



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE TEXTILES**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERA TEXTIL**

**“ACABADO TEXTIL CON FACTOR DE PROTECCIÓN ULTRAVIOLETA POR  
IMPREGNACIÓN Y SU DESEMPEÑO EN EL BLOQUEO UV DE TELA PLANA CO  
100% COLOR NEGRO.”**



**Autor:** Angamarca Angamarca Karla Belén

**Director:** MSc. Godoy Collaguazo Omar Vinicio

Ibarra- Ecuador

**2024**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En el cumplimiento del Artículo 144 de la Ley Superior de Educación, realizo la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional. Es así como pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100465990-8		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Angamarca Angamarca Karla Belén		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Parroquia El Sagrario, Calle Eugenio Espejo y Nazacota Puento.		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:kbangamarcaa@utn.edu.ec">kbangamarcaa@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	06-2625-202	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0978993544
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	“ACABADO TEXTIL CON FACTOR DE PROTECCIÓN ULTRAVIOLETA POR IMPREGNACIÓN Y SU DESEMPEÑO EN EL BLOQUEO UV DE TELA PLANA CO 100% COLOR NEGRO.”		
<b>AUTOR (ES)</b>	Angamarca Angamarca Karla Belén		
<b>FECHA:</b>	17/9/2024		
<b>CARRERA/PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSTGRADO		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Textil		
<b>DIRECTOR:</b>	MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo		

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

Ibarra, a los 17 días del mes de septiembre de 2024

### EL AUTOR:

Firma: 

Nombre: Angamarca Angamarca Karla Belén

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR**

Ibarra, 17 de septiembre de 2024

MSc. Godoy Collaguazo Omar Vinicio

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

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

(f): \_\_\_\_\_

MSc. Godoy Collaguazo Omar Vinicio

C.C: 100308393-6

## **APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR**

El comité calificador del trabajo de Integración Curricular **“ACABADO TEXTIL CON FACTOR DE PROTECCIÓN ULTRAVIOLETA POR IMPREGNACIÓN Y SU DESEMPEÑO EN EL BLOQUEO UV DE TELA PLANA CO 100% COLOR NEGRO”** elaborado por Angamarca Angamarca Karla Belén, 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. Godoy Collaguazo Omar Vinicio

C.C: 100308393-6

(f): \_\_\_\_\_

MSc. Chugá Chamorro Valeria Verónica

C.C: 0401732250

## DEDICATORIA

*A mis padres: Mónica y Carlos porque sin su esfuerzo y sacrificio no habría sido posible llegar hasta aquí.*

*A mi hermana Nayla, quien fortaleció mis ganas de superarme para ser un ejemplo a seguir; espero poder inspirarte, así como tú me inspiras a diario.*

*A mi abuelita Laura por cuidar no solo de mí, sino de toda una familia y mantenerla unida.*

*A Daniel, porque con su paciencia y dulzura, me mostró una parte del amor que yo no conocía y por creer en mí aun cuando ni yo misma lo hacía.*

*A todas las mujeres valientes, fuertes y capaces que he conocido y de las cuales me siento orgullosa de contar con su amistad.*

*Karla Belén Angamarca*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios.*

*Agradezco a los docentes con vocación por cada una de sus enseñanzas. Nunca pierdan la fe en los jóvenes.*

*Gracias a mis amigos con los que inicié la carrera y los que fui haciendo en el camino, fueron risas y ánimos en días duros.*

*Gracias a Estela e Ishí, por brindarme la calidez de su compañía.*

*Especial agradecimiento a Rubí Ulcuango, Joel Mayorga, Ismael Chuquimarca, Edgar López y Andrés Zaldumbide por mostrarme que detrás de cada excelente profesional sí se puede encontrar a una buena persona.*

*Gracias a mi tutor MSc. Omar Godoy, quien ha sabido tener la paciencia y el compromiso de guiarme en el desarrollo de esta investigación.*

*Karla Belén Angamarca*

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de titulación consiste en determinar la efectividad del bloqueo de los rayos ultravioleta; a través de un tejido plano Co 100%, después de haber sido tratado con un acabado de protección UV a base de óxido de zinc (ZnO) y dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>). Estos productos son usados en diversas industrias como la farmacéutica y la cosmética debido a sus distintas propiedades; entre ellas, la protección contra los rayos UV.

Para ello, se ha tratado una muestra de tela teñida con colorantes EVERZOL al 3% y 6% SPF, controlando variables de tintura como: temperatura, pH, tiempo; y, tomando como punto de partida investigaciones previas de ennoblecimiento textil; para posteriormente, llevar a cabo su impregnación con agentes bloqueadores UV antes mencionados.

Mediante la norma AATCC 183-2014, se prepararon 16 probetas en estado seco y húmedo para evaluarlas en diferentes grados de inclinación (0°, 45°, 90°), con el equipo fotoradiómetro en el horario de mayor radiación UV (12 pm a 2 pm). De forma subsiguiente se colocan los tejidos en el equipo Wascator conforme a la norma ISO 6330:2012, con el fin de evaluar la permanencia del acabado después ser sometido lavados de simulación doméstica para, nuevamente realizar los ensayos con el fotoradiómetro y analizar los valores.

En conclusión, los datos mostraron que el grado de bloqueo UV aumentó en todas las muestras, siendo la de mejor protección la M3-R3-CAS-6 con una dosificación de 6g/L de ZnO y 5g/L de TiO<sub>2</sub>, con resultados promedio de defensa en seco de 99,011% en radiación UV-A, el 96,79% en UV-B y 99,68% en UV-C, es decir, que bloquean los rayos UV-A un 0,38%, en UV-B un 2,02% y en UV-C un 1,62% más que las muestras sin tratar. Sin embargo, después del lavado los valores en seco se redujeron en un 1,18% en UV-A, 1,53% en UV-B y 0,63% en UV-C, por tal razón se lo califica como un acabado semipermanente.

**Palabras clave:** Fibra celulósica, Rayos UV, Foulard, Fotoprotectores



## ABSTRACT

The primary objective of this thesis is to determine the effectiveness of ultraviolet (UV) radiation blocking through Co 100% woven fabric after being treated with a UV protection finish based on zinc oxide (ZnO) and titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>). These products are used in various industries such as pharmaceuticals and cosmetics due to their different properties, including defense against UV rays.

For this purpose, a fabric sample dyed with EVERZOL dyes at 3% and 6% SPF was treated, controlling dyeing variables such as temperature, pH, and time, based on previous textile finishing research. Subsequently, the fabric was impregnated with the UV blocking agents.

Following the AATCC 183-2014 standard, 16 specimens were prepared in dry and wet states to be evaluated at different inclination angles (0°, 45°, 90°) using a photoradiometer during peak UV radiation hours (12 pm to 2 pm). Subsequently, the fabrics were placed in a Wascator machine according to the ISO 6330:2012 standard to evaluate the durability of the finish after being subjected to simulated domestic washing. The photoradiometer tests were then repeated, and the values were analyzed.

In conclusion, the data showed that the UV blocking degree increased in all samples, with the best protection being M3-R3-CAS-6, which had a dosage of 6g/L of ZnO and 5g/L of TiO<sub>2</sub>. The average protection results in the dry state were 99.011% for UV-A, 96.79% for UV-B, and 99.68% for UV-C, meaning that the treated samples blocked UV-A rays 0.38% more, UV-B rays 2.02% more, and UV-C rays 1.62% more than untreated samples. However, after washing, the dry values decreased by 1.18% for UV-A, 1.53% for UV-B, and 0.63% for UV-C, hence it is classified as a semi-permanent finish.

**Keywords:** Cellulosic fiber, UV rays, Foulard, Photoprotector

## **LISTA DE SIGLAS**

CO. Algodón por su abreviatura técnica

FICA. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

UV. Ultravioleta

FPU. Factor de Protección Ultravioleta

ISO. Organización Internacional de Normalización o Estandarización

AATCC. Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
Descripción del tema.....	1
Problema de investigación.....	2
Justificación.....	3
Objetivo General .....	3
Objetivos Específicos.....	3
Características del sitio del proyecto.....	4
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>5</b>
1. Marco Teórico.....	5
1.1. Estudios previos .....	5
1.1.1. Los Acabados con Factor de Protección Ultravioleta .....	5
1.1.2. Espectro Ultravioleta y sus Repercusiones en la Salud Humana .....	7
1.2. Marco legal.....	9
1.2.1. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica .....	10
1.2.2. Constitución de la República del Ecuador.....	11
1.2.3. Líneas de Investigación UTN .....	11
1.2.4. Normativa asociada a los acabados con FPU .....	11
<b>1.3. Acabados por impregnación .....</b>	<b>12</b>
1.3.1. Bloqueo ultravioleta .....	14

1.3.2. Tejidos Planos .....	15
1.3.3. Generalidades del algodón .....	16
1.3.4. Tintura en colores oscuros con colorantes reactivos EVERZOL .....	18
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>20</b>
2. Metodología.....	20
2.1. Enfoque de la investigación .....	20
2.1.1. Tipo de investigación.....	20
2.1.2. Técnica de investigación .....	21
2.2. Flujogramas.....	21
2.2.1. Flujograma general.....	21
2.2.2. Flujograma muestral.....	23
2.3. Materiales y equipos.....	24
2.3.1. Características del tejido plano tafetán .....	24
2.3.2. Colorante reactivo Everzol Black ED-R .....	24
2.3.3. Auxiliares de tintura para fibras de origen vegetal.....	25
2.3.4. Lavadora de prendas.....	26
2.3.5. Óxido de Zinc .....	27
2.3.6. Dióxido de Titanio.....	27
2.3.7. Foulard de laboratorio .....	28
2.3.8. Túnel de secado .....	29

2.3.9. Espectrofotómetro .....	29
2.3.10. Foto radiómetro .....	30
2.3.11. Wascator .....	31
2.3.12. Norma AATCC 183-2014: Método de prueba para la transmisión o el bloqueo de la radiación ultravioleta a través de los tejidos.....	32
2.3.13. Norma ISO 6330:2012 Procedimientos de lavado y secado en el hogar para pruebas textiles.....	33
<b>2.4. Procedimiento.....</b>	<b>34</b>
2.4.1. Desarrollo del proceso de teñido con colorantes EVERZOL .....	34
2.4.2. Desarrollo del proceso de impregnación .....	36
2.4.3. Medición de la protección UV: Prueba de transmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta a través de los tejidos Norma AATCC 183 .....	41
2.4.4. Pruebas de solidez al lavado: Procedimientos de lavado y secado en el hogar para pruebas textiles Norma ISO 6330.....	43
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>45</b>
<b>3. Resultados y Análisis .....</b>	<b>45</b>
3.1. Tabla general del proceso de impregnación.....	45
3.2. Coordenadas CIELab y delta E .....	46
3.3. Tablas de resultados de medición UV .....	48
3.4. Análisis de confiabilidad.....	52
3.4.1. Normalidad de los datos .....	52

3.4.2. Análisis de la varianza.....	54
3.5. Interpretación de resultados.....	55
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>63</b>
4. Conclusiones y Recomendaciones .....	63
4.1. Conclusiones.....	63
4.2. Recomendaciones .....	64
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Sistema de clasificación del UPF.....	15
<b>Tabla 2</b> Especificaciones del tejido.....	24
<b>Tabla 3</b> Propiedades del óxido de zinc.....	27
<b>Tabla 4</b> Propiedades del dióxido de Titanio.....	28
<b>Tabla 5</b> Unidades de medición del fotoradiómetro.....	31
<b>Tabla 6</b> Receta de proceso de teñido 3% .....	35
<b>Tabla 7</b> Receta de proceso de teñido 6% .....	36
<b>Tabla 8</b> Receta preliminar 1.....	38
<b>Tabla 9</b> Receta preliminar 2.....	38
<b>Tabla 10</b> Receta preliminar 3.....	39
<b>Tabla 11</b> Valores y parámetros de recetas finales.....	40
<b>Tabla 12</b> Porcentaje de Pick Up de las muestras.....	45
<b>Tabla 13</b> Cantidad en gramos de cada sustancia en tela .....	46
<b>Tabla 14</b> Coordenadas CIELab después del acabado .....	47
<b>Tabla 15</b> Parámetros influyentes en la evaluación de la radiación UV.....	48
<b>Tabla 16</b> Resultados de irradiancia de ensayos en seco antes del lavado .....	49
<b>Tabla 17</b> Resultados de irradiancia de ensayos en húmedo antes del lavado .....	50
<b>Tabla 18</b> Tabla general de resultados en porcentaje de bloqueo UV de ensayos en seco antes del lavado.....	51
<b>Tabla 19</b> Tabla general de resultados en porcentaje de bloqueo UV de ensayos en húmedo antes del lavado.....	52
<b>Tabla 22</b> Análisis de la varianza del porcentaje de bloqueo UV de ensayos en seco .....	54
<b>Tabla 23</b> Análisis de la varianza del porcentaje de bloqueo UV de ensayos en húmedo .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación geográfica de la Planta Académica Textil.....	4
<b>Figura 2</b> Penetración de la radiación UV en la atmósfera .....	8
<b>Figura 3</b> Penetración UV en la piel humana.....	9
<b>Figura 4</b> Equipo Foulard.....	13
<b>Figura 5</b> Ligamento tafetán.....	16
<b>Figura 6</b> Morfología del algodón.....	17
<b>Figura 7</b> Flujograma general.....	22
<b>Figura 8</b> Flujograma muestral.....	23
<b>Figura 9</b> Curva colorante Black ED-R.....	25
<b>Figura 10</b> Lavadora de Prendas de la Carrera de Textiles .....	26
<b>Figura 11</b> Foulard Horizontal de la Carrera de Textiles .....	28
<b>Figura 12</b> Túnel de secado de la Planta Académica Textil.....	29
<b>Figura 13</b> Espectrofotómetro de la Carrera de Textiles UTN.....	30
<b>Figura 14</b> Fotoradiómetro .....	31
<b>Figura 15</b> Wascator .....	32
<b>Figura 16</b> Curva de proceso.....	34
<b>Figura 17</b> Código de muestras .....	37
<b>Figura 18</b> Índice UV .....	43
<b>Figura 19</b> Normalidad de los datos porcentaje de bloqueo UV de pruebas en seco .....	53
<b>Figura 20</b> Normalidad de los datos porcentaje de bloqueo UV de pruebas en húmedo .....	53
<b>Figura 21</b> Comparación del porcentaje de bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-A antes del lavado.....	56



<b>Figura 22</b> Comparación del porcentaje de bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-A después del lavado.....	57
<b>Figura 23</b> Comparación del porcentaje del bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-B antes del lavado.....	58
<b>Figura 24</b> Comparación del porcentaje del bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-B después del lavado.....	59
<b>Figura 25</b> Comparación del porcentaje del bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-C antes del lavado.....	60
<b>Figura 26</b> Comparación del porcentaje del bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-C después del lavado.....	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A</b> Certificado de Laboratorio .....	73
<b>Anexo B</b> Información de seguridad del Óxido de Zinc .....	74
<b>Anexo C</b> Información de seguridad del dióxido de titanio.....	75
<b>Anexo D</b> Ficha de datos del tejido utilizado en la investigación.....	76
<b>Anexo E</b> Proceso de tintura en la máquina lavadora de prendas.....	76
<b>Anexo F</b> Desarrollo de la receta de acabado .....	77
<b>Anexo G</b> Proceso de impregnación en el foulard de laboratorio.....	77
<b>Anexo H</b> Procedimiento de secado y curado del tejido.....	78
<b>Anexo I</b> Resultados de las pruebas preliminares .....	78
<b>Anexo J</b> Medición de la radiación UV a través del tejido.....	79

# INTRODUCCIÓN

## Descripción del tema

Este proyecto investigativo está dirigido al estudio del desempeño de un acabado textil con protección UV en un tejido de calada algodón 100%, tinturado de color negro. El motivo para el desarrollo de esta investigación es la capacidad de absorber la radiación que tienen los sustratos textiles de color negro. “El color negro de la ropa absorbe todos los rangos de luz no visible y hasta el 98% de la radiación solar; el negro absorbe la radiación, almacenando la energía y, por ende, el calor” (Campillo, 2017, p. 2). Este comportamiento puede ser perjudicial para la salud de quien utiliza los tejidos.

Lo que se pretende demostrar con este estudio es si la tela plana tafetán de algodón tinturada de color negro es afectada de manera positiva por el acabado con óxido de zinc y dióxido de titanio, es decir, que no permite el paso de la radiación UV después de haber sido tratada. Se eligieron estos dos agentes por sus facultades para mejorar el valor del factor de protección ultravioleta (FPU). Solé Cabanes (2013) afirma que:

El óxido de titanio tiene la capacidad de absorber los rayos ultravioletas de la fracción espectral comprendida entre 280 y 400 nm, reflejando la radiación visible y la infrarroja ya que cuenta con un efecto alto de reflexión, el cual también ayuda a que los tejidos no se calienten demasiado y que combinado con óxido de zinc puede mejorar significativamente el valor FPU de la prenda. (p. 6).

La tela de algodón se escogió por ser una de las que tienen menor valor de protección UV, en comparación con telas hechas de otras fibras.

Skin Cancer Foundation (2019) explica que “Las fibras sintéticas o semisintéticas como el poliéster y el rayón ofrecen mayor protección que el algodón” (p. 2).

El estudio se limita a determinar la efectividad de un acabado de protección UV a base de óxido de zinc (ZnO) y dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) en tejido plano Co 100% teñido de color negro con colorantes reactivos.

Los resultados y recomendaciones de este trabajo de titulación tienen como único fin evaluar la transmisión de los rayos UV en géneros textiles de calada color negro para poder mejorar la protección a la radiación en los mismos.

### **Problema de investigación**

En la actualidad, la capa de ozono se ha visto afectada por la contaminación existente, provocando que la protección que esta brinda sea reducida, dejando a todos los seres humanos más expuestos a los rayos ultravioleta y sus tipos por lo que hoy más que nunca es necesario tomar conciencia del daño a largo plazo que puede provocar el exponerse a estas radiaciones sin la debida protección. “En los seres humano, una exposición extendida a la radiación solar UV puede producir efectos agudos y crónicos en la salud de la piel, los ojos y el sistema inmunológico” (Cañarte Soledispa, 2010, p. 6).

Los textiles y su color tienen un papel fundamental en la protección de la piel. El color negro, en particular, ha sido siempre asociado con la absorción de la energía UV. “Los colores oscuros absorben más calor porque absorben más energía del sol; cuanto más se acerque un color al negro, más calor absorbe de la fuente de luz” (Instituto Particular Euclides, 2020).

Esto quiere decir que los colores oscuros no reflejan la luz, pero absorben su energía y la convierten en calor. Es por tal razón que se presume que el tono de ropa que se usa diariamente puede influir positiva o negativamente en la protección UV.

Al conocer como los colores oscuros de las prendas pueden llegar a afectar a quiénes las usan, es importante que también se conozcan posibles soluciones para disminuir los daños.

## **Justificación**

Tomando en cuenta lo dicho con anterioridad acerca de los problemas climáticos causados por la contaminación y como éstos afectan a la capa de ozono y la protección que esta brinda respecto a los rayos UV, es trascendental que se busquen alternativas para prevenir consecuencias negativas irreversibles en la piel de los seres humanos.

El desarrollo del presente estudio es importante ya que ayudará a aclarar fenómenos como la transmisión de los rayos UV en prendas teñidas de color negro además de representar una solución para proteger a las personas de la radiación solar.

También servirá de apoyo para que la Carrera de Textiles contribuya a la comunidad con estudios que puedan ser aplicados en prendas que la gente usa de forma cotidiana mejorando así su calidad de vida.

## **Objetivo General**

- Determinar el grado de transmisión y/o bloqueo de los rayos ultravioleta en tela plana tafetán Co 100% color negro impregnada con acabados FPU.

## **Objetivos Específicos**

- Realizar la tintura por agotamiento de tela plana Co 100% con colorantes reactivos EVERZOL.
- Aplicar, por el método de impregnación, dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) combinado con óxido de zinc (ZnO), en distintas concentraciones, sobre los sustratos textiles teñidos para ennoblecer al tejido a los rayos UV.
- Someter a ensayos textiles normalizados de bloqueo y/o transmisión UV a las muestras tratadas mediante el uso del fotoradiómetro, aplicando la norma AATCC 183-2014 (Método de prueba para la transmitancia o el bloqueo de la radiación ultravioleta) y,

además, verificar su permanencia sobre el género textil aplicando la norma ISO 6330:2012 (Procedimientos de lavado y de secado domésticos para los ensayos textiles).

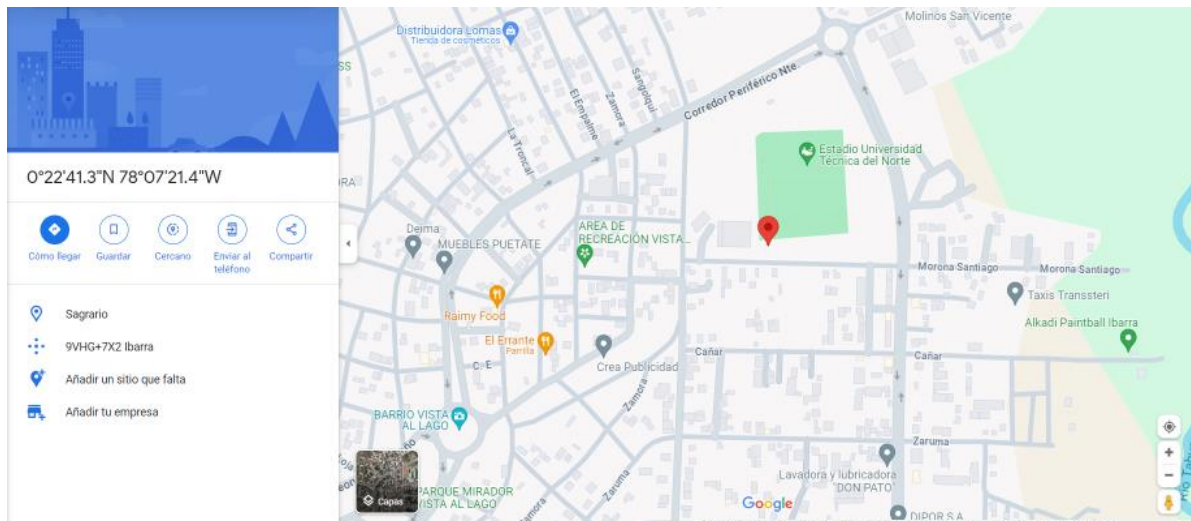
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos mediante el uso de software de herramientas estadísticas.

### **Características del sitio del proyecto**

La presente investigación se desarrolló en los laboratorios del campus académico de la Carrera de Textiles ubicado en la ciudad de Ibarra-Ecuador, sector de Azaya en las calles Morona Santiago y Luciano Solano Sala, con las siguientes coordenadas: 0.3780501435801247, -78.12361398249158.

### **Figura 1**

*Ubicación geográfica de la Planta Académica Textil*



Fuente: (Google Maps, 2024)

# CAPÍTULO I

## 1. Marco Teórico

### 1.1. Estudios previos

#### *1.1.1. Los Acabados con Factor de Protección Ultravioleta*

El ser humano siempre ha estado en busca de alternativas para proteger su salud, es por tal motivo que se han llevado a cabo estudios orientados a proteger la piel de los efectos nocivos de la luz UV y sus tipos. Una de las mejores maneras de proteger la piel es con elementos que se usen diariamente como la indumentaria, la cual ya es usada como una segunda protección contra factores externos la cual puede ser optimizada para obtener un mayor beneficio.

Los acabados de protección UV forman parte de los ennoblecimientos textiles y se enfocan en aumentar el FPU (Factor de Protección Ultravioleta) de un tejido, estos se han desarrollado con el paso de los años a través de diversos estudios realizados con diferentes compuestos químicos demostrando su eficiencia ante el objetivo propuesto.

En el proyecto de estudio realizado por el Instituto de Investigación Textil de España se analizó los efectos de mejoramiento del FPU en tejidos de algodón después de aplicarse, por agotamiento, un compuesto absorbente de la radiación.

Este compuesto tenía de base a la oxalanilida y un derivado del ácido estilben-disulfónico. Al ser expuestos a la luz se determinó que los dos productos mostraron una mejora en el tejido frente a los rayos UV pero que la oxaladina tiene mejor permanencia que el ácido estilben-disulfónico pues este pierde efectividad.

La permanencia de los efectos es mucho mejor con el producto que tiene como base la oxalanilida; no obstante, los altos valores de protección conseguidos con el derivado del ácido estilben-disulfónico, a pesar de su disminución con los lavados o la exposición a la

luz, permiten seguir clasificando a los tejidos como de muy buena o excelente protección. Una variable que también se tomó en cuenta fue la permanencia de este acabado en el tejido y lo que se pudo observar fue que, a partir de los 25 lavados, el FPU fue decreciendo levemente con el ácido estilben-disulfónico y la oxaladina mantuvo su FPU constante. (A. Riva et al., 2008, pp. 1-11)

En el año 2011, se realizó el análisis del factor de protección ultravioleta en las telas producidas en Ecuador por parte de docentes de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil utilizando el método in vitro. Es importante resaltar que este estudio fue de carácter descriptivo y analítico por lo que las telas que se tomaron como muestras ya contaban con características de fábrica y no se produjeron nuevas telas con características específicas para el desarrollo del estudio. Elizabeth Romero Feijóo (2012) explica que:

Se usaron 72 telas secas y limpias de diferente composición, color y peso correspondientes a 6 fábricas a nivel nacional para luego escoger un total de 17 muestras con buen FPU después de aplicar el método in vitro. Se logró determinar que los tejidos que otorgan más protección frente a los rayos UV representan el 27% de la producción nacional a la vez que las telas de baja protección UV son el 58%. Respecto a la caracterización del tejido y su funcionalidad como barrera UV, se obtuvo como resultado que las telas compuestas de algodón de colores oscuros y con un peso medio de 293 gr/m<sup>2</sup>, y telas compuestas de poliéster de color oscuro y con un peso medio de 242.5 gr/m<sup>2</sup> ofrecen mayor protección UV. (p. 53)

Así mismo, la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte ha buscado apoyar al progreso de los tejidos funcionales en Ecuador, es por tal motivo que, en el año 2015, la



estudiante Jessica Molina, efectuó un acabado protector UV a base de dióxido de titanio en géneros de algodón destinados a ropa de trabajo para personas con mayor exposición solar.

Los resultados que se obtuvieron fueron favorables. “El material sin tratar recibe una irradiancia de  $0,2744 \text{ w/m}^2$  y el tratado  $0,0707 \text{ w/m}^2$ , lo que radica en una protección de 74,3%” (Molina Alejandra, 2015, p. 92).

Como se ha evidenciado, los acabados FPU, en general, ya han sido estudiados y se ha demostrado su efectividad en la mayoría de los casos, encaminando la realización de nuevas investigaciones donde se los pueda tomar como punto de partida y conseguir resultados con igual o mejor eficacia (Córdova & Godoy, 2022).

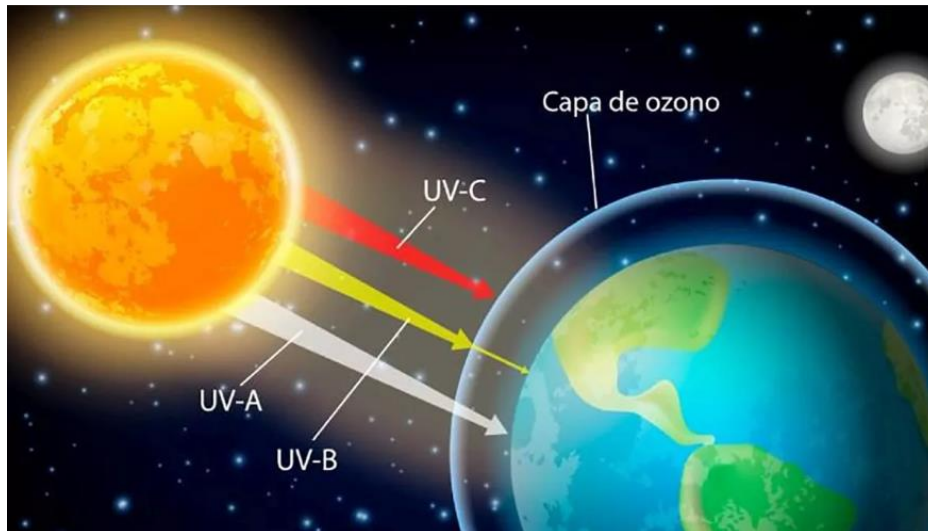
### ***1.1.2. Espectro Ultravioleta y sus Repercusiones en la Salud Humana***

Se conoce como radiación ultravioleta a aquella con una longitud de onda menor que la de la luz visible pero mayor que la de los rayos x. Esta radiación proviene naturalmente del sol y artificialmente de lámparas UV. Se conocen tres rangos o bandas: UV-A, UV-B y UV-C y todos están contemplados como posibles causantes de cáncer. La UV-A es una radiación de longitud de onda larga que comprende los 315 y 400 nm (nanómetros) y son liberados casi en su totalidad por la atmósfera, representan el 90% de las radiaciones que arriban a la tierra y causan bronceado en la piel. La UV-B es una radiación de longitud de onda media que se encuentra entre los 280 y 315 nm y 10% de ellas llegan a la tierra; perjudica a la salud de los seres vivos. Por último, las radiaciones UV-C las cuales son de onda corta y están entre los 100 y 280 nm. Es importante resaltar que es la más peligrosa pero la capa de ozono la absorbe por completo (Comisión Europea [CE], 2024).

Como se mencionó con anterioridad estas bandas son filtradas por la capa de ozono en distintos grados y de esta depende la cantidad de radiación a la que el ser humano será expuesto.

## Figura 2

### *Penetración de la radiación UV en la atmósfera*



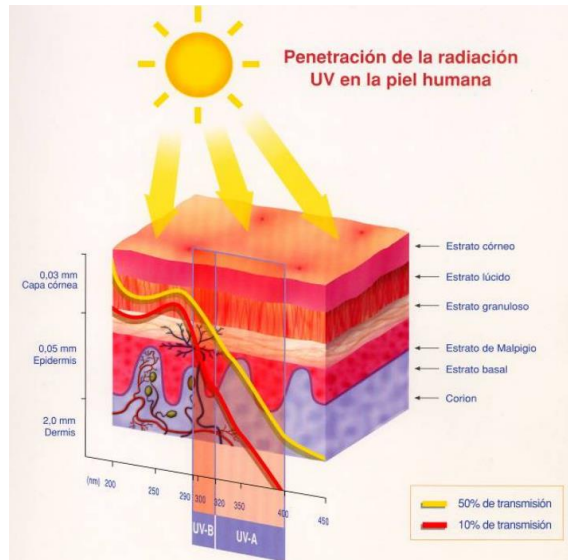
Fuente: (Sánchez-Monge, 2020)

La radiación UV-A no es filtrada por la capa de ozono al mismo grado que la UV-B y la UV-C, mismas que logran penetrar por medio de las nubes y los cristales. La radiación UV-B es un 80% más perjudicial para la salud que la UV-A con un 20%. La cantidad de radiación UV y luz visible que llegan a la piel depende de la longitud de onda ya que entre más corta es esta, es más nociva (Cabrera Morales & López-Nevot, 2006).

Si bien es cierto que los seres vivos necesitan de la luz solar para sobrevivir, también es verdad que una exposición prolongada a esta conlleva respuestas biológicas negativas. Organización Mundial de la Salud [OMS] (2022) plantea que dentro de las respuestas positivas está la asimilación de la vitamina D para fortalecer los huesos gracias a cantidades bajas de luz UV mientras que las reacciones negativas son el desarrollo de eritema, edemas, quemaduras de las células, daño del DNA, envejecimiento prematuro, cicatrización lenta de heridas e incluso cáncer.

### Figura 3

#### *Penetración UV en la piel humana*



Nota: La figura muestra las diferentes radiaciones UV y su penetración en las capas de la piel.

Fuente: (Barrero, 2006, p. 12)

Analizando las diferentes radiaciones, la UV-A o también llamada la radiación del envejecimiento es capaz de atravesar la dermis, epidermis e hipodermis por lo que puede llegar a quemar la piel si se está expuesto por mucho tiempo; produce fotooxidación de la melanina y fotosensibilidad. Por otro lado, la radiación UV-B o la radiación de las quemaduras es absorbida en un 90% por la epidermis, que es la capa más superficial de la piel, dañando sus células y causando quemaduras, envejecimiento prematuro y en algunos casos cáncer de piel. La UV-C es la más peligrosa pues tiene mucha energía, pero es absorbida en gran parte por la capa de ozono y suele usarse de forma artificial para esterilizar ciertos objetos (González-Púmariega et al., 2009).

### 1.2. Marco legal

El trabajo de investigación se sustenta en base a legislación pertinente para darle un enfoque más delimitado que incluye los derechos ambientales principalmente.

### ***1.2.1. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica***

En la industria textil se realiza la tintura y aplicación de acabados para tejidos diariamente, en este proceso se utilizan grandes cantidades de agua y sustancias químicas, estas magnitudes deben controlarse mediante las leyes de gestión ambiental instauradas en el Ministerio del Ambiente.

Art. 23. La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada; las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución; y la incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

Art. 28. Toda persona natural o jurídica tiene derecho a participar en la gestión ambiental, a través de los mecanismos que para el efecto establezca el Reglamento, entre los cuales se incluirán consultas, audiencias públicas, iniciativas, propuestas o cualquier forma de asociación entre el sector público y el privado. También el Art 33. Establézcanse como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambientes, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento. (Ministerio del Ambiente, 2004)

### ***1.2.2. Constitución de la República del Ecuador***

La presente investigación está enfocada en preservar los derechos ambientales durante el desarrollo de esta, así como ayudar a precautelar la salud humana, es así como se consideran algunos artículos que fueron extraídos de la Carta Magna ecuatoriana, los cuales se presentan a continuación:

#### Sección segunda Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público, la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

#### Sección séptima Salud

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos. El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales. (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pp. 14-18)

### ***1.2.3. Líneas de Investigación UTN***

Este estudio tiene relación con las siguientes líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte (2024) concernientes a la Carrera de Textiles.

- Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.

### ***1.2.4. Normativa asociada a los acabados con FPU***

Existen distintas normativas nacionales e internacionales ligadas a los acabados textiles, sin embargo, la información sobre reglamentos relacionados a los acabados de protección UV es

limitada. Se hará hincapié en la más relevante para este proyecto de investigación. La normativa internacional que se usará en el presente proyecto para evaluar el acabado con FPU es la Norma AATCC 183: Transmitancia o bloqueo de la radiación UV a través de la tela.

El Propósito y alcance de este método de prueba estandarizada se utiliza para la determinación de la radiación ultravioleta bloqueada o transmitida por tejidos destinados a dar protección UV, también brinda procedimientos para medir esta propiedad de la tela en muestras en estado seco o húmedo. Una muestra de tejido se coloca en un dispositivo de prueba que simula la exposición a la luz solar, después se mide la cantidad de radiación UV que pasa a través del tejido. (American Association of Textile Chemists and Colorists [AATCC], 2024)

Esta norma también establece los requerimientos para el equipo de prueba y la manera adecuada de calibrar el equipo para garantizar la precisión de los resultados.

### **1.3. Acabados por impregnación**

En el medio textil, según Hernández Mendoza & Hernández (2016) la impregnación se conoce como la acción de sumergir un tejido en una disolución que recibe el nombre de baño de impregnación. Posteriormente, se presiona la tela de manera uniforme a lo largo y ancho con el propósito de que se absorba dicho baño. La humedad tiene que ser controlada y también homogénea. Esta absorción se expresa en porcentaje (%) y se la relaciona con el peso en seco del tejido.

Se realizan dos clases de impregnación: Impregnación en tejido seco e impregnación en tejido húmedo. En la impregnación sobre tejido seco, se procede a pesar la tela y luego se la pasa por el contenedor de la suspensión coloidal para después colocarla entre los dos rodillos del foulard, a presión controlada, para que se retire el excedente de producto. Finalmente, se pesa la

tela y se aplica la fórmula correspondiente para obtener el porcentaje de Pick Up (Valenzuela et al., 2016).

Es así que Cegarra et al. (2007) explica que en el proceso de impregnación húmedo-húmedo el material textil atraviesa varios baños; se exprime y se transfiere a la siguiente solución. Asimismo, se regula la presión y se toman los pesos de entrada y salida de cada uno de los baños.

Para realizar un acabado por impregnación se hace uso del equipo denominado foulard, que es un instrumento muy utilizado en el medio textil para realizar diferentes tipos de acabados. Su función se da a través de dos rodillos que impregnan el tejido con un acabado determinado por medio de presión (Pinzón Rodríguez & Rincón Castillo, 2018).

#### **Figura 4**

*Equipo Foulard*



Nota: En la imagen se puede observar un foulard de impregnación de laboratorio que cuenta con cilindros neumáticos y una válvula que regula la presión necesaria de trabajo. Fuente: (Gester Instruments, 2023)

En los acabados por impregnación hay varios aspectos a tomar en cuenta, uno de los más importantes es el Pick Up. F. E. Lockuán, (2012a) redactó lo siguiente:

El Pick Up o porcentaje de retención de un tejido, muestra cuántas unidades de peso de un baño captan 100 unidades de peso de un tejido seco, posterior a su impregnación y paso por los rodillos del foulard. Es fundamental calcular el pick up para conocer la cantidad de baño que se requiere para teñir o darle un acabado a un peso de tejido específico. También es importante resaltar que el pick up de un tejido depende inversamente de la presión de exprimido en los rodillos del foulard, es decir, a mayor presión de exprimido, el pick up disminuye y a menor presión de exprimido, el pick up aumenta. (pp. 42-43)

La fórmula del Pick up es la siguiente:

### **Ecuación 1**

*Fórmula del porcentaje de Pick Up*

$$\% \text{ Pick Up} = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100\%$$

#### **1.3.1. Bloqueo ultravioleta**

El bloqueo ultravioleta o el Factor de Protección Ultravioleta, en términos generales, es la capacidad que tienen ciertos objetos de obstruir el paso de los rayos ultravioleta provenientes del sol. En el caso de los tejidos, es la cantidad de efectividad que tiene el tejido para cuidar la piel de los seres humanos contra la radiación UV. El bloqueo UV de un textil puede cambiar dependiendo de las condiciones y criterios de fabricación de este, tales como: el tipo de fibra con la que está hecha la tela, los aprestos que tengan estas fibras, el armazón del tejido (diseño estructural, densidad, entre otros), el color con el cual está tinturado, utilización de blanqueadores ópticos, presencia de acabados que puedan retener radiación UV y la manera en la que se limpia el textil (Suárez et al., 2007).

Las prendas se pueden etiquetar como protectoras UV si están debidamente clasificadas conforme con su índice de UPF. (**Ver Tabla 1**).



**Tabla 1***Sistema de clasificación del UPF*

<b>Categoría de protección UVR</b>	<b>Índice UPF</b>	<b>Porcentaje de protección</b>	<b>Transmisión UV efectiva (%)</b>
Buena protección	15,20	93,3-95,9	6,7 a 4,2
Muy buena protección	25,30,35	96-97,4	4,1 a 2,6
Excelente protección	40,45,50	97,5	≤ 2,5

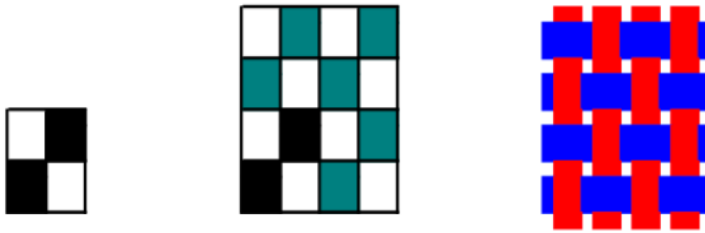
Nota: En la presente tabla se puede identificar el etiquetado y clasificación de los tejidos acorde a su factor de protección a la radiación de tipo ultravioleta. Fuente: Adaptado de (Suárez et al., 2007)

### **1.3.2. Tejidos Planos**

Los tejidos planos también son conocidos como tejidos de calada. Bustamante (2017) explica que el tejido plano es el que resulta del entrecruzamiento de hilos de trama y urdimbre, siendo esa su principal característica. Los hilos de urdimbre son los que se encuentran de manera longitudinal mientras que los de trama son los que están posicionados transversalmente; los hilos de trama también se conocen como pasadas y los hilos de urdimbre como hilos. El entrecruzamiento de estos hilos se realiza acorde al diseño que se desee desarrollar, tomando en cuenta los ligamentos fundamentales del tejido plano. Uno de los principales ligamentos es el **tafetán**, es uno de los más comunes y pequeños debido a su rapport. Además, sus dos caras son idénticas tanto en el lado pesado como en el lado liviano y también suele encogerse con más facilidad que otros ligamentos. Puede diseñarse dependiendo la necesidad y la estética acorde a la densidad, título y torsión de los hilos que contengan; con este se fabrican un sinnúmero de productos: camisas, ropa de cama, ropa blanca y muchos más.

## Figura 5

### *Ligamento tafetán*



Fuente: (Bustamante, 2017, p. 3)

De todos los ligamentos fundamentales se pueden derivar otros. En el caso del tafetán sus derivados son los acanalados, esterillas y teletones. Para obtener estos derivados se realizan evoluciones en el primer hilo y primera pasada para luego repetirlas por los hilos de urdimbre que tienen la misma posición y, después, la evolución contraria en los hilos de trama (F. Lockuán, 2012).

Todos los tejidos planos, sus tipos y derivados se producen en variedad de telares según el tipo de tejido, el uso final y la necesidad del consumidor. Los telares donde se desarrollan las telas planas pueden ser los telares de lanzadera, telares de aire, agua y telares de proyectil. Todos los telares forman los tejidos con hilos de trama y urdimbre como materia prima.

### **1.3.3. Generalidades del algodón**

El algodón es una planta simple que forma parte de la familia Malvaceae (*Gossypium Hirsutum* L). Según Alvarado Narváez (2009) la fibra de algodón es una fibra natural y es una de las más usadas a nivel mundial. La fibra está conformada por fibras largas y gruesas o fibras cortas que están junto a la semilla, puede ser de color crema o blanco. Los aspectos a tomar en cuenta de esta fibra son la finura, la longitud, resistencia y NEPS; este último es importante ya que afecta

directamente al hilado y provoca defectos estéticos en telas acabadas (Godoy-Collaguazo, Umaquina-Criollo, Naranjo-Toro, et al., 2023).

## Figura 6

### *Morfología del algodón*



Nota: En la presente imagen se encuentran plasmadas las partes principales que conforman la planta de algodón. Fuente: (Agro Krebs, 2022)

El algodón cubre el 30% de las necesidades textiles alrededor del mundo. El 82% de los usuarios optan por ropa hecha con algodón y mezclas de algodón, mientras que el 91% piensa que el algodón es amigable con el medio ambiente y el 78% dice que las etiquetas de “100% algodón” influyen al momento de adquirir ropa nueva. Esto se debe a que relacionan la comodidad con prendas hechas de esta fibra. (Orjuela Garzón et al., 2020, pp. 24-25).

De acuerdo con estos datos las personas muestran alta inclinación por las prendas de algodón frente a las fibras sintéticas y artificiales, es por tal razón que ahora se buscan nuevas alternativas para la obtención de esta materia prima, estas deben cumplir las expectativas de la

actualidad: algodón orgánico y algodón sostenible de calidad, mediante el mejoramiento de los procesos de producción y las estrategias de organización (Secretaría de Agricultura, 2021).

#### **1.3.4. Tintura en colores oscuros con colorantes reactivos EVERZOL**

La tintura es el procedimiento donde el material textil entra en contacto con la solución o dispersión de un colorante. Gilabert (2020) describe que el tejido absorbe la solución haciendo que este ya no regrese al baño de tintura debido a la energía de su vínculo. Los colorantes reactivos cuentan con dos partes importantes: una es la que da el color y la otra comunica la reactividad. Para tinturar con estos colorantes es importante que se conozcan ciertos aspectos. En primer lugar, este proceso se divide en dos etapas: la **absorción** del colorante a baja temperatura con pH neutro para después elevar el pH lo que causa la **fijación** del colorante en la fibra. En segundo lugar, la reacción del grupo reactivo del colorante con el tejido crea un enlace covalente, lo que se conoce como fijación. Por último, es necesario que se tenga las condiciones de tintura conforme a la afinidad del colorante dado que una afinidad muy alta hace difícil una tintura uniforme y también retirar el colorante que no se fijó y si la afinidad es baja no fijará adecuadamente.

Los colorantes Everzol fueron desarrollados por Everlight Chemical Industrial Corporation para cumplir las altas demandas del mercado. Son colorantes reactivos a base de vinilsulfona y vinilsulfona con monoclotriazina lo que da por resultado tintes estables a la hidrólisis ácida. Asimismo, se puede trabajar a distintas temperaturas y tienen buena solidez. (Everlight Chemical Industrial Corporation, 2023, p. 5)

En el teñido siempre es recomendable que el material textil esté libre de aceites y agentes de apresto para no afectar el resultado final debido a que estos permanecen en la superficie del tejido y causan desigualdad en la tintura; los pretratamientos como el descolado, blanqueo y mercerizado también deben desarrollarse adecuadamente y con cuidado. En cuanto al teñido se

recomienda disolver el tinte en agua tibia entre 40° a 50° C y mezclar, seguidamente, se añadirá agua caliente de 80° a 90° para continuar mezclando. Estos colorantes tienen buena solubilidad, pero si se necesitan soluciones altas de colorante es de gran ayuda agregar una cantidad baja de urea para disolver con mayor facilidad (Everlight Chemical Industrial Corporation, 2023).

En el año 2023 se realizó la tintura medición de la radiación UV en colorantes reactivos Everzol, uno de los colores oscuros evaluados fue el azul. Según Rosero Echeverria (2023):

La tintura en colorantes reactivos aporta mayor índice de bloqueo de radiación UV-B, para el colorante amarillo se tiene un valor de bloqueo de 1.42%, el colorante azul 3.15% y el colorante rojo 0,44%. En la radiación UV-A, el colorante amarillo el valor de protección es de 0.66%, rojo con 0.35% y azul con 1.75%. (p. 63)

Con esta información se puede denotar que los textiles tinturados con colorantes reactivos oscuros tienen mayor factor de protección ultravioleta en las bandas UV-A y UV-B frente a los colores claros de la misma gama.

Para el manejo de este tipo de colorantes se puede aplicar diversos métodos dependiendo de la clase de sustrato textil y de su calidad; puede ser hilo o tela. La maquinaria que se encuentra disponible también debe ser considerada ya que de ello cambiará la forma de teñir para obtener los resultados esperados (Godoy-Collaguazo, Umaquina-Criollo, & Naranjo-Toro, 2023).

La intensidad de la tintura con colorantes Everzol tiene mayor fuerza a razón del tipo de fibra; en este caso el abacá y la cabuya, si bien ambas son de origen natural vegetal, no absorben el colorante de la misma manera lo que genera como resultado diferencias en la intensidad del color: el tejido de abacá tiene mayor fuerza que el tejido tinturado de cabuya. Las muestras fueron comparadas usando los mismos porcentajes de colorante (3%, 4% y 5%) y los análisis se llevaron a cabo con el espectrofotómetro (Piñán Ruiz, 2023).

## CAPÍTULO II

### 2. Metodología

#### 2.1. Enfoque de la investigación

La investigación es el procedimiento con el cual se busca explicar un tema en específico, comprenderlo y reformarlo conforme a las necesidades; un conjunto de acciones metódicas, críticas y prácticas que se utilizan para estudiar algún fenómeno. De manera general, es un proceso que se basa en normas de validez y admisibles para el colectivo científico, que pretenden ayudar a solucionar problemas perceptibles (Monje Álvarez, 2011).

La investigación presenta diferencias y singularidades de acuerdo con el enfoque de esta. En este proyecto investigativo se utilizará el enfoque cuantitativo.

El enfoque cuantitativo se caracteriza por usar métodos y técnicas cuantitativas, es decir, tienen que ver con la medición, el uso de magnitudes, la observación y medición de las unidades de análisis, el muestreo y el tratamiento estadístico de los datos. Utiliza la recolección de información y el análisis de estos para contestar preguntas de investigación. (Ñaupas et al., 2014, p. 97)

##### 2.1.1. Tipo de investigación

Dentro de la metodología de la investigación existen diferentes alternativas a seguir para alcanzar el conocimiento y debe escogerse la que más se ajuste al proyecto investigativo de acuerdo con los fines establecidos en el mismo. Martínez Ruiz (2012) plantea que **el método inductivo** inicia con la observación directa para luego llevar a cabo un conjunto de generalizaciones respecto a los hechos observados, lo que hace posible generar leyes; es un método de las ciencias experimentales que consiste en inferir que lo que se llegó a determinar en ciertas condiciones se puede volver a cumplir siempre y cuando sea bajo las mismas circunstancias.

El objetivo de este trabajo de grado es generar nuevo conocimiento partiendo de una premisa en particular, en este caso, la protección UV de tejidos de algodón color negro, basándose en la observación de los hechos o fenómenos y su estudio o análisis, para finalmente, alcanzar la determinación de conclusiones generales.

### ***2.1.2. Técnica de investigación***

La Investigación Experimental o también conocida como causa a efecto es objetiva, controlada y consecuentemente su intención es evaluar la probabilidad y causalidad entre las variables escogidas. Dentro de esta investigación se encuentran dos variables: independientes y dependientes. La variable independiente es conocida como de predicción y la dependiente es la del resultado. Asimismo, se diferencian dos partes importantes que son los grupos de control; aquellos que no reciben tratamiento y los grupos experimentales, que si reciben tratamiento. Es un conjunto de acciones o técnicas que se llevan a cabo para extraer información y datos sobre el tema de investigación o problema planteado y depende en su totalidad del investigador y sus procedimientos (Rodríguez Sánchez, 2020).

Se escogió esta técnica debido a que se manipulan las variables independientes (a nivel de laboratorio) con el fin de comprobar como influyen en la variable dependiente a través de la creación de grupos de control y de experimentación para observarlos y medirlos (método inductivo) tratando de que no se vean afectados por factores externos e internos.

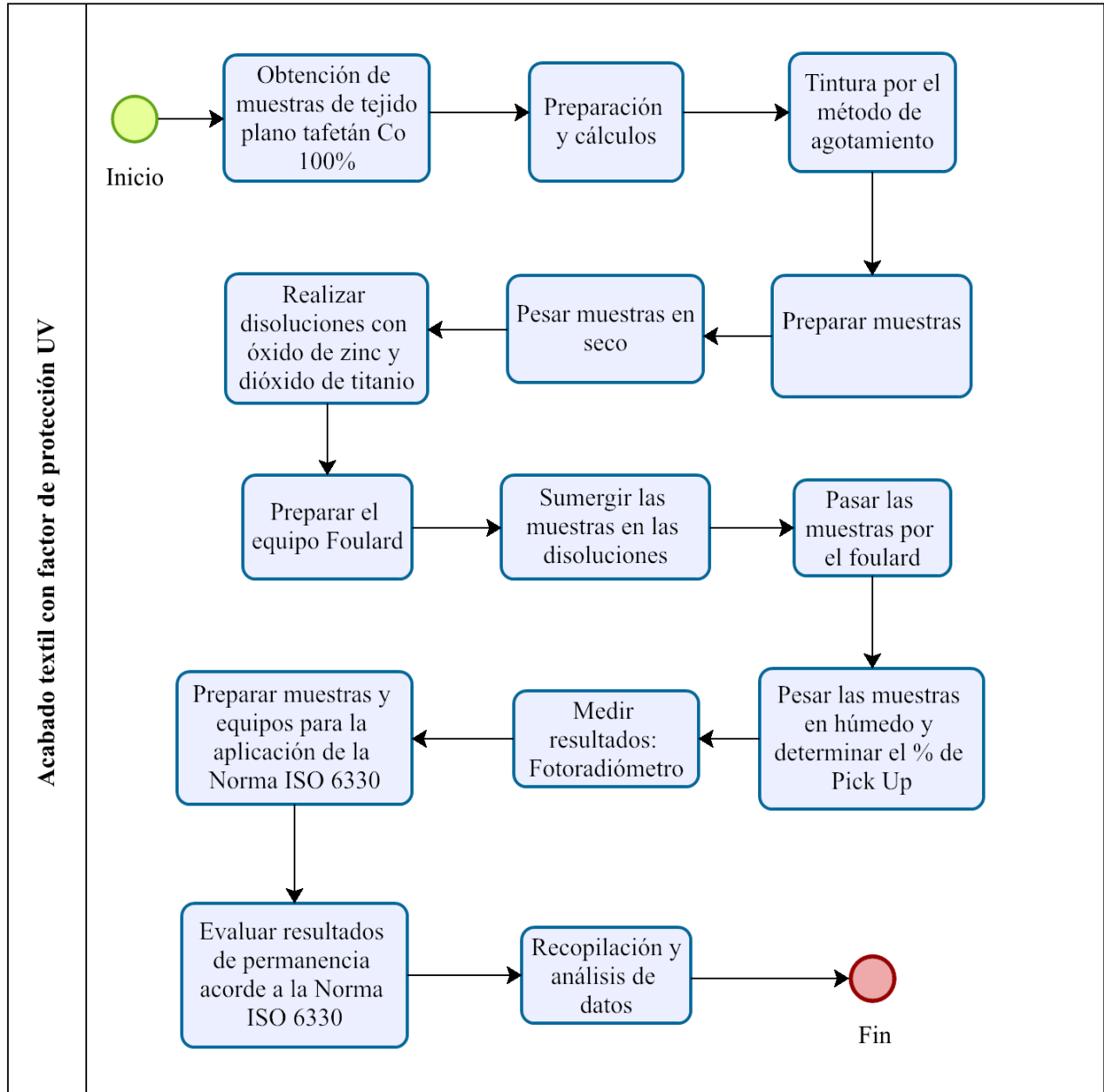
## **2.2. Flujogramas**

### ***2.2.1. Flujograma general***

Dentro de la **Figura 7** se explica el procedimiento para la realización del acabado de protección UV en el tejido plano color negro.

**Figura 7**

*Flujograma general*



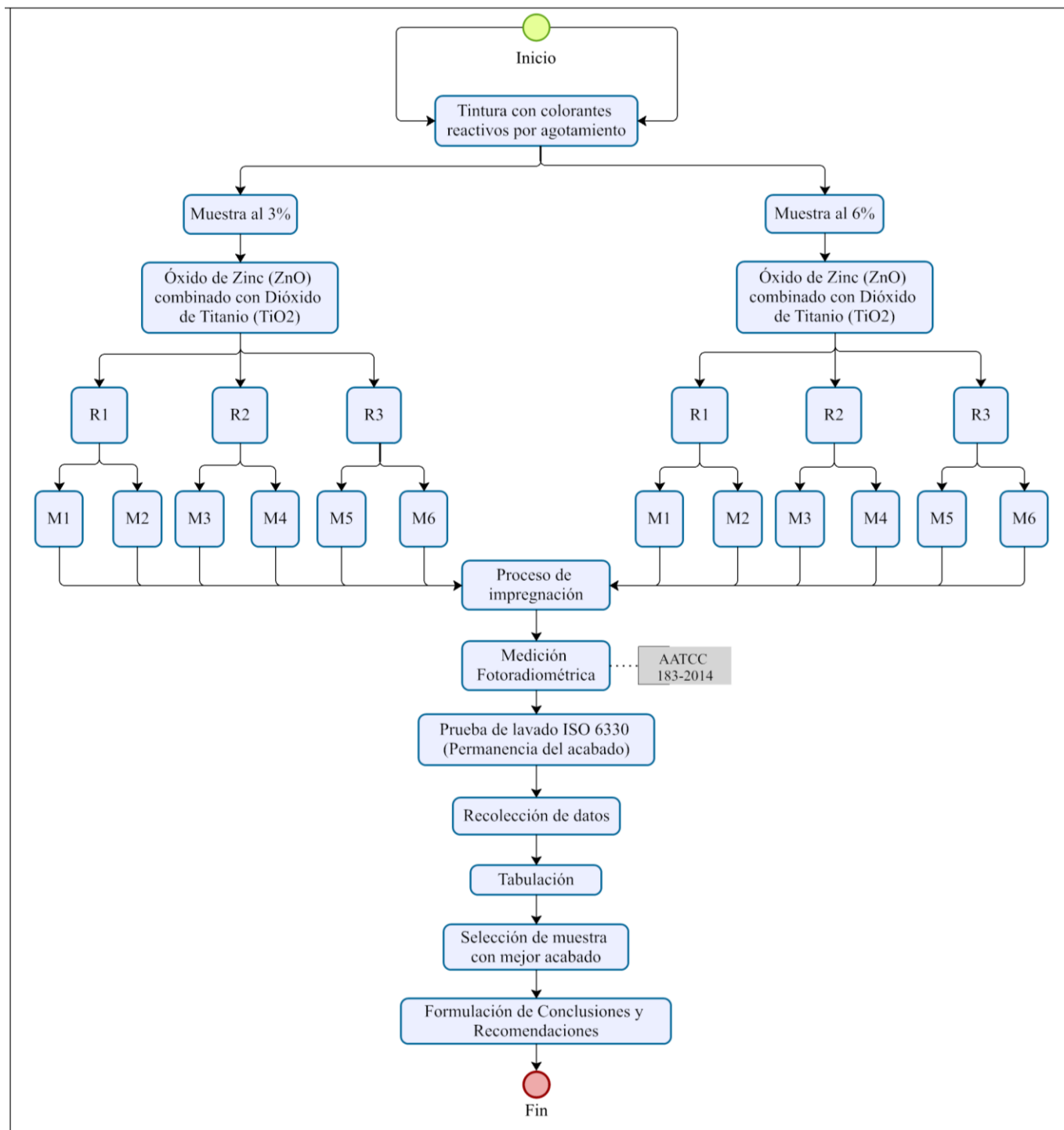
Fuente: Autor.



### 2.2.2. Flujograma muestral

**Figura 8**

*Flujograma muestral*



Fuente: Autor.

## 2.3. Materiales y equipos

### 2.3.1. Características del tejido plano tafetán

Dentro de la **Tabla 2** se encuentran las características principales del tejido plano usado en esta investigación.

**Tabla 2**

*Especificaciones del tejido*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Composición	Co 100%
Tipo de Tejido	Tafetán 2 x 2
Gramos por metro lineal	371 g/m lineal
Gramaje	206 g/m <sup>2</sup>
Densidad urdimbre	20 hilos/cm
Densidad trama	16 pasadas/cm
Título del hilo	11/1 Ne
Ancho de tejido	1,8 metros

Fuente: Autor.

### 2.3.2. Colorante reactivo *Everzol Black ED-R*

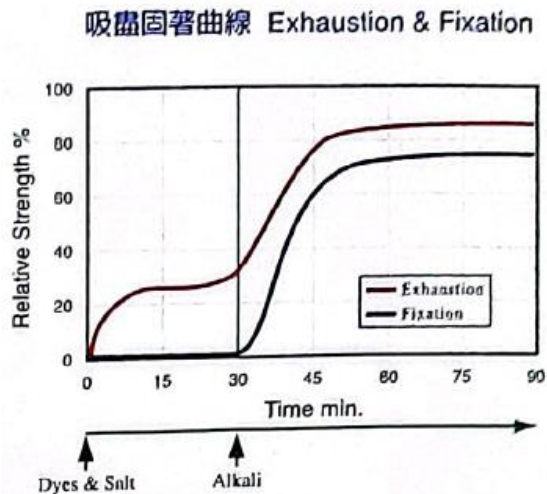
Colorante reactivo desarrollado para la tintura de fibras de origen celulósico. En la página oficial de la casa comercial se menciona que “es un tinte negro con alto rendimiento de color, propiedad descargable y con buena solidez al lavado, a la transpiración, solidez al frote en seco o húmedo y está probado en lavados oxidativos de ciclos múltiples” (ECIC, 2020).

En primer lugar, se debe contar con el sustrato textil en buen estado y listo para el proceso de tintura, es decir, ya desarrollado el pre-blanqueo y/o descruce. Posteriormente se llevan a cabo las disoluciones; este colorante es muy soluble en agua, pero es recomendable que la temperatura de esta sea de 50°C, como ya se había mencionado, continuar añadiendo agua de 80 a 90°C y

mezclar. Para el teñido, en esta investigación, se recomienda usar 50 g/L a 80 g/L de cloruro de sodio textil según el porcentaje de colorante.

### Figura 9

*Curva colorante Black ED-R*



Nota: En la figura se puede apreciar la curva de proceso de agotamiento y fijación que recomienda la casa comercial para el colorante a utilizar. Fuente: (ECIC, 2020).

#### 2.3.3. Auxiliares de tintura para fibras de origen vegetal

- a. **Marvacol SEC PLUS:** es un secuestrante aniónico de metales pesados con buena capacidad dispersante.
- b. **Marvacol PAL LA-100:** humectante y lubricante de carga aniónica; ayuda a que no haya quiebres en la tintura.
- c. **Marvacol ASC:** igualante que previene disparidad de tonos, también tiene poder secuestrante.
- d. **Novafix TN:** auxiliar fijador usado en fibras vegetales y procesos de tintura con colorantes reactivos. Se aplica con la finalidad de que la fibra no pierda color y tenga mejor solidez al lavado.

- e. **Saltex:** sal de uso indicado para la industria textil, es un sólido de color blanco que ayuda a mejorar las propiedades del colorante para que este pueda ingresar a la fibra.
- f. **Álcali APT HSP:** producto que provee las condiciones alcalinas de tintura de las fibras celulósicas con colorantes reactivos; sustituye al hidróxido de sodio (NaOH) y al carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ya que estos son de difícil acceso.

#### **2.3.4. Lavadora de prendas**

Esta es una máquina de lavado industrial y acabados de ropa resistente: tejidos denim e indumentaria de trabajo. Se emplea también para el desarrollo de descruces y tinturas. Se caracterizan principalmente porque tienen mayor capacidad que las lavadoras de uso doméstico y cuentan con ciclos de lavado más potentes; están construidas con materiales más resistentes para que puedan resistir las sustancias químicas corrosivas que se añaden en los distintos procesos.

#### **Figura 10**

*Lavadora de Prendas de la Carrera de Textiles*



Nota: Lavadora de jeans, equipo de teñido en donde se realizó la fase de tintura. Fuente: Autor.

La lavadora funciona con vapor proveniente del caldero, es posible controlar la temperatura por medio de un termómetro y se puede llenar y evacuar el agua por medio de las válvulas de alimentación.

### 2.3.5. Óxido de Zinc

Rojas et al. (2024) describen que es un mineral en polvo ligero de color blanco-amarillento o blanco, no es soluble en agua, pero si en ácidos minerales diluidos. Se utiliza en la industria cosmética: presente en protectores solares, maquillaje y cremas porque tiene propiedades antimicrobianas, fotoactividad y protege contra los rayos UV evitando quemaduras y envejecimiento temprano.

**Tabla 3**

*Propiedades del óxido de zinc*

<b>Propiedades</b>	<b>Descripción</b>
Fórmula	ZnO
Color	Blanco- blanco-amarillento
Olor	Inodoro
pH (solución acuosa al 10%)	7.2 a 7.6
Punto de fusión/congelación	1975°C (3587 °F)
Densidad (20°)	5, 607 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad (20°)	Soluble en ácidos, soluciones de amonio, carbonato de amonio, álcalis. Ligeramente soluble en alcohol y agua (0,0016 g/L a 29°C)

Fuente: Adaptado de (High Chem Specialties [GTM], 2017b).

### 2.3.6. Dióxido de Titanio

Es un compuesto inorgánico blanco que se encuentra en varios de los productos cosméticos que se ocupan actualmente debido a que no es tóxico ni reactivo para el ser humano. Tiene la capacidad de proteger contra la radiación UV y dispersar la luz (Titanium Dioxide Manufactures Association [TDMA], 2018).

**Tabla 4**

*Propiedades del dióxido de Titanio*

<b>Propiedades</b>	<b>Descripción</b>
Fórmula	TiO <sub>2</sub>
Color	Blanco
Olor	Inodoro
pH	6 a 7
Punto de fusión/congelación	1843°C (3349 °F)
Densidad (20°)	3,4 a 4,3 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad (20°C)	Insoluble en agua, álcalis, ácidos diluidos y disolventes orgánicos.

Fuente: Adaptado de (High Chem Specialties [GTM], 2017a)

**2.3.7. Foulard de laboratorio**

Como ya se describió con anterioridad, el foulard es una máquina en la cual se realiza el procedimiento de impregnación o foulardado; cuenta con rodillos que ejercen presión sobre la tela para que esta recoja el producto del acabado de protección UV.

**Figura 11**

*Foulard Horizontal de la Carrera de Textiles*



Fuente: Autor

El porcentaje de recogida o Pick Up es uno de los puntos más importantes en un acabado por impregnación. Para esta investigación este porcentaje será del 80 al 90% en función del tipo de tela.

### **2.3.8. Túnel de secado**

Es un equipo usado para realizar el secado de las muestras de tejido, también puede usarse para el desarrollo de termofijados. Los parámetros que se deben tomar en cuenta para el uso de este equipo es la velocidad del paso de la tela y la temperatura de secado.

### **Figura 12**

*Túnel de secado de la Planta Académica Textil*



Fuente: Autor.

### **2.3.9. Espectrofotómetro**

Este equipo sirve para evaluar la transmitancia, la reflectancia y la absorbancia, es decir, es capaz de determinar si la luz fue absorbida, reflejada o transmitida por un material textil tomando en cuenta su longitud de onda, así como también mide el espectro electromagnético, es decir, la luz ultravioleta y la infrarroja.

Evalúa pruebas de solidez del color al lavado y a la transpiración midiendo el cambio y transferencia de color acorde a las normas internacionales.

En este proyecto se lo utilizó para determinar las coordenadas del color posterior a la tintura y la valoración de la permanencia del acabado UV.

### **Figura 13**

*Espectrofotómetro de la Carrera de Textiles UTN*



Fuente: Autor.

#### **2.3.10. Foto radiómetro**

Es un instrumento que mide la intensidad de la luz en diferentes longitudes de onda, en este caso, luz visible (ondas ultravioletas). Pueden ajustarse las unidades de medida acorde al parámetro evaluado. Lira Oliver & Guevara Mon (2018) explican las magnitudes luminosas que examina el fotoradiómetro:

- Luminancia (L): mide la intensidad luminosa que puede ser captada por la vista del ser humano tomando en cuenta el ángulo, tiene por unidad de medida a la candela por metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).
- Iluminancia (E): evalúa el flujo de luminosidad que afecta a una superficie por metro cuadrado. Su unidad de medida es el Lux.
- Irradiancia: esta se emplea para medir la cantidad de energía radiante que admite una superficie y sus unidades son los vatios o watts por metro cuadrado ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

Para esta investigación se usó la magnitud de irradiancia solar  **$\text{W}/\text{m}^2$** .



**Tabla 5**

*Unidades de medición del fotoradiómetro*

<b>Medida</b>	<b>Unidad</b>
Luminancia (L)	cd/m <sup>2</sup>
Iluminancia (E)	Lux-lx
Irradiancia (ΦE)	W/m <sup>2</sup>

Fuente: Adaptado de (Rosero Echeverria, 2023, p. 25)

**Figura 14**

*Fotoradiómetro*



Fuente: Autor

### **2.3.11. Wascator**

Es una lavadora estandarizada usada para medir la estabilidad dimensional (encogimiento), aspecto estético de la tela después del lavado (arrugas), realizar el lavado antes de las pruebas de abrasión y pilling, entre otros. Este equipo evalúa los textiles mediante la simulación de lavados domésticos. Además, ayuda a determinar la permanencia de los acabados aplicados.

## Figura 15

*Wascator*



Fuente: (James Heal, 2021)

La marca y el modelo con el que cuenta la carrera de Textiles es el James Heal W3 W365H21 (Ver Figura 15) que trabaja a 220 V y cuyo material es acero inoxidable, cuenta con programas de lavado de acuerdo con los estándares internacionales. Para este proyecto se aplicará la norma ISO 6330:2012.

### ***2.3.12. Norma AATCC 183-2014: Método de prueba para la transmisión o el bloqueo de la radiación ultravioleta a través de los tejidos.***

El objetivo de esta prueba es medir la cantidad de radiación solar que absorbe el tejido mediante la transmisión directa de la radiación a través del mismo. El desarrollo de esta prueba empieza con la exposición del tejido a la radiación UV para, posteriormente, medir si esta tiende a ser bloqueada o transmitida (Guevara Estacio, 2023).

Como explica la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas Textiles [AATCC] (2015) la radiación ultravioleta es la energía radiante donde las longitudes de onda de los elementos

monocromáticos son menores a los de la radiación visible y mayores a 100 nanómetros. Los límites espectrales según el Comité Internacional de Iluminación (CIE) son:

<b>Rango espectral</b>	
UV-A	315-400 nm
UV-B	280-315 nm
UV-C	100-280 nm

Fuente: Adaptado de (AATCC, 2015, p. 2)

Dónde:

nm= nanómetros

Este método de prueba también se puede utilizar para determinar el UPF de telas en estado estirado.

### ***2.3.13. Norma ISO 6330:2012 Procedimientos de lavado y secado en el hogar para pruebas textiles***

Según Eurolab (2020) esta norma explica los métodos de lavado y secado para los ensayos textiles y así evaluar el rendimiento y la calidad de los tejidos. Este procedimiento simula las condiciones de lavado en el hogar usando productos detergentes comunes, según sea el caso y se aplica a todos los textiles tejidos: prendas de vestir y productos para el hogar. Para la aplicación de esta norma se debe determinar el tipo de lavadora, la clase de detergente y la secadora en función del tejido y el propósito ya que estos influyen en los resultados. Según la región también se pueden desarrollar pruebas de apariencia, encogimiento, textiles hidrófugos y la solidez del color al lavado.

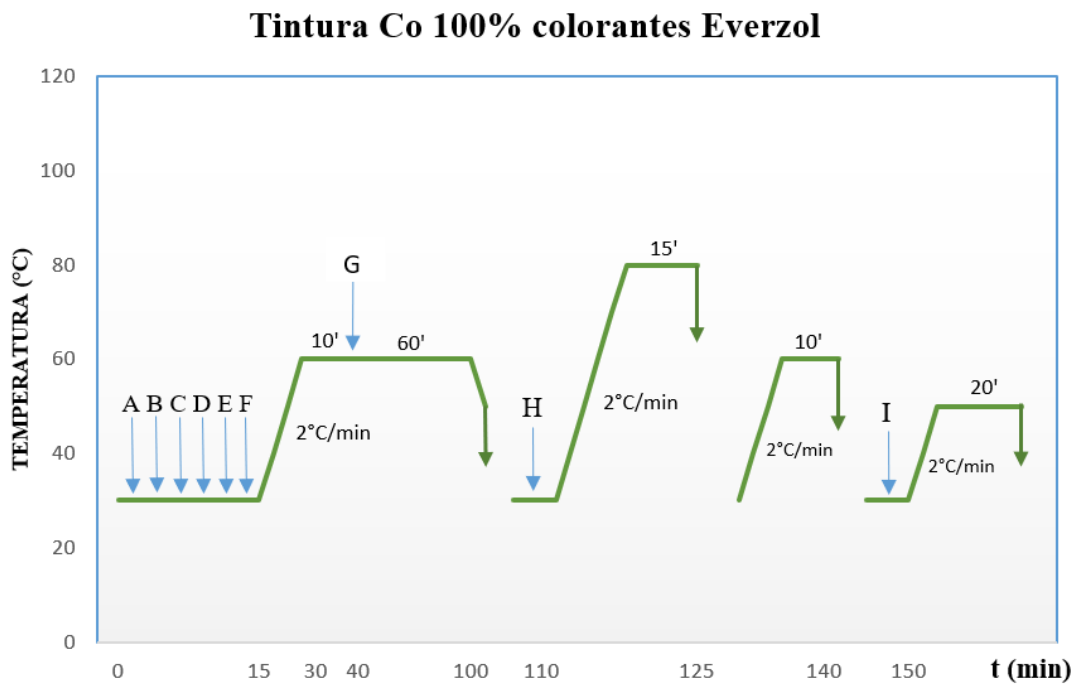
## 2.4. Procedimiento

### 2.4.1. Desarrollo del proceso de teñido con colorantes EVERZOL

El proceso de tintura por agotamiento se llevó a cabo en la lavadora de jeans de la Carrera de Textiles. El porcentaje de colorante fue de 3% y 6% ya que así lo indica el fabricante en su catálogo. La curva y formulación para este estudio se detallan a continuación:

**Figura 16**

*Curva de proceso*



Fuente: Autor

Dónde:

A= Humectante

D= Colorante

G= Álcali

B= Igualante

E= Sal Textil

H= Detergente

C= Secuestrante

F= Tela

I= Fijador

La relación de baño preestablecida fue de 1:30 y el peso de la tela de 450 gramos, dando como resultado un volumen de baño de 13,5 litros; valor que se empleó para efectuar los cálculos respectivos y definir la cantidad a colocarse de todos los productos auxiliares.

**Tabla 6**

*Receta de proceso de teñido 3%*

<b>Colorante al 3%</b>					
<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>	<b>g</b>	<b>kg</b>	<b>USD/kg</b>	<b>USD</b>
<b>Everzol Black ED-R</b>	3%	13.5	0.0135	10.98	0.1482
<b>Marvacol PAL LA-100</b> (Humectante)	0,6 g/L	8.1	0.0081	5.77	0.0467
<b>Marvacol SEC PLUS</b> (Secuestrante)	1,4 g/L	18.9	0.0189	5.53	0.1045
<b>Marvacol ASC</b> (Igualante)	1 g/L	13.5	0.0135	2.50	0.0337
<b>Saltex (Sal Textil)</b>	60 g/L	810	0.81	0.35	0.2835
<b>Álcali APT HSP</b>	1 g/L	13.5	0.0135	3.38	0.0456
<b>Novafix TN (Fijador)</b>	2%	9	0.009	2.40	0.0216
<b>Detergente</b>	1 g/L	13.5	0.0135	1.00	0.0135
<b>Total USD</b>					<b>0.6973</b>

Fuente: Autor

**Tabla 7***Receta de proceso de teñido 6%*

<b>Colorante al 6%</b>					
<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>	<b>g</b>	<b>kg</b>	<b>USD/kg</b>	<b>USD</b>
<b>Everzol Black ED-R</b>	6%	27	0.027	10.98	0.2965
<b>Marvacol PAL LA-100</b> (Humectante)	0,6 g/L	8.1	0.0081	5.77	0.0467
<b>Marvacol SEC PLUS</b> (Secuestrante)	1,4 g/L	18.9	0.0189	5.53	0.1045
<b>Marvacol ASC</b> (Igualante)	1 g/L	13.5	0.0135	2.50	0.0337
<b>Saltex</b> (Sal Textil)	80 g/L	1080	1.08	0.35	0.378
<b>Álcali APT HSP</b>	2 g/L	27	0.027	3.38	0.0912
<b>Novafix TN</b> (Fijador)	2%	9	0.009	2.40	0.0216
<b>Detergente</b>	1 g/L	13.5	0.0135	1.00	0.0135
<b>Total USD</b>					<b>0.9857</b>

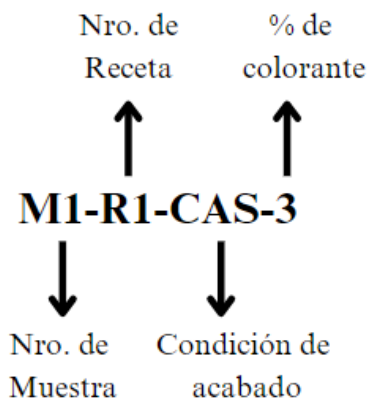
Fuente: Autor

**2.4.2. Desarrollo del proceso de impregnación**

Las probetas usadas para los ensayos de impregnación y para las pruebas subsiguientes, fueron codificadas, con el objetivo de que el análisis de resultados sea comprensible. Esta codificación se realizó acorde al número de muestra, número de receta, presencia de acabado, condiciones del ensayo y porcentaje de colorante, de la siguiente manera:

## Figura 17

### *Código de muestras*



Nota: CAS significa: Con Acabado en Seco, de la misma manera se encontrará CAH: Con Acabado en Húmedo. Fuente: Autor.

Una vez realizada la tintura y asignados los códigos de identificación de muestras, se procede a impregnar la tela con el acabado de óxido de zinc y dióxido de titanio. Ambos son productos que no llegan a ser tóxicos para el ser humano; sin embargo, según explica la Comisión de la Unión Europea (2016) es permitido utilizar un máximo de 25% de óxido de zinc o nanopartículas del mismo en los diferentes productos aplicados a la piel del ser humano. Asimismo, el dióxido de titanio tiene un máximo aceptable de 25%, indicado por el Comité Científico para la Seguridad de los Consumidores (CSSC). Estos productos deben ser disueltos en condiciones especiales para luego mezclarse con agentes que ayuden a que el acabado pueda aplicarse sin problemas y se adhiera de forma adecuada al sustrato.

Para establecer las recetas idóneas fue necesario llevar a cabo pruebas preliminares basadas en investigaciones previas como la de Cacuango Tuquerres (2020) quien explica que es factible usar concentraciones de 5% hasta 15% de **óxido de zinc** porque de lo contrario el acabado empieza a desprenderse del tejido. Por otra parte, la concentración máxima de **dióxido de titanio** es de 20

g/L porque de esta manera la tela no se vuelve áspera y no provoca molestias al contacto con la piel (Molina Alejandra, 2015). Asimismo, el óxido de zinc y el dióxido de titanio no son solubles en agua, razón por la cual, el primero debe ser disuelto con un ácido, en este caso se utilizó ácido cítrico; la primera dosificación en las recetas fue de 2 a 6 g/L para este producto con el fin de controlar el pH del acabado. La concentración de ligante fue 11 g/L a 22 g/L.

Tomando en cuenta esta información, se buscó la formulación apropiada de productos en función del tipo de tela y el color seleccionado; es así como se tiene:

**Tabla 8**

*Receta preliminar 1*

<b>Nro. De Receta</b>	<b>Volumen (ml)</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
1	500 ml	Óxido de Zinc	6 g/L
		Dióxido de Titanio	5 g/L
		Ácido Cítrico	2 g/L
		Chromadye DIX	1 g/L
		Peripret HKV	11 g/L

Nota: En esta receta se obtuvo una buena impregnación sin afectar el aspecto visual. Fuente: Autor

**Tabla 9**

*Receta preliminar 2*

<b>Nro. De Receta</b>	<b>Volumen (ml)</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
2	500 ml	Óxido de Zinc	11 g/L
		Dióxido de Titanio	10 g/L
		Ácido Cítrico	4 g/L
		Chromadye DIX	1,5 g/L
		Peripret HKV	17 g/L

Nota: Se observó una impregnación regular y un aspecto visual poco estético. Fuente: Autor.



**Tabla 10***Receta preliminar 3*

<b>Nro. De Receta</b>	<b>Volumen (ml)</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>
3	500 ml	Óxido de Zinc	17 g/L
		Dióxido de Titanio	15 g/L
		Ácido Cítrico	6 g/L
		Chromadye DIX	2 g/L
		Peripret HKV	22 g/L

Nota: La impregnación de los productos principales (ZnO, TiO<sub>2</sub>) no fue la adecuada ya que se desprendía de la tela, de la misma manera tenía un pésimo aspecto visual, con presencia de manchas en toda la muestra (ver **Anexo I**). Fuente: Autor

En el desarrollo de estos ensayos, el Pick Up fue establecido inicialmente con una presión de 3 bares y una velocidad de 1 m/min para dar con el porcentaje de recogida de 85±5; estos parámetros se mantuvieron durante todo el procedimiento de prueba. Las evaluaciones iniciales permitieron precisar los valores con los cuales se debe trabajar en las recetas finales para conseguir una buena impregnación sin afectar las características del tejido, así como todos los criterios que deben tomarse en cuenta, entre ellos el pH (potencial de hidrógeno) que es uno de los más importantes en el desarrollo de un acabado y en la mayoría de los procesos químicos de diferentes industrias. En este caso el potencial de hidrógeno es de carácter ligeramente ácido, debido a que el baño del acabado fue regulado mediante la adición de ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>). El pH de la disolución se midió durante y al final del procedimiento para tener un mayor control del mismo que asegure sus propiedades. El pH inicial fue de 3 a 4 para poder disolver el óxido de zinc, posterior a esto, al agregarse el dióxido de titanio, el pH final fue de 6.

Una vez analizados todos estos factores, se disponen las siguientes recetas:

**Tabla 11***Valores y parámetros de recetas finales*

<b>Receta Nro. 1</b>				
<b>Presión</b> <b>(bar)</b>	<b>Velocidad</b> <b>(m/min)</b>	<b>Volumen</b> <b>(ml)</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b> <b>g/L</b>
3 bar	1 m/min	500 ml	Óxido de Zinc	2 g/L
			Dióxido de Titanio	1 g/L
			Ácido Cítrico	0,5 g/L
			Chromadye DIX	0,5 g/L
			Peripret HKV	5 g/L
<b>Receta Nro. 2</b>				
<b>Presión</b> <b>(bar)</b>	<b>Velocidad</b> <b>(m/min)</b>	<b>Volumen</b> <b>(ml)</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b> <b>g/L</b>
3 bar	1 m/min	500 ml	Óxido de Zinc	4 g/L
			Dióxido de Titanio	3 g/L
			Ácido Cítrico	1 g/L
			Chromadye DIX	1 g/L
			Peripret HKV	8 g/L
<b>Receta Nro. 3</b>				
<b>Presión</b> <b>(bar)</b>	<b>Velocidad</b> <b>(m/min)</b>	<b>Volumen</b> <b>(ml)</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b> <b>g/L</b>
3 bar	1 m/min	500 ml	Óxido de Zinc	6 g/L
			Dióxido de Titanio	5 g/L
			Ácido Cítrico	1,5 g/L
			Chromadye DIX	1 g/L
			Peripret HKV	11 g/L

Nota: Como se puede observar, se usa un agente dispersante (Chromadye DIX) para que las partículas se puedan disolver con mayor facilidad y un ligante (Peripret HKV) con el objetivo de que el acabado no se desprenda del tejido y supere las pruebas de lavado. Fuente: Autor.

Una vez establecidas las recetas y con las muestras acondicionadas y pesadas en seco, se procede con la impregnación de la siguiente manera:

1. Pesar el ligante y el dispersante
2. Pesar y agregar ácido cítrico, según la receta, y agitar.
3. Medir el pH.
4. Agregar el óxido de zinc y agitar por un minuto de forma constante.
5. Agregar el dióxido de titanio.
6. Medir el pH.
7. Colocar la tela en la disolución del acabado, la cual debe estar en movimiento constante para evitar que la tela se manche.
8. Ajustar la presión del foulard con el propósito de obtener un Pick up de  $85 \pm 5\%$ , el cual es considerado como un buen porcentaje de recogida de producto.
9. Pasar las muestras por el foulard.
10. Pesar los tejidos en húmedo.
11. Verificar el Pick Up.
12. Realizar el secado y curado del tejido mediante el paso de este por el túnel de secado a una temperatura de  $120^{\circ}\text{C}$ , durante 3 minutos con una velocidad de 10 m/min para fijar el acabado.
13. Realizar la medición con el fotoradiómetro.

#### ***2.4.3. Medición de la protección UV: Prueba de transmisión o bloqueo de la radiación***

##### ***ultravioleta a través de los tejidos Norma AATCC 183***

Al finalizar la impregnación se obtuvieron 12 muestras: 6 muestras pertenecientes al género textil teñido al 3% y 6 muestras del tejido teñido al 6%. A su vez, se separan en 2 muestras

de cada receta, una será evaluada en seco y la otra será evaluada en húmedo tal y como lo requiere la norma en el apartado 8.

American Association of Textile Chemists and Colorists [AATCC] (2024) explica que se pueden hacer pruebas en húmedo y en seco y el procedimiento correcto es:

**a) Método de pruebas en seco**

- Cortar probetas de mínimo 50 x50 mm
- Acondicionar las probetas, por separado, en una estantería o rejilla de acondicionamiento alrededor de 4 horas en una atmósfera estandarizada de  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $65 \pm 2\%$  HR (humedad relativa). En lo posible, se debe evitar manipular las muestras para no deformarlas durante la preparación.
- La primera probeta a medir debe ser situada con una orientación determinada, que será la posición inicial o posición  $0^{\circ}$ . Lo más cercana al radio del equipo.
- Las mediciones posteriores serán realizadas en ángulos de  $45^{\circ}$  y  $90^{\circ}$  respecto de la posición inicial.

Las mediciones deben ser registradas de manera individual.

**b) Método de prueba en húmedo**

En primera instancia, las muestras se pesan para luego ser humedecidas colocándolas de forma plana en un vaso de precipitación o en un recipiente que contenga agua destilada, esta debe cubrir por completo al sustrato. Se dejará a la tela por un lapso de 30 min y se agitará pausadamente para favorecer una humectación homogénea. Cada muestra deberá realizarse una sola vez por separado.

Las pruebas, preferiblemente, deben hacerse en días donde la radiación sea elevada y en el horario de 12pm a 2 pm ya que conforme asegura Código Europeo Contra el Cáncer (CECC, 2017)

La radiación UV tiene mayor fuerza en las horas alrededor del mediodía y es menor en las horas de la mañana y al atardecer. Es por tal motivo que, para llevar a cabo las mediciones, se eligieron los días de más radiación en el mes de junio, con un índice de 11, considerado como extremadamente alto según la Organización Nacional pertinente.

**Figura 18**

*Índice UV*



Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2024)

#### ***2.4.4. Pruebas de solidez al lavado: Procedimientos de lavado y secado en el hogar para pruebas textiles Norma ISO 6330***

Para evaluar la permanencia del acabado en el tejido se necesita determinar cuántos ciclos de limpieza son suficientes para que este abandone la prenda, para ello se simulan las condiciones que se tendrían en los lavados domésticos.

Este método debe proceder según las siguientes especificaciones de Organización Internacional de Normalización (ISO, 2021):

- a) En cuanto a las condiciones ambientales de la prueba, estas son descritas en la norma ISO 139.
- b) La carga textil o contrapeso se da en función de la composición de la tela, pudiendo ser Co 100%, Co/Pes o Pes y debe añadirse a la probeta para llegar al peso específico en la lavadora estandarizada.
- c) El detergente de referencia debe tener una formulación específica.
- d) Para el secado se ocupan tendederos con columnas de 16 láminas de acero inoxidable.

La lavadora con la que cuenta la Carrera de Textiles es una Tipo A con tambor horizontal y carga frontal.

Los contrapesos en este caso son Tipo I ya que se trata de 100% algodón. En cuanto al detergente de referencia este es el 3: sin fosfatos, blanqueadores y enzimas.

Conocidas las especificaciones, el procedimiento es el siguiente:

1. Preparar las muestras acordes a la norma, esta explica que el número de probetas depende del fin de la prueba.
2. Colocar las muestras tratadas en la lavadora, asimismo se coloca el contrapeso acorde a la composición, en este caso, contrapeso Tipo I (1 kg).
3. Pesar  $20 \pm 1$  g del detergente de referencia 3 (Tipo A) y situarlo en el dispensador de la lavadora.
4. Ingresar el método 3N en el programa de la lavadora, el cual establece condiciones de lavado normales:  $30 \pm 3^\circ\text{C}$  de temperatura, 100 mm de nivel de agua y 15 minutos de lavado sin enfriamiento.
5. Retirar las probetas y proceder a secar según el procedimiento A de secado al aire libre.
6. Evaluar y comparar resultados.

## CAPÍTULO III

### 3. Resultados y Análisis

#### 3.1. Tabla general del proceso de impregnación

Los porcentajes de recogida del acabado de protección UV después del paso por el foulard se especifican en la siguiente tabla:

**Tabla 12**

*Porcentaje de Pick Up de las muestras*

<b>Nro. de Receta</b>	<b>Peso en seco (g)</b>	<b>Peso en húmedo (g)</b>	<b>%Pick Up</b>
M1-R1-3	17,07	31,06	81,96
M1-R1-3	17,67	32,41	83,42
M1-R1-6	17,87	32,97	84,49
M1-R1-6	17,95	33,19	84,90
M2-R2-3	18,26	33,72	84,67
M2-R2-3	17,04	31,69	87,97
M2-R2-6	17,51	32,43	85,21
M2-R2-6	18,00	32,82	82,33
M3-R3-3	17,61	32,58	85,01
M3-R3-3	17,68	33,38	88,80
M3-R3-6	18,35	33,54	82,78
M3-R3-6	18,06	33,73	86,76

Nota: Las pruebas se realizaron con un volumen de 500 ml. Fuente: Autor.

La cantidad de producto que permanece en el tejido se especifica en la tabla a continuación:

**Tabla 13***Cantidad en gramos de cada sustancia en tela*

Nro. de Receta	Producto en Tela (g)				
	Óxido de Zinc	Dióxido de Titanio	Ácido Cítrico	Chromadye DIX	Peripret HKV
M1-R1-3	0,028	0,014	0,007	0,0070	0,070
M1-R1-3	0,029	0,001	0,007	0,0074	0,074
M1-R1-6	0,030	0,015	0,008	0,0076	0,076
M1-R1-6	0,030	0,015	0,008	0,0076	0,076
M2-R2-3	0,062	0,046	0,015	0,0155	0,124
M2-R2-3	0,059	0,044	0,015	0,0147	0,117
M2-R2-6	0,060	0,045	0,015	0,0149	0,119
M2-R2-6	0,059	0,044	0,015	0,0148	0,119
M3-R3-3	0,090	0,075	0,015	0,0150	0,165
M3-R3-3	0,094	0,079	0,016	0,0157	0,173
M3-R3-6	0,091	0,076	0,015	0,0152	0,167
M3-R3-6	0,094	0,078	0,016	0,0157	0,172

Fuente: Autor.

**3.2. Coordenadas CIELab y delta E**

Al finalizar con la etapa de tintura y el desarrollo del acabado, se procedió con la medición de las coordenadas de color CIELab (modelo L\*a\*b) creadas por el Comité Internacional de Iluminación, donde se obtuvieron los siguientes resultados:



**Tabla 14***Coordenadas CIELab después del acabado*

Muestra	L	a	b	C	h	
<b>M0-SA-3</b>	<b>24,33</b>	<b>2,16</b>	<b>-4,14</b>	<b>4,67</b>	<b>297,56</b>	<b>DE cmc</b>
M1-R1-CAS-3	1,55	0,04	0,19	-0,14	0,13	1,14
M1-R1-CAS-3	1,43	-0,31	-0,14	-0,01	-0,34	1,12
M2-R2-CAS-3	1,43	-0,49	-0,25	0,03	-0,55	1,25
M2-R2-CAS-3	1,72	-0,25	-0,11	-0,01	-0,28	1,29
M3-R3-CAS-3	1,58	-0,55	-0,78	0,51	-0,81	1,65
M3-R3-CAS-3	1,59	-0,56	-0,69	0,42	-0,78	1,60
<b>M0-SA-6</b>	<b>18,82</b>	<b>2,50</b>	<b>-2,09</b>	<b>3,25</b>	<b>320,14</b>	<b>DE cmc</b>
M1-R1-CAS-6	1,28	-0,32	-0,53	0,15	-0,60	1,36
M1-R1-CAS-6	1,32	-0,36	-0,53	0,12	-0,63	1,40
M2-R2-CAS-6	1,66	-0,32	-0,21	-0,09	-0,37	1,52
M2-R2-CAS-6	1,76	-0,22	-0,47	0,17	-0,49	1,66
M3-R3-CAS-6	1,52	-0,44	-0,90	0,38	-0,93	1,84
M3-R3-CAS-6	1,63	-0,37	-0,79	0,32	-0,81	1,80

Nota: Los datos obtenidos en cuanto a tolerancia CMC muestran que hay variaciones significativas (mayores a 1) en el color final respecto del color inicial, es decir, que el acabado influyó en la diferencia de tono. Fuente: Autor.

En el aspecto de luminosidad los valores indican que el color tiende a volverse más oscuro con respecto al patrón, sin embargo, son valores aceptables al aplicarse productos de ennoblecimiento para tejidos.

### 3.3. Tablas de resultados de medición UV

La toma de datos de la radiación ultravioleta debe hacerse considerando varios factores (ver **Tabla 15**), los cuales deben ser definidos y fijados antes de proceder, es así como se consideró:

**Tabla 15**

*Parámetros influyentes en la evaluación de la radiación UV*

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Temperatura	22°-23°
Hora de medición	12:00 pm – 14:00 pm
Irradiancia UV-A (W/m <sup>2</sup> )	2,4166-19,0066
Irradiancia UV-B (W/m <sup>2</sup> )	0,20171-0,83275
Irradiancia UV-C (W/m <sup>2</sup> )	0,00391-0,00549

Nota: Los datos de irradiancia son el promedio de diez valores que fueron tomados con cada una de las sondas con las que cuenta el equipo, sin colocar la tela. Fuente: Autor.

Es importante recalcar que las lecturas pertenecientes a la radiación UV-C son mucho menores que las de UV-A Y UV-B debido a que esta es retenida, en gran parte, por la atmósfera terrestre.

Los resultados de los ensayos de bloqueo UV (ver **Tabla 16**), están expresados en la unidad de medida de la radiación solar, esta es **W/m<sup>2</sup>**; los vatios o watts, representan a la intensidad de la radiación solar en un área o extensión determinada (m<sup>2</sup>). También es relevante señalar que la norma AATCC 183, especifica que los ensayos deben hacerse con la tela en tres diferentes ángulos de inclinación, primero 0°, después 45° y finalmente 90°, es así como se tiene:

**Tabla 16***Resultados de irradiancia de ensayos en seco antes del lavado*

Unidad de medida: W/m <sup>2</sup>	UV-A			UV-B			UV-C		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
Ensayo en seco	0,03324-0,58274			0,00455-0,09108			0,00001-0,00026		
Temperatura: 23° C									
Codificación	UV-A			UV-B			UV-C		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
<b>M0-SAS-3</b>	0,19306	0,58274	0,0739	0,01497	0,09108	0,00919	0,00010	0,00014	0,00012
M1-R1-CAS-3	0,16835	0,52137	0,05368	0,01312	0,08143	0,00708	0,00008	0,00012	0,00010
M2-R2-CAS-3	0,12862	0,46663	0,04251	0,01115	0,07165	0,00623	0,00005	0,00009	0,00007
M3-R3-CAS-3	0,10933	0,43947	0,03324	0,00813	0,05933	0,00517	0,00003	0,00005	0,00004
<b>M0-SAS-6</b>	0,17723	0,53527	0,06784	0,01312	0,08407	0,00812	0,00007	0,00010	0,00008
M1-R1-CAS-6	0,15472	0,48335	0,05651	0,01040	0,07171	0,00604	0,00005	0,00008	0,00006
M2-R2-CAS-6	0,12378	0,44951	0,04459	0,00829	0,05995	0,00505	0,00002	0,00005	0,00003
M3-R3-CAS-6	0,10150	0,42254	0,04013	0,00746	0,05395	0,00455	0,00001	0,00002	0,00001

Nota: Los valores que se muestran en la parte superior son los valores mínimos y máximos obtenidos de cada tipo de radiación. Las codificaciones M0-SAS-3 y M0-SAS-6 son pertenecientes a la tela sin tratar (ver **Figura 17**). Fuente: Autor.

Estas lecturas indican que hay gran protección de radiación UV, en comparación con el promedio obtenido de la irradiancia sin tela. Desde la muestra sin tratar ya se nota una protección elevada, esto debido a las características del tejido (ver **Tabla 2**), en especial, su densidad. Romero Feijóo et al., (2011) afirma que “a mayor densidad del tejido el paso de radiación ultravioleta será menor” (p.2).

**Tabla 17**

*Resultados de irradiancia de ensayos en húmedo antes del lavado*

Unidad de medida: W/m <sup>2</sup>	UV-A			UV-B			UV-C		
	Ensayo en húmedo								
Temperatura: 23° C	0,03324-0,58274			0,00455-0,09108			0,00001-0,00016		
Codificación	UV-A			UV-B			UV-C		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
<b>M0-SAH-3</b>	0,23959	0,72549	0,09226	0,01863	0,11377	0,01140	0,00012	0,00016	0,00015
M1-R1-CAH-3	0,21027	0,64911	0,06662	0,01639	0,10105	0,00881	0,00010	0,00013	0,00011
M2-R2-CAH-3	0,15962	0,58096	0,05310	0,01389	0,08951	0,00773	0,00008	0,00010	0,00009
M3-R3-CAH-3	0,13655	0,54714	0,04125	0,01016	0,07363	0,00644	0,00005	0,00006	0,00005
<b>M0-SAH-6</b>	0,22136	0,66642	0,08418	0,01639	0,10433	0,01012	0,00009	0,00014	0,00011
M1-R1-CAH-6	0,19201	0,60178	0,07055	0,01296	0,08957	0,00749	0,00006	0,00011	0,00009
M2-R2-CAH-6	0,15460	0,55966	0,05533	0,01036	0,07440	0,00629	0,00004	0,00009	0,00006
M3-R3-CAH-6	0,12596	0,52608	0,05010	0,00929	0,06740	0,00564	0,00002	0,00006	0,00003

Fuente: Autor.

En cuanto a los datos obtenidos en las pruebas en húmedo, se puede observar que los valores son mucho mayores, es decir, que permiten más penetración de los rayos UV cuando se encuentran en este estado. Según Chavarrías (2023) la ropa húmeda permite el paso de la radiación UV a través del tejido porque el agua que contiene ejerce un efecto lente; se absorbe la radiación, impidiendo que se pueda reflejar lejos de la piel, en otras palabras, los tejidos húmedos disminuyen parte de su protección UV, en comparación con los tejidos secos.

Con el fin de determinar el valor FPU del acabado aplicado y analizar los datos, estos deben ser expresados en porcentaje, para ello se partió de los valores obtenidos de la medición de la radiación con cada una de las sondas sin el tejido, considerándolos como el cien por ciento y la diferencia será el porcentaje de bloqueo obtenido.

**Tabla 18**

*Tabla general de resultados en porcentaje de bloqueo UV de ensayos en seco antes del lavado*

Codificación	UV-A			UV-B			UV-C		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
<b>M0-SAS-3</b>	98,98	96,93	96,94	98,20	89,06	95,44	97,44	96,42	97,81
M1-R1-CAS-3	99,11	97,26	97,78	98,42	90,22	96,49	97,95	96,93	98,18
M2-R2-CAS-3	99,32	97,54	98,24	98,66	91,40	96,91	98,72	97,70	98,72
M3-R3-CAS-3	99,42	97,69	98,62	99,02	92,88	97,44	99,23	98,72	99,27
<b>M0-SAS-6</b>	99,07	97,18	99,64	98,42	89,90	95,97	98,21	97,44	98,54
M1-R1-CAS-6	99,19	97,46	99,70	98,75	91,39	97,01	98,72	97,95	98,91
M2-R2-CAS-6	99,35	97,63	99,77	99,00	92,80	97,50	99,49	98,72	99,45
M3-R3-CAS-6	99,47	97,78	99,79	99,10	93,52	97,75	99,74	99,49	99,82

Fuente: Autor.

**Tabla 19**

*Tabla general de resultados en porcentaje de bloqueo UV de ensayos en húmedo antes del lavado*

Codificación	UV-A			UV-B			UV-C		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
<b>M0-SAH-3</b>	98,74	96,18	96,18	97,76	86,34	94,35	96,82	95,86	97,27
M1-R1-CAH-3	98,89	96,58	97,24	98,03	87,87	95,63	97,43	96,68	97,96
M2-R2-CAH-3	99,16	96,94	97,80	98,33	89,25	96,17	98,08	97,44	98,41
M3-R3-CAH-3	99,28	97,12	98,29	98,78	91,16	96,81	98,71	98,39	99,08
<b>M0-SAH-6</b>	98,84	96,49	96,52	98,03	87,47	94,98	97,78	96,52	97,96
M1-R1-CAH-6	98,99	96,83	97,08	98,44	89,24	96,29	98,43	97,17	98,43
M2-R2-CAH-6	99,19	97,06	97,71	98,76	91,07	96,88	99,05	97,78	98,87
M3-R3-CAH-6	99,34	97,23	97,93	98,88	91,91	97,20	99,62	98,39	99,54

Fuente: Autor.

### **3.4. Análisis de confiabilidad**

Este análisis ayuda a determinar qué tan confiables son los datos obtenidos en las pruebas realizadas; si los datos son mayores a 0,05 estos son considerados veraces en un 95% (Molina Arias, 2017).

#### **3.4.1. Normalidad de los datos**

La normalidad de los datos se realizó en el software Past 4, el cual analiza datos científicos de diversas áreas. Esta prueba se hace con el objetivo de determinar si los valores siguen una distribución normal, es decir, verifica que un conjunto de datos se encuentre distribuido de manera uniforme en torno de un valor central, en este caso, el promedio.

**Figura 19**

*Normalidad de los datos porcentaje de bloqueo UV de pruebas en seco*

	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
<b>N</b>	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9488	0,9496	0,8589	0,9267	0,9434	0,939	0,9672	0,9768	0,9878
<b>p(normal)</b>	0,6993	0,7068	0,1172	0,4866	0,6444	0,6013	0,875	0,9452	0,991
<b>Anderson-Darling A</b>	0,2268	0,2289	0,5156	0,2988	0,2583	0,2576	0,175	0,1634	0,1143
<b>p(normal)</b>	0,7249	0,7166	0,13	0,5044	0,6077	0,61	0,8878	0,9085	0,9836
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,7755	0,7592	0,1404	0,5375	0,6737	0,6738	0,9255	0,9487	0,9973
<b>Lilliefors L</b>	0,1768	0,1612	0,2773	0,1962	0,1859	0,1728	0,1414	0,1587	0,1163
<b>p(normal)</b>	0,6479	0,7784	0,06708	0,48	0,5679	0,682	0,9099	0,798	1
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,6473	0,7839	0,0699	0,4823	0,582	0,689	0,9083	0,797	0,9899
<b>Jarque-Bera JB</b>	0,6618	0,6306	0,8181	0,6613	0,5998	0,681	0,4661	0,3569	0,3518
<b>p(normal)</b>	0,7183	0,7296	0,6643	0,7184	0,7409	0,7114	0,7921	0,8365	0,8387
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,4755	0,5069	0,3186	0,4776	0,5368	0,4614	0,6888	0,7985	0,8013

**Figura 20**

*Normalidad de los datos porcentaje de bloqueo UV de pruebas en húmedo*

	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
<b>N</b>	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9423	0,946	0,9519	0,9248	0,9429	0,938	0,9967	0,9516	0,9808
<b>p(normal)</b>	0,6338	0,6708	0,7299	0,4697	0,6402	0,5919	0,9999	0,7272	0,9667
<b>Anderson-Darling A</b>	0,247	0,2394	0,2338	0,3052	0,2606	0,2622	0,09427	0,193	0,169
<b>p(normal)</b>	0,6485	0,6768	0,6981	0,4865	0,5996	0,5942	0,9945	0,8411	0,8982
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,6978	0,7294	0,755	0,5219	0,659	0,6518	1	0,8788	0,938
<b>Lilliefors L</b>	0,1856	0,1541	0,1929	0,199	0,1903	0,1777	0,08319	0,1408	0,1305
<b>p(normal)</b>	0,5701	0,8314	0,5075	0,4566	0,5297	0,6397	1	0,9133	1
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,571	0,8322	0,5165	0,4704	0,5462	0,6473	1	0,914	0,9596
<b>Jarque-Bera JB</b>	0,7001	0,6427	0,5824	0,6683	0,5849	0,6887	0,2672	0,4459	0,2145
<b>p(normal)</b>	0,7047	0,7252	0,7474	0,716	0,7464	0,7087	0,8749	0,8001	0,8983
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,4354	0,5038	0,564	0,4679	0,5561	0,4498	0,8769	0,7119	0,9098

Como se puede evidenciar, en las pruebas de normalidad de los ensayos en seco y en húmedo, existe un 95% de confiabilidad de los datos, sin embargo, la que se ha decidido utilizar como estándar es la de Shapiro Wilk W, ya que es la más conveniente respecto al número de probetas evaluadas. Según Parada Guachalla (2019), esta prueba debe ser usada cuando el tamaño muestral no es muy grande, generalmente, menos de 50 muestras. En esta investigación el total de muestras fue de 16, incluyendo las que no fueron tratadas.

### 3.4.2. Análisis de la varianza

Es importante que se haga el estudio de la varianza para poder entender de mejor manera los datos y determinar si existe diferencias significativas entre los valores dados.

**Tabla 20**

*Análisis de la varianza del porcentaje de bloqueo UV de ensayos en seco*

	UV-A			UV-B			UV-C		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Min	98,98	96,93	96,94	98,2	89,06	95,44	97,44	96,42	97,81
Max	99,47	97,78	99,79	99,1	93,52	97,75	99,74	99,49	99,82
Sum	793,91	779,47	790,48	789,57	731,17	774,51	789,5	783,37	790,7
Variance	0,0314	0,0835	1,1831	0,1090	2,5375	0,6416	0,6252	1,0364	0,4462
Median	99,255	97,5	99,13	98,705	91,395	96,96	98,72	97,825	98,815
<b>Coeff. var</b>	<b>0,1785</b>	<b>0,2965</b>	<b>1,1008</b>	<b>0,3346</b>	<b>1,7429</b>	<b>0,8274</b>	<b>0,8012</b>	<b>1,0396</b>	<b>0,6758</b>

**Tabla 21**

*Análisis de la varianza del porcentaje de bloqueo UV de ensayos en húmedo*

	UV-A			UV-B			UV-C		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Min	98,74	96,18	96,18	97,76	86,34	94,35	96,82	95,86	97,27
Max	99,34	97,23	98,29	98,88	91,91	97,2	99,62	98,39	99,54
Sum	792,43	774,43	778,75	787,01	714,31	768,31	785,92	778,23	787,52
Variance	0,0483	0,1292	0,5278	0,17	3,9379	0,9816	0,8182	0,8151	0,5193
Median	99,075	96,885	97,475	98,385	89,245	96,23	98,255	97,305	98,42
<b>Coeff. var</b>	<b>0,2218</b>	<b>0,3713</b>	<b>0,7463</b>	<b>0,4191</b>	<b>2,2225</b>	<b>1,0316</b>	<b>0,9207</b>	<b>0,9281</b>	<b>0,7321</b>



De los datos proporcionados por el programa, se decidió enfatizar en el coeficiente de variación (CV). Este valor es una medida estadística que refleja la dispersión de un conjunto de datos, es decir, que analiza las desviaciones de los valores acorde a la media y las variaciones que tienen los datos entre sí (Hernández Cruz, 2020). El mayor coeficiente de variación es de 2,2225 correspondiente a los datos de ensayos en húmedo mientras que el menor coeficiente de variación es el de 0,1785 perteneciente a los valores dados de los ensayos en seco.

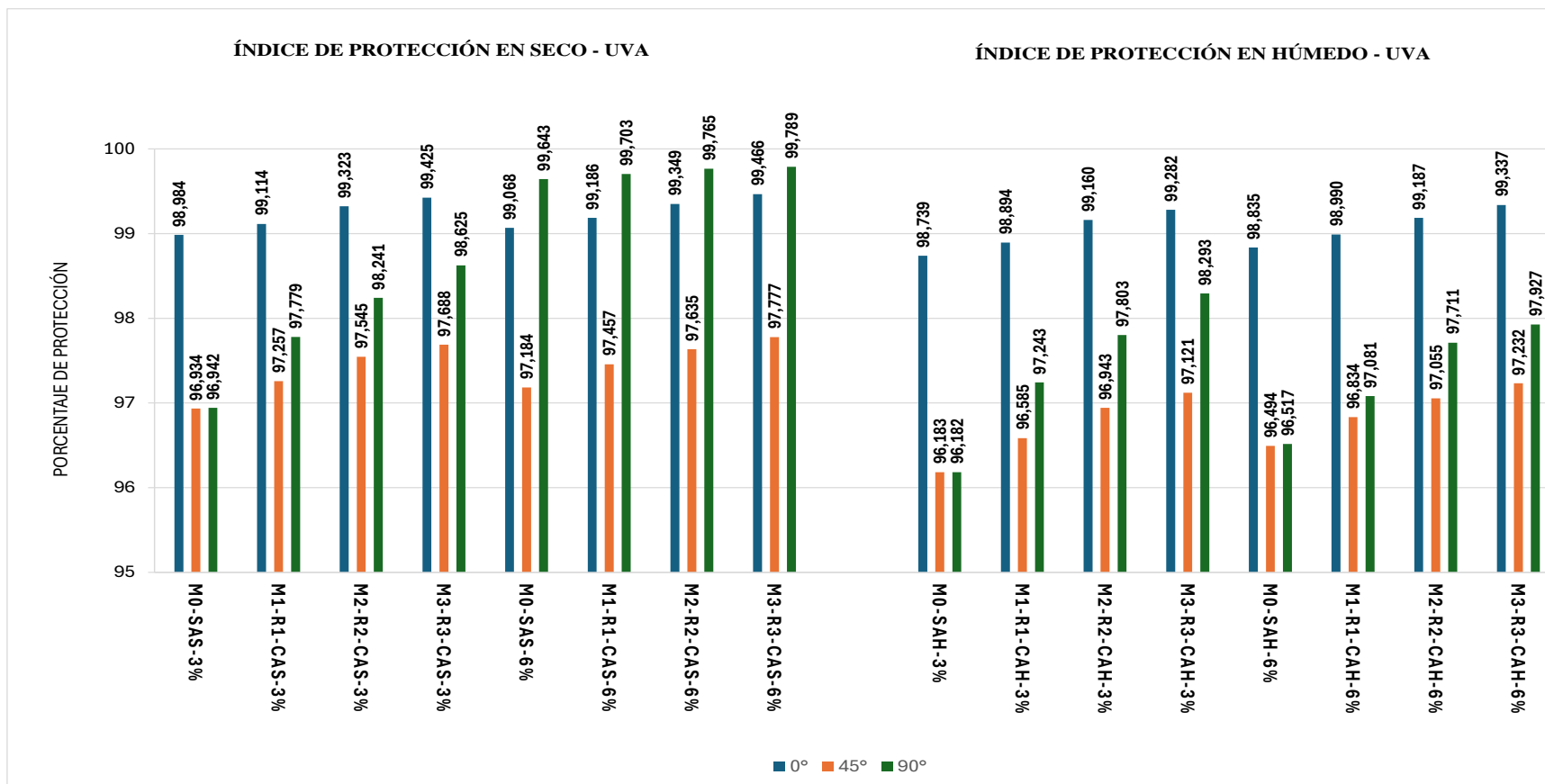
### **3.5. Interpretación de resultados**

Los resultados se muestran de forma gráfica para comparar un conjunto de datos y visualizar la tendencia de estos. Para ello se hará uso de diagramas de barras agrupadas, las cuales ayudan a contrastar las categorías UVA, UVB y UVC con el grupo de valores obtenidos y los sintetiza de forma ordenada y más comprensible. En todas las figuras se puede observar tres barras de diferentes colores, pertenecientes a cada uno de los ángulos de inclinación medidos: 0°, 45° y 90° respectivamente.

En la **Figura 21**, se evalúan todas las muestras en radiación UVA, en todos los grados de inclinación. En primer lugar, los **ensayos en seco** a 0°, para la probeta M1-R1-CAS-3 presenta un aumento del 0,13%, la M2-R2-CAS-3 un 0,34% y la M3-R3-CAS-3 un 0,44% respecto a la muestra sin ningún acabado. Para el caso de muestras teñidas al 6%, la probeta M1-R1-CAS-6, aumenta su protección en un 0,12%, la M2-R2-CAS-6 con el 0,28% y la M3-R3-CAS-6 con un 0,40%. En posición de 45°, el bloqueo en probetas teñidas al 3%, aumenta un 0,32% en la M1-R1-CAS-3, un 0,61% en la M2-R2-CAS-3 y un 0,75% en la M3-R3-CAS-3. Las probetas teñidas al 6% tienen un incremento del 0,27% en la M1-R1-CAS-6, la M2-R2-CAS-6 un 0,45% y la M3-R3-CAS-6 un 0,59%. A 90°, se incrementa un 0,84%, 1,30% y 1,68% en tintura al 3% y un 0,06%, 0,12% y 0,15% respectivamente en el teñido al 6%.

**Figura 21**

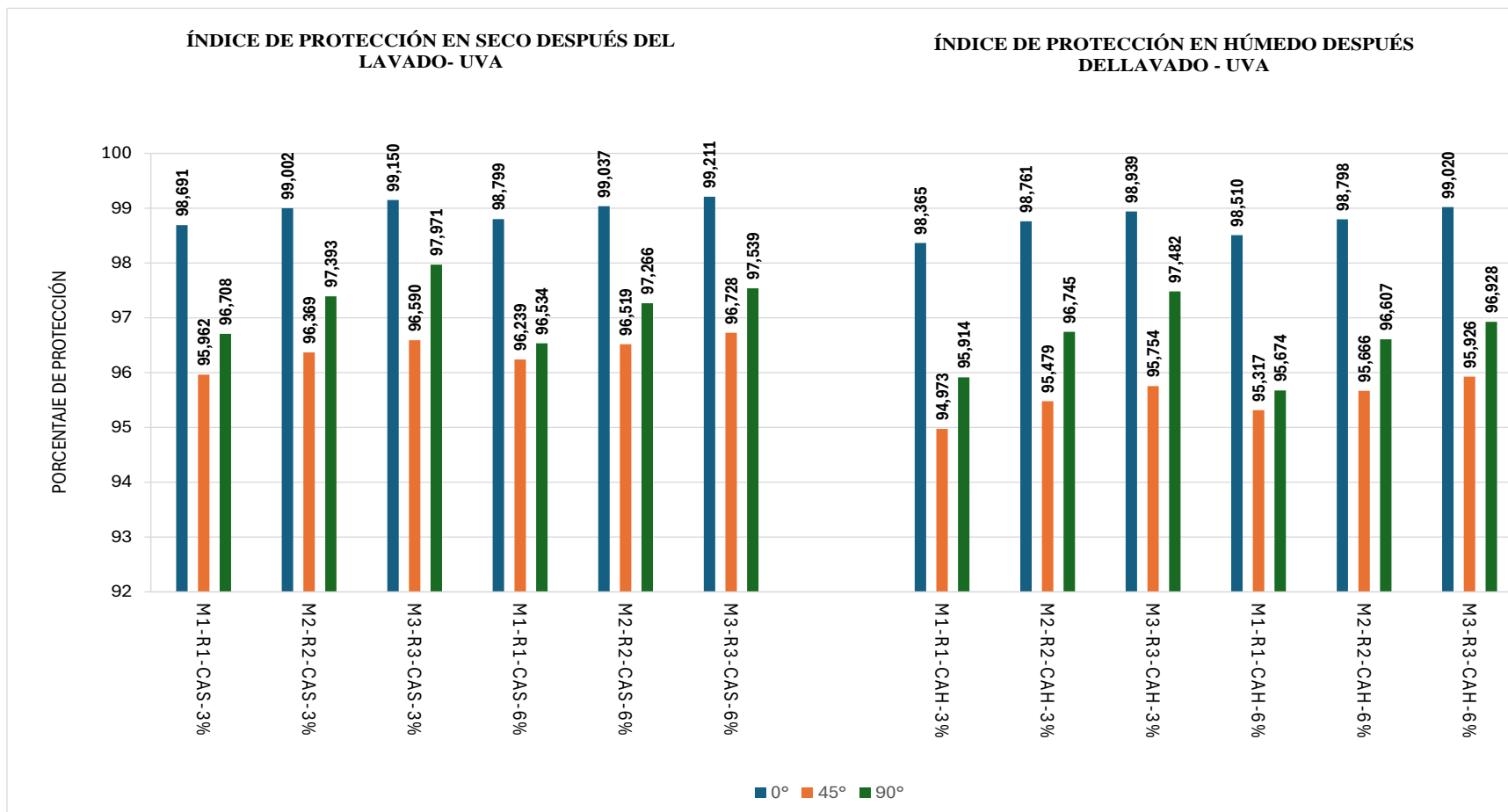
*Comparación del porcentaje de bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-A antes del lavado*



Nota: Como se puede visualizar, los mejores resultados de ensayos en seco pertenecen a la M3-R3-CAS-6 con una dosificación de 6 g/L de ZnO y 5g/L de TiO<sub>2</sub>. En húmedo el bloqueo disminuyó un 0,13%, 0,55% y 1,86% respectivo a las inclinaciones. Fuente: Autor.

**Figura 22**

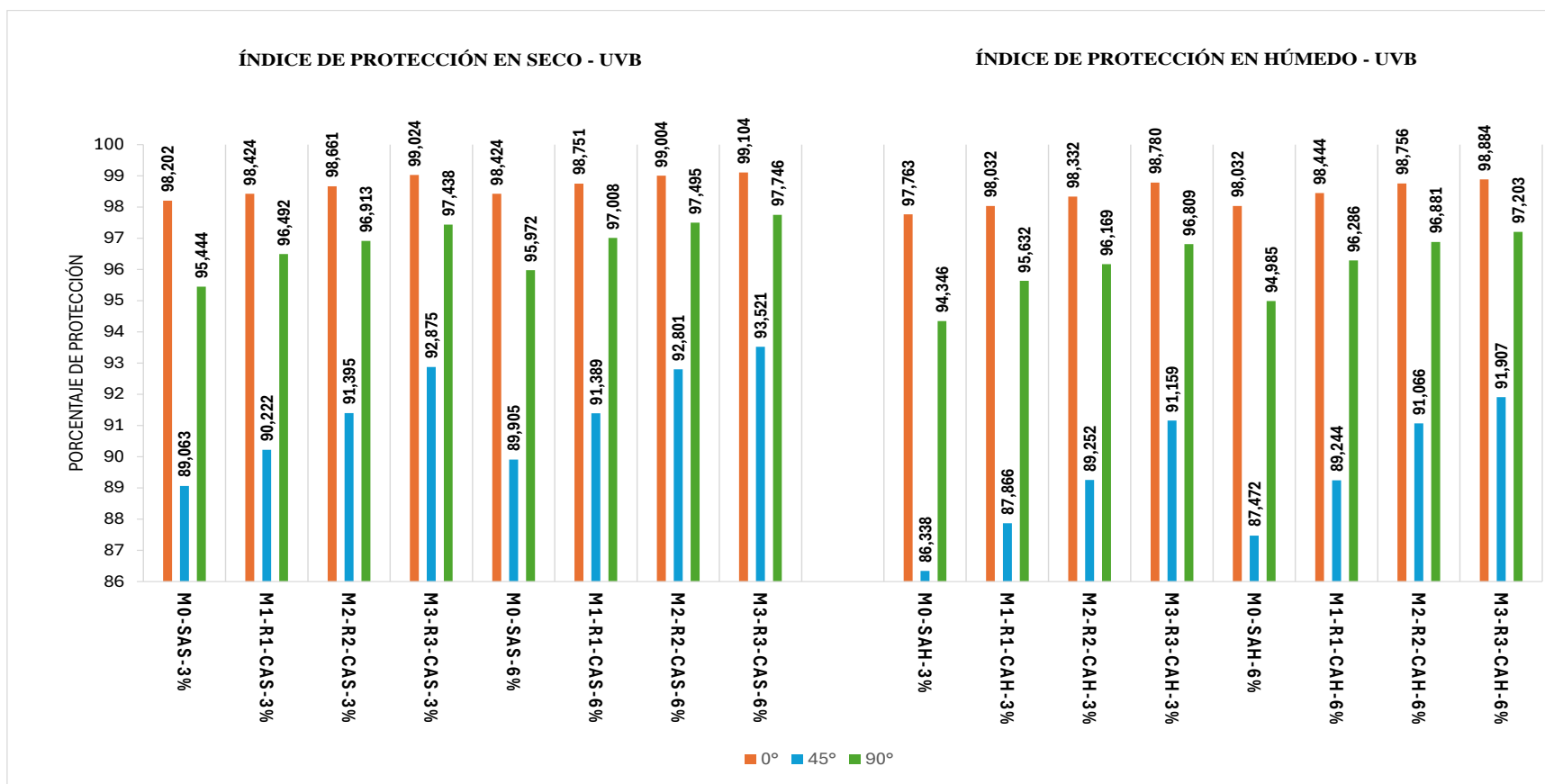
*Comparación del porcentaje de bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-A después del lavado*



Nota: Los datos después del lavado tanto para el ensayo en seco como en húmedo presentaron una reducción del 1,08% de manera general en todas las posiciones y recetas. Fuente: Autor.

**Figura 23**

*Comparación del porcentaje del bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-B antes del lavado*

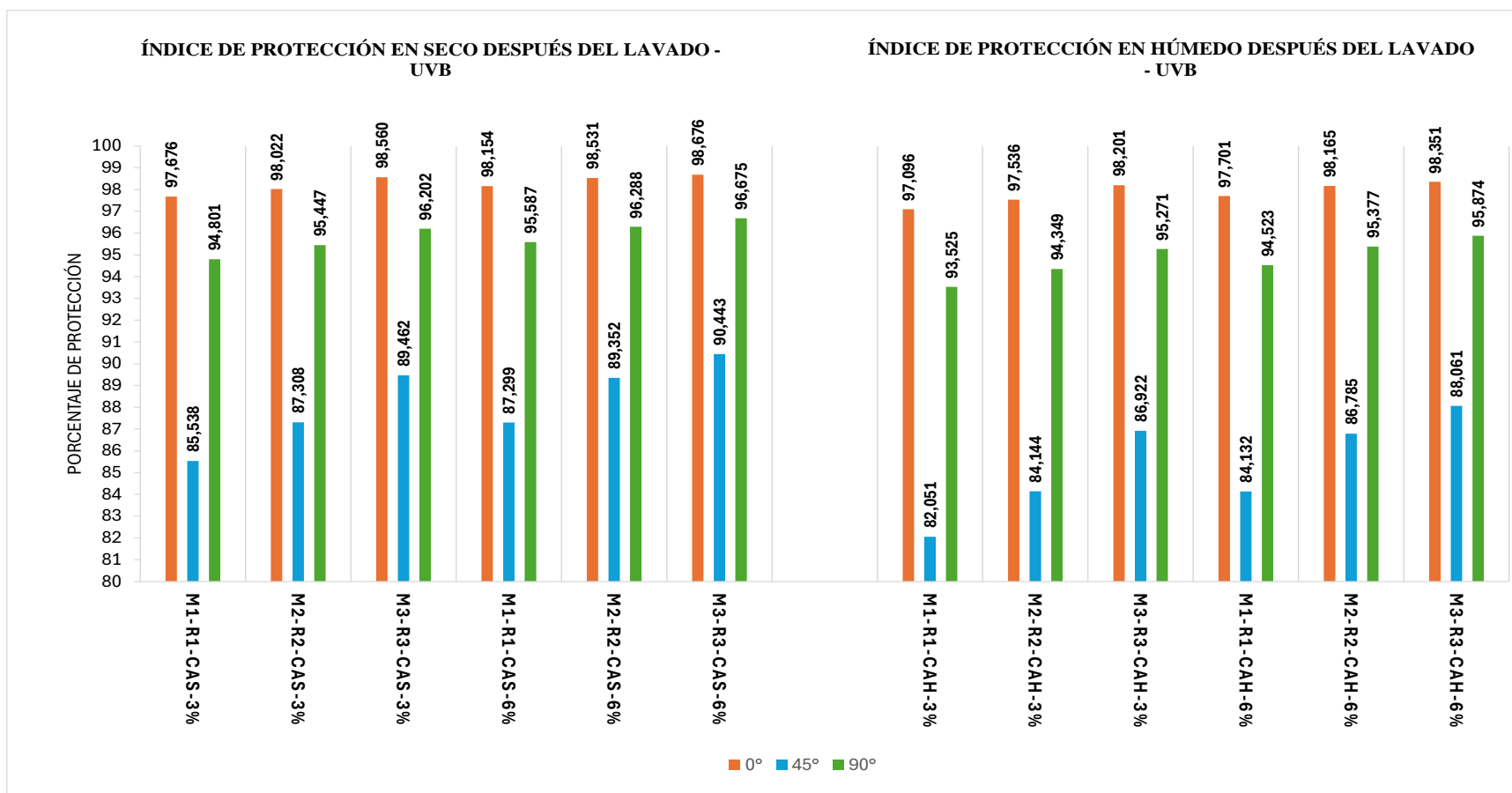


Nota: En los ensayos en húmedo de la M3-R3-CAS-6, la protección disminuyó un 0,22%, 1,61% y 0,54% respectivo a las inclinaciones.

Fuente: Autor.

**Figura 24**

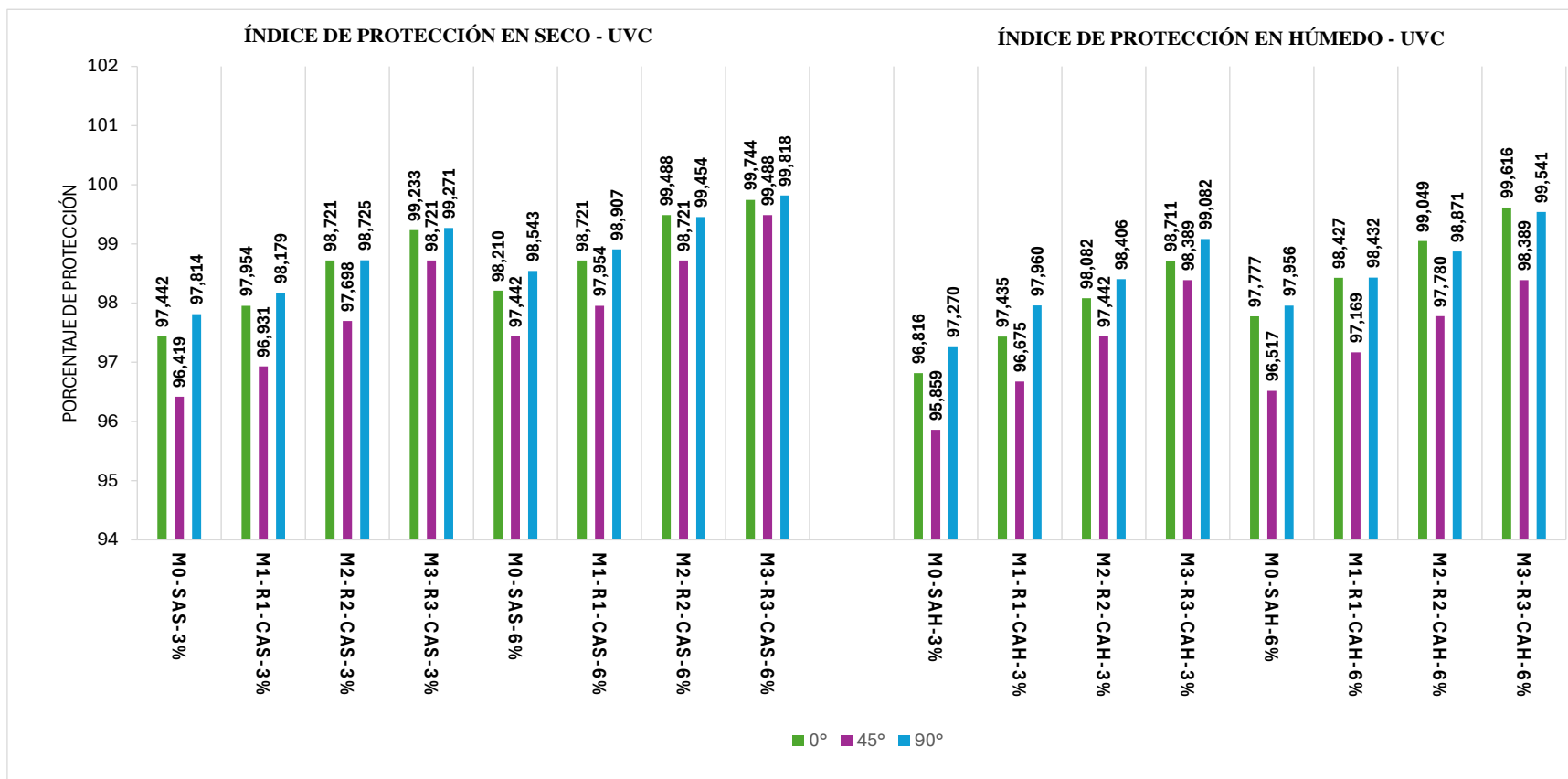
*Comparación del porcentaje del bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-B después del lavado*



Nota: Los datos después del lavado mantienen la tendencia de reducir su efectividad, tanto en las pruebas secas y húmedas; presentando un promedio general de reducción del 1,90% en todas los ángulos y formulaciones. Fuente: Autor.

**Figura 25**

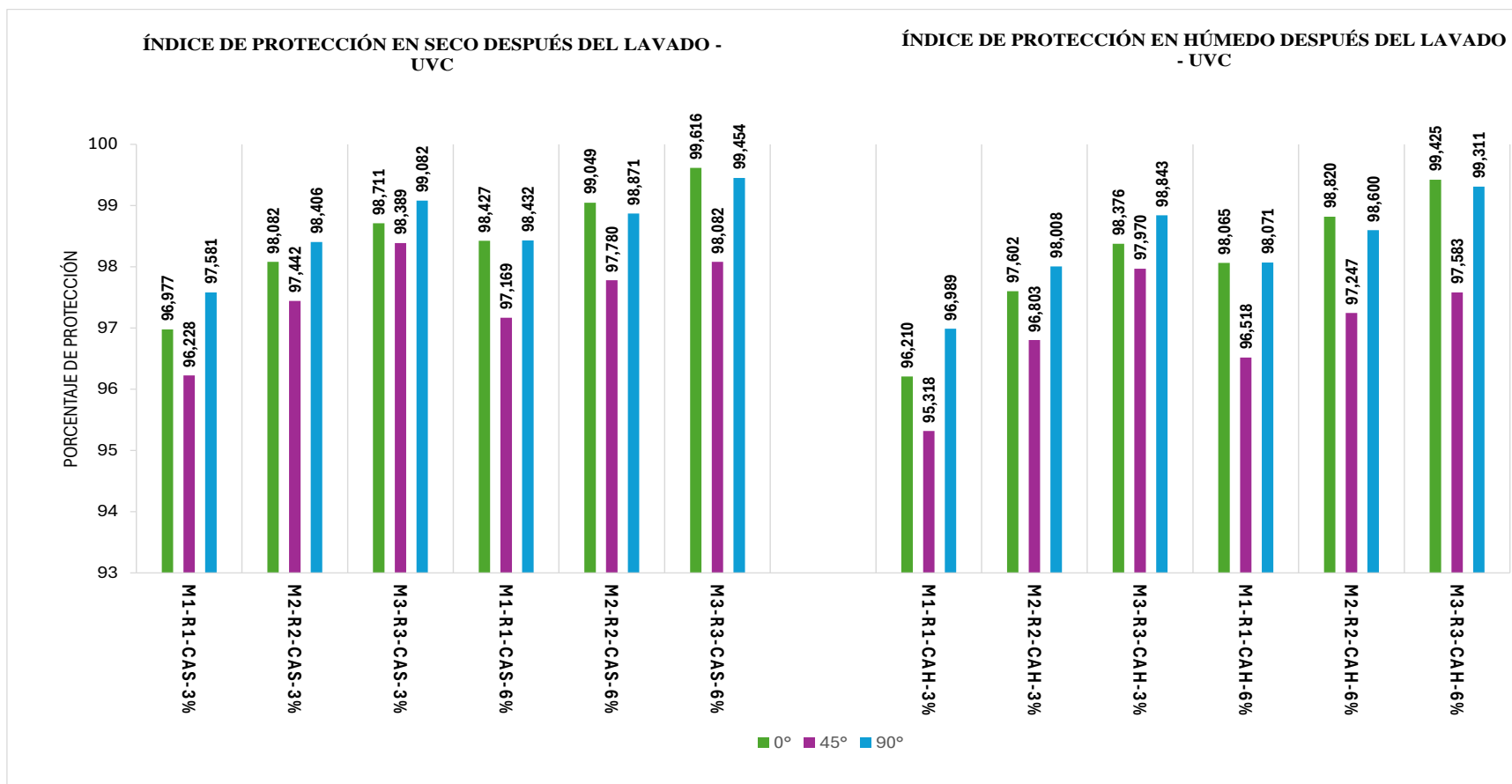
*Comparación del porcentaje del bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-C antes del lavado*



Nota: En la radiación UVC, la mejor formulación M3-R3-CAS-6 disminuye un 0,13%; 1,10%; 0,28% en estado húmedo en 0°; 45° y 90° respectivamente. Fuente: Autor.

**Figura 26**

*Comparación del porcentaje del bloqueo ultravioleta frente a la radiación UV-C después del lavado*



Nota: Todos los valores de protección UV-C después del lavado se reducen un 0,55% de forma global. Fuente: Autor.

En la **Figura 21**, **Figura 23** y **Figura 25**, se puede observar que las  $M_0$  (muestras 0 sin tratar) ya cuentan con gran protección UV debido a la estructura del tejido, como ya se había mencionado. De igual manera, se pudo determinar el FPU del tejido antes y después de aplicar el acabado, obteniendo un valor de 50, ya que la muestra con mejores resultados: M3-R3-CAS-6, permite el paso de menos del 2,5% de la radiación UV en todas las inclinaciones, catalogando al tejido como de excelente protección.

Con los valores reflejados en todos los gráficos, también se puede verificar que tanto en las pruebas en seco como en húmedo existe mejor bloqueo UV en las probetas teñidas al 6%, es decir, que entre más oscuro el color, mejor defensa tendrá contra la radiación. Tal y como lo asegura Skin Cancer Foundation (2019b) “los colores oscuros evitan que los rayos UV alcancen la piel, ya que los absorben y reflejan sin que puedan penetrar, por ello se dice que los colores claros ofrecen menor protección que los oscuros” (p.2).

En las figuras se puede verificar que la tela en estado húmedo tiene menor bloqueo UV. Antonio Solé Cabanes (2020) explica que las fibras del tejido se hinchan, creando espacios más grandes entre ellas. Esto permite que los rayos UV penetren más fácilmente en la tela y lleguen a la piel.



## CAPÍTULO 4

### 4. Conclusiones y Recomendaciones

#### 4.1. Conclusiones

- Las tonalidades de color obtenidas a través del teñido con colorante negro Everzol ED-R al 3% y 6%, fueron vitales en la parte experimental de este estudio; puesto que, tras aplicar un acabado textil con (), los cambios de apariencia visual son más notorios en colores oscuros, volviéndolos más opacos y sin brillo; afectando significativamente la percepción, esto queda evidenciado mediante la medición espectrofotométrica con base en las coordenadas CIELab, en donde se observan valores Delta E CMC mayores a 1, al comparar las probetas pre y post tratamientos, especialmente en aquellas cuya concentración de acabado es más elevada.
- La muestra M3-R3-CAS-6, con la dosificación más alta de 6 g/L de ZnO y 5 g/L de TiO<sub>2</sub>, mostró los mejores resultados de bloqueo UV en todos los ángulos de inclinación, sin embargo, se presenta mayor interés en el ángulo de 45°, donde la radiación solar es más intensa. En esta posición, se alcanzó una protección del 97,777% para UV-A, un bloqueo del 93,521% para UV-B y del 99,488% para UV-C, representando un aumento del 0,59%, 3,62% y 2,05%, respectivamente, en comparación con la muestra sin tratamiento FPU, demostrando así la eficacia del acabado propuesto.
- De los resultados en húmedo, la probeta M3-R3-CAS-6, en relación con los valores obtenidos en estado seco, disminuye su bloqueo UV un 0,54% en UV-A, un 1,61% en UV-B y un 1,01% en UV-C, ya que, la humedad presente en el tejido tiende a ejercer un efecto lento haciendo que los rayos UV penetren más fácilmente en el tejido.

- La efectividad del acabado después del procedimiento de lavado se ve disminuida, es así como, en comparación con la muestra con mejores resultados M3-R3-CAS-6, su protección se reduce en un 1,05% en UV-A; un 3,08% en UV-B y 1,41% en UV-C, pero no abandona por completo el tejido por lo que se concluye que es un acabado semipermanente.
- Al ordenar y analizar los resultados con las respectivas herramientas estadísticas, se pudo observar una tendencia marcada de los datos a tener menor porcentaje de protección en el ángulo de inclinación de 45°, esto se debe a que en esta posición el tejido queda más expuesto y los rayos UV logran penetrar con mayor facilidad, por el contrario, en la posición de 90°, existe mayor bloqueo de radiación, seguida de la de 0°. Asimismo, mediante la representación gráfica de las lecturas, se pudo distinguir una relación directa entre la concentración de producto y la efectividad en la protección UV.

#### ***4.2. Recomendaciones***

- Uno de los factores primarios para esta investigación fue la tintura, ya que se evaluó el comportamiento del acabado en tejido de color negro. Es así como, se recomienda que, para aplicar este acabado en un color específico se deben conocer las características del colorante, así como las condiciones y parámetros en los cuales se llevó a cabo el proceso de teñido.
- En telas de colores oscuros, especialmente el negro, este acabado provoca manchas y cambios en el tono del tejido. Así que, se recomienda realizar pruebas iniciales hasta llegar a los valores adecuados que no afecten notablemente la apariencia y el sentido del tacto; o, realizar ensayos preferentemente en telas de colores claros.
- Se recomienda establecer los parámetros como primer paso antes de proceder con las lecturas, especialmente la hora, puesto que la radiación UV cambia de acuerdo con esta y

se pudo notar que desde las 12 pm a 2 pm es cuando menos variación se tiene y los resultados son más estables, además que, es cuando el sol se encuentra en su punto más alto y la radiación será mayor. Asimismo, el parámetro de la radiación sin tela debe medirse con todas las sondas para tener un criterio (pauta) que permita analizar los resultados.

- Para la evaluación de la radiación en húmedo, es fundamental tener exactamente las mismas condiciones climáticas (sol) de las pruebas en seco puesto que al hacerlo en días de menor radiación, arrojarán valores erróneos; es imprescindible proceder en el mismo horario, para ello, se debe verificar la temperatura y el promedio de irradiancia solo con las sondas, sin colocar la tela. De igual manera, el sustrato no debe estar mojado en su totalidad, ya que el efecto de saturarlo hará que también varíen los resultados, es por tal motivo que en la norma AATCC 183 se establece un pick up de  $140\pm 5$ .
- Para optimizar la protección contra los rayos UV, se sugiere utilizar el porcentaje máximo de colorante negro recomendado por el fabricante puesto que los ensayos han demostrado que teñir la tela con un 6% de colorante negro Everzol EDR, en lugar de un 3%, aumenta significativamente el bloqueo de radiación UV. Esto se debe a que los colores más oscuros absorben la radiación, transformándola en calor y evitando su penetración en la piel.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Riva, R. Prieto, & N. Merino. (2008). *Estabilidad de los efectos de mejora del UPF de tejidos de algodón producidos por la aplicación de productos de acabado absorbentes de radiación UV*. 11. [http://www.ifatcc.org/wp-content/uploads/2017/12/E44.-A.RIVA\\_.pdf](http://www.ifatcc.org/wp-content/uploads/2017/12/E44.-A.RIVA_.pdf)
- Agro Krebs. (2022). *Agro Krebs*.  
<https://www.facebook.com/agrokrebs/photos/a.565875290563594/1415042195646895/?type=3>
- Alvarado Narváez, O. E. (2009). Diseño De Una Máquina Desmotadora De Algodón Para La Variedad. *Test*, 1–112.
- American Association of Textile Chemists and Colorists [AATCC]. (2024). *TM183-TM 183 Transmittance or Blocking of UV Radiation through Fabric*.  
<https://members.aatcc.org/store/tm183/579/>
- Antonio Solé Cabanes. (2020). *Aplicación De Aprestos De Protección Uv En Textiles*.
- Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas Textiles [AATCC]. (2015). *Transmitancia o bloqueo de la radiación UV a través de la tela: AATCC 183-2014*.
- Barrero, M. V. (2006). *Penetración de la radiación UV en la piel humana*.  
[https://personales.ulpgc.es/mvicente.dcmq/Capitulo 19.- Neoplasias de la boca.pdf](https://personales.ulpgc.es/mvicente.dcmq/Capitulo%2019.-%20Neoplasias%20de%20la%20boca.pdf)
- Bustamante, R. (2017). *Fundamentos del Diseño en el Tejido Plano | Aptt*.  
<https://apttperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>  
<https://apttperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>  
<https://apttperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>  
<https://apttperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>
- Cabrera Morales, C. M., & López-Nevot, M. A. (2006). Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología*, 29(7), 25–32.  
<https://doi.org/10.4321/s0378-48352006000700003>
- Cacuango Tuquerres, D. R. (2020). *Elaboración de un acabado que absorbe CO<sub>2</sub> del ambiente utilizando óxido de zinc en tela 100% algodón* (pp. 1–72).

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9943>

Campillo, S. (2017). *¿La ropa negra da más calor?* <https://hipertextual.com/2017/06/ropa-negra-calor>

Cañarte Soledispa, K. (2010). Radiación Ultravioleta Y su efecto en la salud. *Ciencia Unemi*, 3(4), 1–9. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol3iss4.2010pp26-33p>

Cegarra, J., Gacén, J., & Cayuela, D. (2007). *Résumé: Blanchiment Continue de Laines Carbonisées*. 1–7. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/6448/Article03.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chavarrías, M. (2023). *Qué tejido es el mejor para protegernos del sol*. [https://www.eldiario.es/consumoclaro/tejido-ropa-proteccion-solar\\_1\\_10374378.html](https://www.eldiario.es/consumoclaro/tejido-ropa-proteccion-solar_1_10374378.html)

Código Europeo Contra el Cáncer [CECC]. (2017). Preguntas y respuestas. In *¿Cuándo tiene más fuerza el sol?* (pp. 1–3). <https://doi.org/10.1016/j.vacun.2014.09.004>

Comisión de la Unión Europea. (2016). Reglamento (CE) No 1223/2009 del parlamento europeo y del consejo sobre los productos cosméticos. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 2012, 1–3. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0621&from=FR>

Comisión Europea [CE]. (2024). *Glosario: Radiación ultravioleta - Comisión Europea*. [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/artificial-light/es/glosario/pqrs/radiacion-ultravioleta.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/artificial-light/es/glosario/pqrs/radiacion-ultravioleta.htm)

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)

Córdova, F., & Godoy, O. (2022). Aplicación de un acabado retardante a la llama a base de caolín en lona algodón 100% por el método de impregnación. In *Universidad Técnica del Norte* (Vol. 2, Issue 1). <http://www.ifpri.org/themes/gssp/gssp.htm%0Ahttp://files/171/Cardon-2008-Coaching-d'équipe.pdf%0Ahttp://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203%0Ahttp://mpoc.org.my/malaysian-palm->

oil-industry/%0Ahttps://doi.org/10.1080/23322039.2017

ECIC. (2020). *Tintes Everzol Negro ED-G y Negro ED-R - Colorantes Everlight - Colorantes Everlight*. <https://everlight-ccbu.com/en/products/textile/reactive-dyes/bk-edgedr/>

Elizabeth Romero Feijóo, M. (2012). *Determinación in vitro del factor de protección ultravioleta en telas producidas en el Ecuador*.

Eurolab. (2020). *Textiles ISO 6330 - Procedimientos de lavado y secado en el hogar para pruebas textiles*. <https://www.eurolab.net/es/testler/tekstil-testleri/iso-6330-tekstiller-tekstil-testleri-icin-evde-yikama-ve-kurutma-prosedurleri/>

Everlight Chemical Industrial Corporation. (2023). *Colorantes Everzol.pdf*.

Gester Instruments. (2023). *Foulard de escurrido | Máquina de escurrido | GESTER*. <http://testsolution4u.com/3-5-8-laboratory-padder/184253/>

Gilabert, E. J. (2020). *Química Textil. Tomo II: materias colorantes: Vol. II*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/153584>

Godoy-Collaguazo, O., Umaquina-Criollo, A., & Naranjo-Toro, M. (2023). Thermo-transferable Vinyl as High Embossment Textile Finish for the Visually Impaired Pattern Recognition by Haptics Perception - Case Study. *Communications in Computer and Information Science, 1757 CCIS*, 152–166. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-24978-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24978-5_14)

Godoy-Collaguazo, O. V., Umaquina-Criollo, A., Naranjo-Toro, M., Flores, R. M., & Chulde, K. (2023). Abrasion Thermo-transference Fabric Vinyl Resistance and Its Application in Haptics Perception Stimuli. *Communications in Computer and Information Science, 1757 CCIS*, 106–120. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-24978-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24978-5_10)

González-Púmariega, M., Tamayo, M. V., & Sánchez-Lamar, Á. (2009). LA Radiación Ultravioleta. Su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. *Theoria*, 18(2), 69–80. <https://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/194/v/v18-2/06.pdf>

Google Maps. (2024). *Ubicación Planta Académica Textil* (p. 1). <https://www.google.es/maps/place/0°22'41.3%22N+78°07'21.4%22W/@0.3781443,-78.1251914,17z/data=!3m1!4b1!4m4!3m3!8m2!3d0.3781389!4d-78.1226111?entry=ttu>

- Guevara Estacio, M. J. (2023). *Análisis Comparativo en la Transmitancia y/o bloqueo de los rayos solares UVA, UVB, UVC entre los ligamentos Jersey, Rib y Fleece blanco de polialgodón*. 6, 1–103. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15177>
- Hernández Cruz, S. J. (2020). Coeficiente de Variación. *UAEH*, 15. [https://www.uaeh.edu.mx/division\\_academica/educacion-media/repositorio/2010/6- semestre/estadistica/coeficiente-de-variacion.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/division_academica/educacion-media/repositorio/2010/6- semestre/estadistica/coeficiente-de-variacion.pdf)
- Hernández Mendoza, A., & Hernández, G. (2016). *Universidad Nacional De Ingeniería Facultad De Ingeniería Química Y Textil Tesis Ingeniero Químico Elaborado Por*. 236.
- High Chem Specialties [GTM]. (2017a). *Dioxido de titanio* (Issue Categoría 2). chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.uv.mx/pozarica/cq/files/2022/04/5.-Dioxido-de-titanio.pdf>
- High Chem Specialties [GTM]. (2017b). *Ficha de datos de seguridad del Óxido de Zinc* (Issue Categoría 1). [www.gtm.net](http://www.gtm.net)
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2024). *Pronóstico del Índice Máximo de Radiación Ultravioleta (UV) previsto el miércoles, 12 de junio de 2024*. [https://x.com/inamhi\\_ec/status/1800636270562918631?t=5U13U8heJnLV1V0RdmnR3A&s=19](https://x.com/inamhi_ec/status/1800636270562918631?t=5U13U8heJnLV1V0RdmnR3A&s=19)
- Instituto Particular Euclides. (2020). *Institución Particular Euclides [IEP]*. <https://iepeuclides.strangerlab.com/wp-content/uploads/2020/10/El-calor-4to-2.pdf>
- James Heal. (2021). *Wascator*.
- Lira Oliver, A., & Guevara Mon, A. B. (2018). Irradiancia y radiancia. *Leias*, 1–10. [http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/180515\\_Practica15\\_LES.pdf](http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/180515_Practica15_LES.pdf)
- Lockuán, F. (2012). *La Industria Textil y su Control de Calidad IV. TEJEDURÍA: Vol. IV*.
- Lockuán, F. E. (2012). *La Industria Textil y su Control de Calidad V. Tintorería a: Vol. V*. <https://books.google.com.ec/books?id=6yjBvmYZrTsC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Martínez Ruiz, H. (2012). Metodología de la Investigación. In *Metodología de la investigación*.

<https://elibro.net/es/ereader/utnorte/39957>

Ministerio del Ambiente, A. y T. E. [MAATE]. (2004). *Ley de Gestipon Ambiental*.  
[www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)

Molina Alejandra. (2015). *Acabado Protector UV a base de dióxido de titanio mediante la encapsulación con Nuva TTC en géneros de algodón*. 116.

Molina Arias, M. (2017). *What is the real significance of p-value?* 1–5.  
[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1139-76322017000500014#:~:text=Una p %3C 0%2C05 significa,el terreno de la probabilidad.](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322017000500014#:~:text=Una p %3C 0%2C05 significa,el terreno de la probabilidad.)

Monje Álvarez, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. In *Universidad Surcolombiana*.  
<http://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Guía+didáctica+Metodología+de+la+investigación.pdf>

Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). Metodologia de la Investigacion Cuantitativa y Cualitativa y Redaccion de la Tesis. In *Ediciones de la U* (Vol. 1999, Issue December). <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/70230>

Organización Internacional de Normalizacion [ISO]. (2021). Procedimientos de lavado y de secado domésticos para los textiles (ISO 6330:2012 ). In *Une-E Iso 6330*.

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2022). *Radiación ultravioleta*.  
[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation#:~:text=Los efectos agudos de la,%2C el del herpes labial\).](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation#:~:text=Los efectos agudos de la,%2C el del herpes labial).)

Orjuela Garzón, W. A., Reyes Parga, M. A., & Sandoval Aldana, A. P. (2020). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva del algodón en el Departamento del Tolima*. 1–157.  
[https://elibro.net/es/ereader/utnorte/228426?fs\\_q=ALGODÓN&fs\\_edition\\_year=2019;2021;2020&fs\\_edition\\_year\\_lb=2019;2021;2020&prev=fs](https://elibro.net/es/ereader/utnorte/228426?fs_q=ALGODÓN&fs_edition_year=2019;2021;2020&fs_edition_year_lb=2019;2021;2020&prev=fs)

Parada Guachalla, L. F. (2019). Prueba De Normalidad De Shapiro-Wilk. *RPubs by RStudio*, 1.  
<https://bit.ly/3Bf9kcL>



- Piñán Ruiz, M. A. (2023). *Universidad Técnica del Norte*. 81. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13633>
- Pinzón Rodríguez, K. Y., & Rincón Castillo, J. S. (2018). *Evaluación De Productos Químicos Que Proporcionen Propiedades Hidrofóbicas a Textiles De Algodón Para Saint Germain Ltda, a Nivel Laboratorio* (Vol. 20). <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6732>
- Rodríguez Sánchez, Y. (2020). *Metodología de la investigación - Google Libros*. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=x9s6EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=investigación+inductiva&ots=UqOxAqf9yY&sig=6FGvC4MnEwiY667WA1wr2n7aJ4A#v=onepage&q=investigación+inductiva&f=false>
- Rojas, R., Viridiana, J., Amaya, G., & Jiménez, S. (2024). *Nanopartículas de óxido de zinc y óxido de plata para uso de protección solar de piel Zinc oxide and silver oxide nanoparticles for skin sunscreen use*. 7(2), 1–14. <https://doi.org/10.37636/recit.v7n2e283>
- Romero Feijóo, E., Zurita Salazar, G., Cecilia Briones Cedeño, M., Úraga, E., Cornejo, M., & Elizabeth Romero Feijóo, M. (2011). Determination of ultraviolet protection factor of fabrics produced in Ecuador. *Rev. Med. FCM-UCSG*, 17(3), 1–2.
- Rosero Echeverria, A. (2023). *Análisis Comparativo de colorantes directo y reactivo en el bloqueo de rayos UVA, UVB, UVC, en tejido Jersey 100% Algodón*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15176>
- Sánchez-Monge, M. (2020). *Consulta el índice de radiación ultravioleta al salir de casa*. Cuidate Plus. <https://cuidateplus.marca.com/belleza-y-piel/cuidados-cuerpo/2020/07/17/consulta-indice-radiacion-ultravioleta-salir-casa-173938.html>
- Secretaría de Agricultura, G. y P. de la N. A. (2021). Revista para el Sector Algodonero, Abril 2021. *Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de La Nación Argentina*, 1–25. [https://elibro.net/es/ereader/utnorte/189286?fs\\_q=algodón&prev=fs&fs\\_edition\\_year=2019;2021;2020&fs\\_edition\\_year\\_lb=2019;2021;2020](https://elibro.net/es/ereader/utnorte/189286?fs_q=algodón&prev=fs&fs_edition_year=2019;2021;2020&fs_edition_year_lb=2019;2021;2020)
- Skin Cancer Foundation. (2019a). *La Ropa: Nuestra Primera Línea de Defensa - La Fundación de Cáncer de Piel*. <https://cancerdepiel.org/prevencion/proteccion-solar/la-ropa>
- Skin Cancer Foundation. (2019b). *Sun-Protective Clothing* (p. 10).

<https://www.skincancer.org/skin-cancer-prevention/sun-protection/sun-protective-clothing/>

Solé Cabanes, A. (2013). *Protección UV en textiles*. [www.asolengin.net](http://www.asolengin.net)

Suárez, H., Hoyos, D., Broglia, V., & Cadena, C. (2007). *Protección Anti UV proporcionada por tejidos*. 11(1), 1–8. <https://core.ac.uk/download/pdf/322674053.pdf>

Titanium Dioxide Manufactures Association [TDMA]. (2018). Sobre el dióxido de titanio. *Titanium Dioxide Stewardship Council*, 7. <http://www.pureti.es/wp-content/uploads/2018/06/Qué-es-el-dióxido-de-titanio.pdf>

Universidad Técnica del Norte. (2024). *Líneas de Investigación*. [https://textiles.utn.edu.ec/?page\\_id=2839](https://textiles.utn.edu.ec/?page_id=2839)

Valenzuela, C. U., Meneses, E. R., Torres, D. M., & Matarazzo, E. (2016). *Revista de la Sociedad Química del Perú Funcionalización de textiles*. *Atcc 10145*, 1–13. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2016000200012&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2016000200012&script=sci_arttext&tlng=en)

## ANEXOS

### Anexo A

#### *Certificado de Laboratorio*



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



Ibarra, 26 de julio del 2024

#### CERTIFICADO DE LABORATORIO

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

#### CERTIFICO

Que la señorita Karla Belén Angamarca Angamarca, portadora de la cédula de ciudadanía N° 100465990-8, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **“Acabado Textil con Factor de Protección Ultravioleta por impregnación y su desempeño en el bloqueo UV de tela plana Co 100% color negro”**, los equipos utilizados en el laboratorio fueron:

- LAVADORA DE PRENDAS - Proceso de tintura
- FOULARD DE LABORATORIO - Proceso de acabado
- TÚNEL DE SECADO
- ESPECTROFOTÓMETRO
- WASCATOR – Norma ISO 6330:2012 Procedimientos de lavado y secado domésticos para los ensayos textiles.
- FOTORADIÓMETRO – Norma AATCC 183-2014 Transmitancia o bloqueo de la radiación UV a través de la tela

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

Atentamente:



**MSc. VALERIA CHUGÁ.**

**RESPONSABLE DE CALIDAD LABORATORIO DE PROCESOS**  
**TEXTILES – CTEX**

## Anexo B

### Información de seguridad del Óxido de Zinc

OXIDO DE ZINC

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

mayo de 2017  
VERSION: 4

Olor:	inodoro.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	6,95 - 7,37 (suspensiones de ZnO al 2%)
Punto de fusión / de congelación:	1975°C (3587°F)
Punto / intervalo de ebullición:	N/A
Tasa de evaporación:	N/A
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.
Punto de inflamación:	N/A
Límites de inflamabilidad:	N/A
Presión de vapor (20°C):	N/A
Densidad de vapor (aire=1):	N/A
Densidad (20°C):	5,607 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad (20°C):	Soluble en ácidos, soluciones de amonio, carbonato de amonio y álcalis. Ligeramente soluble en alcohol y agua (0,0016 g/L a 29°C).
Coef. de reparto (logK <sub>ow</sub> ):	N/A
Temperatura de autoignición:	N/A
Temperatura de descomposición:	N/D
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	N/A
Constante de Henry (20°C):	N/A
Log Koc:	N/A
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.
Propiedades comburentes:	De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: la sustancia, por su estructura química, no puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.

#### 9.2 Información adicional

Otras propiedades: Ninguno.

## SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

### 10.1 Reactividad

No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. No es corrosivo para los metales. No reacciona con el agua.

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable y no requiere estabilizantes.

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

No se espera polimerización peligrosa.

## Anexo C

### Información de seguridad del dióxido de titanio

DIOXIDO DE TITANIO

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

enero de 2017  
VERSIÓN: 4

#### SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

##### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico:	Polvo cristalino.
Color:	Blanco.
Olor:	Inodoro.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	6 - 7
Punto de fusión / de congelación:	1843°C (3349°F)
Punto / intervalo de ebullición:	3000°C (5432°F)
Tasa de evaporación:	N/D
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.
Punto de inflamación:	N/D
Límites de inflamabilidad:	N/D
Presión de vapor (20°C):	N/D
Densidad de vapor (aire=1):	N/D
Densidad (20°C):	3,4 - 4,3 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad (20°C):	Insoluble en agua, álcalis, ácidos diluidos y disolventes orgánicos.
Coef. de reparto (logK <sub>ow</sub> ):	N/D
Temperatura de autoignición:	N/D
Temperatura de descomposición:	N/D
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	N/D
Constante de Henry (20°C):	N/D
Log Koc:	N/D
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.
Propiedades comburentes:	De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: la sustancia, por su estructura química, no puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.

##### 9.2 Información adicional

Otras propiedades:	Tamaño de partícula primario: ,0.15 - 0,40 µm
--------------------	---

#### SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

##### 10.1 Reactividad

No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. No es corrosivo para los metales. No reacciona con el agua.

### Anexo D

#### Ficha de datos del tejido utilizado en la investigación

Unidades x ml		Largo cm		Ancho cm		Peso g/u
Hilos	Ne	HILO	g/ml	Pasadas	Observaciones	
FONDO	11/1.		221	16	LIGAMENTO 2 X 2	
RIZO					COMPOSICIÓN CO 100%	
TRAMA	11/1.		180			
TRAMA 2						
TRAMA 3						

Telar	PICANOL				
Producción m / mes	5472				
Producción unid / mes					

	Crudo	Blanco	Claro	Medio	Oscuro	Especial
Precio de lista						
% descuento						
Precio neto						
Costo						
Márgen						
Porcentaje						
Fecha	24/06/2024					
PRODUCCION				FIRMA		

### Anexo E

#### Proceso de tintura en la máquina lavadora de prendas



**Anexo F**  
*Desarrollo de la receta de acabado*



**Anexo G**  
*Proceso de impregnación en el foulard de laboratorio*





## **Anexo H**

*Procedimiento de secado y curado del tejido*



## **Anexo I**

*Resultados de las pruebas preliminares*





**Anexo J**

*Medición de la radiación UV a través del tejido*

