/1/Binder1.pdf>
- American Association of Textile Chemists and Colorists. (2015). *AATCC TECHNICAL MANUAL*.
- American Association of Textile Chemists and Colorists. (2019). *AATCC TECHNICAL MANUAL* (Vol. 87). <http://shanghaijifa.com/UploadFile/201104/AATCC2010英文版.pdf>
- Application, E. P. (2007). Designated extension states. *Office*, 1(19), 1–18. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Designated+Extension+States+#0>
- Asamblea Constituyente. (2008). CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008 Decreto Legislativo 0 Registro Oficial. *Constitución Del Ecuador*, 136. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)

- Beltrán Rico, M., & Marcilla Gomis, A. (2012). *Tecnología de polímeros: Procesado y propiedades*. TEMA 5: INYECCIÓN (UNE). UNE. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=jxilUUn4\\_QAC&oi=fnd&pg=PA15&dq=El+poliéster+es+un+material+sintético+cuya+cadena+se+encuentra+conformada+por+monómeros+unidos+por+esteres,+la+unión+de+los+monómeros+da+como+resultado+un+cuerpo+químico+complejo+de](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=jxilUUn4_QAC&oi=fnd&pg=PA15&dq=El+poliéster+es+un+material+sintético+cuya+cadena+se+encuentra+conformada+por+monómeros+unidos+por+esteres,+la+unión+de+los+monómeros+da+como+resultado+un+cuerpo+químico+complejo+de)
- Bensalah, J., Benhiba, F., Habsaoui, A., Ouass, A., Zarrouk, A., Lebkiri, A., El Khattabi, O., & Rifi, E. H. (2022). The adsorption mechanism of the anionic and cationic dyes of the cationic resin A@IRC-50, kinetic study and theoretical investigation using DFT. *Journal of the Indian Chemical Society*, 99(7), 100512. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jics.2022.100512>
- Cairampoma, R. (n.d.). *Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación*. Retrieved July 18, 2023, from <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet2015Volumen16Nº01->  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010115.html>
- Camlibel, N. O. (2018). Introductory Chapter: Introduction to “Polyester – Production, Characterization and Innovative Applications.” *Polyester - Production, Characterization and Innovative Applications*, 2016–2019. <https://doi.org/10.5772/intechopen.74422>
- Carrillo, J. (2006). *Estudio de la eficiencia del acabado con resinas de flourocarbono en las propiedades de hidro y oleo-repelencia de tejidos*. [Instituto Politécnico Nacional]. [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/1104/1257\\_2006\\_EST\\_\\_carrillo\\_negrete\\_jorgeenrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/1104/1257_2006_EST__carrillo_negrete_jorgeenrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Celin, J. (2020). *Análisis comparativo de un proceso de tintura entre una tela 100 % PES*

(poliéster) y 100% polietilen tereftalato (PET) [Universidad Técnica del Norte].  
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10661/2/04 IT 272 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10661/2/04_IT_272_TRABAJO_GRADO.pdf)

Chilón, L. (2018). *Aplicación de resinas exentas de formaldehído en tejido de punto para obtener prendas con mayor valor agregado.* 98.  
[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9557/Chilon\\_ll.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9557/Chilon_ll.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

CTEX. (2020). *Los laboratorios que forman parte de la Carrera de Textiles CTEX están enfocados a.* 9.

Etsy. (2023). *Tela de poliéster blanco / Yardaje de tela blanca / Corte de - Etsy Ecuador.*  
<https://www.etsy.com/es/listing/264921731/tela-de-poliester-blanco-yardaje-de-tela>

Garip, B., Yuksel, A., Unal, S., & Bedeloglu, A. (2022). Improving the Water Repellency of Polyester Filament Yarn and Fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 33(2).  
<https://doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.1065250>

Gómez Díaz de León, C., & León de la Garza, E. A. de. (2014). Método comparativo. *Métodos y Técnicas Cualitativas y Cuantitativas Aplicables a La Investigación En Ciencias Sociales*, 480–497.

Google Maps. (2023). <https://www.google.com.ec/maps/@0.3787039,-78.123112,17z?hl=es>

Hashemi-Moghaddam, H., Ahmad Panahi, H., & Nezhati, M. N. (2009). Synthesis and application of new resin functionalized by brilliant green for spectrophotometric determination of mercury in environmental samples. *Analytical Letters*, 42(12), 1911–1922.

<https://doi.org/10.1080/00032710903060735>

Hidalgo, F., & Guamán, M. (2006). *Diseño y construcción de un dismineralizador de lecho múltiple* [Universidad de Guayaquil].

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/746/1/976.pdf>

Ho, L. Y., & Kan, C. W. (2022). Effect of Resin Finishing on Some Properties of 100% Cotton Light Weight Woven Fabric. *Coatings*, *12*(11). <https://doi.org/10.3390/coatings12111791>

Hu, J., Jahid, M. A., Kumar, N. H., & Harun, V. (2020). Fundamentals of the Fibrous Materials. *Handbook of Fibrous Materials*, 1–2, 1–36. <https://doi.org/10.1002/9783527342587.CH1>

ISO. (2021). *ISO 6330:2012 - Textiles — Procedimientos de lavado y secado doméstico para ensayos textiles*. <https://www.iso.org/standard/43044.html>

Jaramillo, J. (2021). *La electricidad estática*. [https://tomi.digital/es/41882/la-electricidad-estatica?utm\\_source=google&utm\\_medium=seo](https://tomi.digital/es/41882/la-electricidad-estatica?utm_source=google&utm_medium=seo)

Karhoff, N. I. (1959). *AND COTTON-BLEND FABRICS AFTER A SERIES*.

Li, Q., Fu, L., Wang, Z., Li, A., Shuang, C., & Gao, C. (2017). Synthesis and characterization of a novel magnetic cation exchange resin and its application for efficient removal of Cu<sup>2+</sup> and Ni<sup>2+</sup> from aqueous solutions. *Journal of Cleaner Production*, *165*, 801–810. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.150>

Li, X., Wang, H., Cai, Z., & Yu, J. (2015). Cationic dyeing properties of trilobal high dimethyl 5-sulfoisophthalate sodium salt (SIP) content cationic dyeable polyester (THCDP) fabrics. *Journal of the Textile Institute*, *106*(8), 835–844. <https://doi.org/10.1080/00405000.2014.947748>

- Mazharul, K. (2013, May 2). *Water Repellent Finishes for Textiles | Mechanism of Water Repellency*. <https://textilelearner.net/water-repellent-finishes-for-textiles/>
- Nosonovsky, M., & Bhushan, B. (2009). Superhydrophobic surfaces and emerging applications: Non-adhesion, energy, green engineering. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 14(4), 270–280. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cocis.2009.05.004>
- Ramos, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Roshan, P. (2015). Functional Finishes for Textiles. In *Functional Finishes for Textiles*. <https://doi.org/10.1016/c2013-0-16373-8>
- Sanchez, J. C. (1959). *FUNDAMENTO, POSIBILIDADES Y APLICACIONES DE LOS ACABADOS CON RESINAS SOBRE LAS FIBRAS TEXTILES*. 22. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/5456/Article02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SERVEI ESTACIO. (2023). *Qué es el poliéster. Usos, ventajas e inconvenientes | Servei Estació*. <https://serveiestacio.com/blog/poliester-que-es/>
- Seyquiin, C. L. (2022). *ficha técnica de Centergard D6i*. 2.
- Seyquiin, C. L. (2023). *Resina patch*. 1–2.
- Textiles Romanos. (2016). *Qué es un textil y qué es un tejido plano. ¿QUÉ ES UN TEXTIL?* <https://textilesromanos.com/blog-2/que-es-un-textil-y-que-es-un-tejido-plano/>
- TULSMA. (2016). *TEXTO\_UNIFICADO\_DE\_LEGISLACION\_SECUNDARIA\_DE\_MEDIO\_AMBIENTE*.

www.lexis.com.ec

Tutors Globe. (n.d.). *Polyesters-Polyamide Fibres, Chemistry tutorial*. Retrieved April 28, 2023, from <https://www.tutorsglobe.com/homework-help/chemistry/-polyesters-polyamide-fibres-78832.aspx>

U-largo. (2022). *Tela libre de PFOA | Fabricante de telas tejidas y telas Greige de Taiwán*. <https://www.u-long.com/es/category/Tela-libre-de-PFOA/PFOA-Free-Fabric.html>

WAIXO. (2019, May 23). *¿Qué es la tela de poliéster reciclado? - Fabricación y beneficios*. <https://waixo.com/blog/poliester-reciclado>

Wu, L., Zhang, J., Li, B., & Wang, A. (2014). Magnetically driven super durable superhydrophobic polyester materials for oil/water separation. *Polymer Chemistry*, 5(7), 2382–2390. <https://doi.org/10.1039/c3py01478a>

Xu, L., Karunakaran, R. G., Guo, J., & Yang, S. (2012). Transparent, superhydrophobic surfaces from one-step spin coating of hydrophobic nanoparticles. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 4(2), 1118–1125. <https://doi.org/10.1021/am201750h>

Zeiger C. (2018). *Documentación Toxicológica Del Ácido Acético*. 1–10. <https://www.insst.es/documents/94886/431980/DLEP+119+Ácido+acético++Año+2018.pdf/1d5b5a9a-4438-4105-8b77-3e68196f2701?version=1.0&t=1551310408920>



## ANEXOS

### Anexo 1

Corte y lavado del tejido



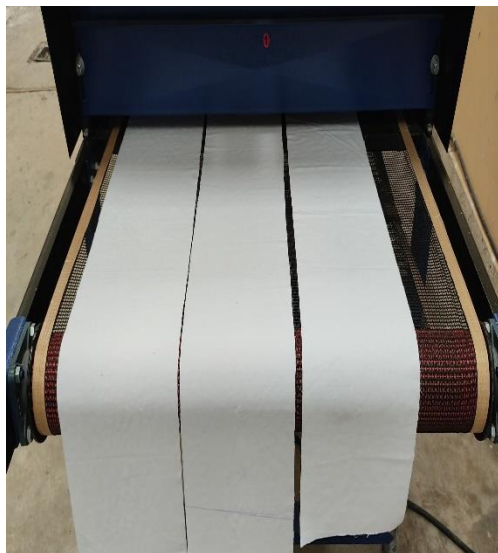
### Anexo 2

Pesaje de las resinas

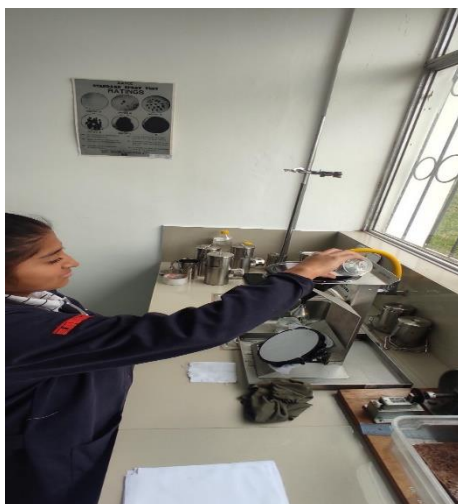


**Anexo 3**

Proceso de impregnación y secado de las muestras

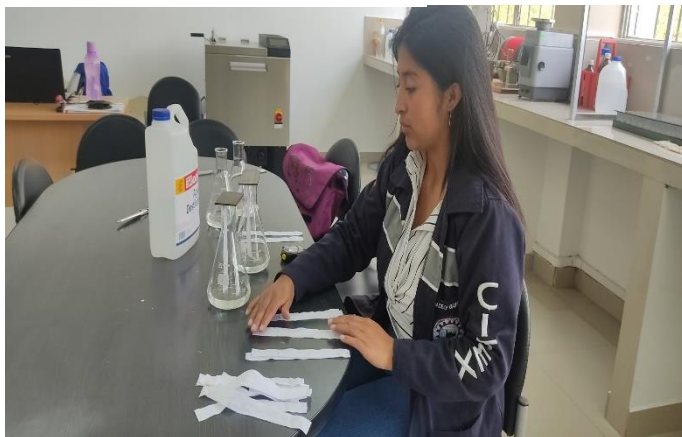
**Anexo 4**

Pruebas de repelencia al agua en el laboratorio textil



**Anexo 6**

Prueba de absorción vertical en el laboratorio textil

**Anexo 5**

Prueba de solidez al lavado



## Anexo 7

### Ficha técnica de la resina Centergard D6i



## CENTERGARD D6i

Producto hidrofugante/oleofugante

### CARACTERÍSTICAS

<b>Composición Química:</b>	Emulsión acuosa de un copolímero fluorado
<b>Aspecto:</b>	Emulsión blanquecina
<b>Carácter iónico:</b>	Ligeramente catiónico
<b>pH (100%):</b>	3.0 - 5.0

### PROPIEDADES Y VENTAJAS DE APLICACIÓN

- **CENTERGARD D6i** está basado en la nueva tecnología C-6 y por lo tanto cumple con las más exigentes normativas nacionales e internacionales referentes a PFOA y PFOS.
- **CENTERGARD D6i** dota a las fibras naturales y sintéticas, como poliámda y poliéster y sus mezclas con algodón, lana y seda, de excelentes propiedades de repelencia al agua y al aceite, con buenas soledades al lavado en seco y doméstico.
- Para conseguir los mejores efectos hidrofugantes, los artículos a tratar con **CENTERGARD D6i** deben estar exentos de restos de tensoactivos procedentes de procesos anteriores. Para ello se recomienda lavar el tejido previamente con ESTEROL BS-N liq ó ESTEROL RWA-O.
- Es perfectamente compatible con resinas de acabado de alta calidad, catalizadores, blanqueantes ópticos, etc. No obstante, se recomienda efectuar ensayos previos para verificar compatibilidades y performance.
- **CENTERGARD D6i** contiene grupos reactivos capaces de reticular, por lo tanto para la mayoría de aplicaciones no es necesario reforzar con agentes de crosslink externos.
- La estabilidad a la cizalla de los fluorocarbonos es generalmente limitada. Por consiguiente, hay que reducir al mínimo las condiciones de turbulencia para minimizar formación de espuma o desestabilización de la emulsión (que podría conducir a la formación de pieles).

### APLICACIÓN

Los datos facilitados en esta circular deben considerarse orientativos. No se obtienen a través de nuestra experiencia a nivel de laboratorio e industrial para debido a la diversidad de aplicaciones, no se puede asumir la responsabilidad de los efectos obtenidos.

COLOR CENTER, S.A.  
Paseo María Curie, 3 Bar. 5, 08021 TERRASSA, España  
[www.colorcenter.es](http://www.colorcenter.es)  
[info@colorcenter.es](mailto:info@colorcenter.es)



## CENTERGARD D6i

Producto hidrofugante/oleofugante

Las cantidades a aplicar varían considerablemente dependiendo del sustrato y del efecto a conseguir. A modo orientativo, las dosis de aplicación recomendadas en g/l se muestran en la siguiente tabla:

SUBSTRATO	DOSIS
ALGODÓN	30 - 60
POLIÉSTER 100%	10 - 30
POLIÉSTER / ALGODÓN	10 - 50
POLIÁMDA 100%	10 - 40
ACRILICA 100%	10 - 40

- Pick-Up (80 - 80%)
- Secar a 100 - 110 °C
- Polimerizar 3 - 4 min. a 140 - 150 °C ó  
30 - 40 seg. a 175 - 180 °C

### ALMACENAMIENTO Y EMBALAJE

Bidones de 120 kg

Contenedores de 1000 kg

Almacenado correctamente en contenedores cerrados entre 15 y 25°C la **CENTERGARD D6i** tiene una estabilidad de 6 meses si se mantiene en los envases originales.

### SEGURIDAD Y TOXICIDAD

Para más información consultar la hoja de datos de seguridad.


Los datos facilitados en esta circular deben considerarse orientativos. No se obtienen a través de nuestra experiencia a nivel de laboratorio e industrial para debido a la diversidad de aplicaciones, no se puede asumir la responsabilidad de los efectos obtenidos.

COLOR CENTER, S.A.  
Paseo María Curie, 3 Bar. 5, 08021 TERRASSA, España  
[www.colorcenter.es](http://www.colorcenter.es)  
[info@colorcenter.es](mailto:info@colorcenter.es)



## Anexo 8

### Ficha técnica de la resina patch



L20034

## RESINA PATCH

INFORMACION TECNICA


**RESINA PATCH** Es una resina especial para el encolado de solapas en forma de parche piezas realizadas en artículos de pantalones vaqueros.

PROPIEDADES

Apariencia	Semi pasta
Color	blanco
Olor	característico
Naturaleza iónica:	Aniónico
pH	6.0 - 8.0

CARACTERISTICAS

- Está lista para usar y fácil de aplicar.
- Agrega mayor valor a la pieza



L20034

## RESINA PATCH

MODO DE USO


Aplique con una brocha, un cepillo y/ o una espátula;


- 1- Pantalones vaqueros del corte del tejido, PT o mezclas sintéticas de los mismos
- 2- Aplicar con un cepillo, espátula o cepillo y RESINA PATCH
- 3- Deje curar al aire durante al menos 2 horas
- 4- Cortar el PARCHÉ de acuerdo con el formato raíz o rasgado y detonado
- 5- Es necesario utilizar un tipo de prensa y ser convexa a temperatura 180 ° C
- 6- Premado de 1 minutos cada una parcha y presionar con suficiente presión
- 7- Partes aligeradas, el uso de tela blanca es necesario sobre la pieza a sin amarilleamiento se produce en el mismo.
- 8- Dejar que la pieza de trabajo se enfríe por completo, a continuación, los ensayos de adhesión
- 9- El lavado puede aplicar a la corrosión, a la neutralización y el ablandamiento después de la unión al parche

PRE CAUCIONES

- Mantener alejado de los niños
- En caso de ingestión, beber agua o leche poco a poco
- En caso de contacto con los ojos, enjuague con agua durante 10 minutos
- En ambos casos buscar atención médica
- No reutilizar el envase para fines alimenticios
- Debe ser almacenado en un lugar fresco, seco y que no estén sujetos a la luz solar directa. Temperatura a 40 °C

La información contenida en esta ficha técnica es de carácter general y se debe evaluar en cada caso específico, por lo cual no representa un compromiso de nuestra parte.





**Anexo 9**

## Certificado de laboratorio



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



Ibarra, 29 de junio del 2023

**CERTIFICADO DE LABORATORIO**

Yo, **MSc. Fausto Gualoto** en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Textiles:

**CERTIFICO**

Que la señorita **DÍAZ ABALCO YADIRA ELIZABETH**, portadora de la cedula de ciudadanía N° 172792932-3 ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA RESINA CATIONICA EN LA REPELENCIA AL AGUA EN TEJIDO PLANO PES 100% MEDIANTE EL PROCESO DE IMPREGNACIÓN”**, los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **FOULARD**
- **WASCATOR**
- **BALANZA ELECTRÓNICA**
- **SPRAY TESTER**
- **MATRAZ ERLLENMEYER**
- **TÚNEL DE SECADO**

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

Atentamente:



**MSc. FAUSTO GUALOTO M.**  
**RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX**