



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA: TEXTILES

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRUCULAR,
MODALIDAD PRESENCIAL**

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COLORANTE DIRECTO Y REACTIVO EN EL
BLOQUEO DE RAYOS UVA, UVB, UVC, EN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Textil

Línea de investigación: Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo
socioeconómico

Autor: Rosero Echeverria Anderson Fernando

Director: MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

Ibarra - 2023

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE****BIBLIOTECA UNIVERSITARIA****AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN****A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE****1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040200871-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Rosero Echeverria Anderson Fernando		
DIRECCIÓN:	Romerillo Alto - San Francisco - Ibarra		
EMAIL:	afroseroe@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL:	0989299786

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COLORANTE DIRECTO Y REACTIVO EN EL BLOQUEO DE RAYOS UVA, UVB, UVC, EN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN”.
AUTOR:	Rosero Echeverría Anderson Fernando
FECHA:	26 de octubre del 2023
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> Pregrado <input type="checkbox"/> Posgrado
TÍTULO POR EL QUE SE OPTA:	Ingeniero Textil
DIRECTOR:	MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se 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 se asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por terceros.

Ibarra, a los 26 días del mes de octubre del 2023

EL AUTOR:

Firma: 

Nombre: Rosero Echeverría Anderson Fernando

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 26 de octubre del 2023

MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

CERTIFICA:

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

(f)

MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

C.I: 040090045-2

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “**Análisis comparativo de colorante directo y reactivo en el bloqueo de rayos UVA, UVB, UVC, en tejido jersey 100% algodón**” elaborado por Rosero Echeverria Anderson Fernando, previo a la obtención del título de Ingeniero Textil, aprueba el presente informe de la investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f)

MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

C.C: 040090045-2

(f)

MSc. Darwin José Esparza Encalada

C.C: 1001584570

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, a quienes debo mi formación académica y valores, les agradezco por su inquebrantable apoyo, sacrificios y confianza en mí. Sus palabras de aliento y amor incondicional han sido mi mayor motivación para nunca rendirme y alcanzar mis metas.

A mis hermanas, quienes siempre han estado a mi lado brindándome su cariño y comprensión, les agradezco por ser mi soporte emocional y por compartir conmigo momentos de alegría y satisfacción en cada etapa de mi trayectoria académica.

A la MSc. Elsa Mora, directora de este trabajo de titulación, le agradezco por su dedicación, orientación y conocimiento impartido. Su valioso tiempo y compromiso han sido esenciales para llevar a cabo este proyecto de investigación y lograr su culminación con éxito.

Agradezco también al MSc. Darwin Esparza, asesor de este trabajo de grado. Sus aportes, observaciones y valiosos consejos han enriquecido significativamente el desarrollo de este estudio, y estoy enormemente agradecido por su generosidad y disposición.

Al personal de apoyo de laboratorios, docentes, personal administrativo y todos quienes conforman la Universidad Técnica del Norte, quiero expresar mi reconocimiento por su labor comprometida y su valioso apoyo en el ámbito académico y administrativo.

Rosero Echeverria Anderson Fernando

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación a quienes han sido pilares fundamentales en mi camino durante la realización de este trabajo.

A Dios, por su guía y fortaleza, le agradezco por iluminar mi camino y brindarme la fuerza necesaria para superar cada obstáculo.

A mis Padres, por su incondicional apoyo, amor y sacrificio, les agradezco por ser mi inspiración y motivación para alcanzar mis metas académicas.

A mis Hermanas, por su cariño y compañía, les agradezco por ser mi sostén y compartir conmigo alegrías y retos a lo largo de este proceso.

Sin su aliento y presencia, este logro no habría sido posible. Esta dedicatoria es un pequeño gesto para expresar la inmensa gratitud que siento hacia cada uno de ustedes.

Rosero Echeverri Anderson Fernando

RESUMEN

El presente informe de investigación tiene como objetivo realizar un análisis comparativo del bloqueo que aportan los textiles tinturados con colorante directo y reactivo (jersey) 100% algodón frente a la radiación UVA, UVB, UVC. Para fundamentar esta investigación, se ha realizado una revisión en fuentes bibliográficas de origen científico existentes sobre el tema, por ejemplo, el índice de protección que presentan otras fibras, los productos y tratamientos aplicados sobre los textiles que contribuyen con esta propiedad. El desarrollo de las probetas parte con la tinción del tejido usando los dos tipos de colorante (everzol y everdirect) por el método de agotamiento, empleando concentraciones de 0.5%, 1.5% y 3% en tres colores diferentes, posterior a ello, se usa la norma ISO 105 A06 para la medición instrumental del color y la norma AATCC 83-2014, que detalla las dimensiones de las probetas e inclinaciones del sustrato con respecto a la sonda para distintas mediciones. Finalmente, luego del análisis y comparativa de resultados se evidenció que los tejidos tinturados con colorantes reactivos aportan un porcentaje de bloqueo aproximado de 94.47% frente a la radiación ultravioleta, a comparación de los tejidos tinturados con colorantes directos, que sitúan su porcentaje de bloqueo aproximado de 93.17%.

Palabras clave: Algodón, colorantes directos, colorantes reactivos, foto-radiómetro, jersey, protección ultravioleta, radiación, UVA, UVB.



Theme: Comparative analysis of direct and reactive dye in the blocking of UVA, UVB, UVC rays in 100% cotton jersey fabric.

Author: Rosero Echeverria Anderson Fernando

ABSTRACT

This research aimed to carry out a comparative analysis of the blockage provided by textiles dyed with direct and reactive dye (jersey) 100% cotton against UVA, UVB and UVC radiation. To support this study, a review of existing scientific bibliographic sources on the subject was carried out; for example, the protection index of other fibers, products and treatments applied on textiles that contribute to this property. The development of the test tubes starts with the dyeing of the fabric using the two types of dye (everzol and everdirect) by the exhaustion method, using concentrations of 0.5%, 1.5% and 3% in three different colors; after that, the ISO 105 A06 standard is used for the color instrumental measurement and the AATCC 83-2014 standard, which details the dimensions of the test tubes and inclinations of the substrate with respect to the probe for different measurements. Finally, after the analysis and comparison of results, it was evidenced that fabrics dyed with reactive dyes provide an approximate blocking percentage of 94.47% against ultraviolet radiation; compared to fabrics dyed with direct dyes, which have an approximate blocking percentage of 93.17%.

Keywords: cotton, direct dyes, reactive dyes, photo-radiometer, jersey, ultraviolet protection, radiation, UVA, UVB.

Reviewed by:
MSc. Luis Paspuezán Soto
CAPACITADOR-CAI
Octubre 3, 2023

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del Tema.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Importancia del Estudio.....	2
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos	4
1.6 Características del Sitio de Proyecto	4
CAPÍTULO II	5
2. ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1 Estudios Previos	5
2.1.1 Bloqueo de la radiación ultravioleta aportado por tejidos de fibras celulósicas ..	5
2.1.2 Bloqueo de la radiación ultravioleta en el tejido de punto (Jersey)	6
2.1.3 Tintura de algodón	7
2.1.3.1 Tintura de algodón con colorante directo.....	8
2.1.3.2 Tintura de algodón con colorante reactivo	9
2.1.4 Rayos UVA, UVB, UVC	11
2.1.5 Estudio de la influencia de los colorantes en el bloqueo de radiación UV	12
2.2 Marco Legal.....	12

2.2.1	Constitución de la República del Ecuador	12
2.2.2	Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte	13
2.2.3	Código orgánico ambiental	14
2.3	Marco Conceptual.....	14
2.3.1	Algodón.....	14
2.3.2	Propiedades de los Colorantes.....	16
2.3.3	Tejido de Punto	16
2.3.4	Radiación Ultravioleta.....	16
2.3.5	Foto Radiómetro.....	17
CAPÍTULO III		18
3.	METODOLOGÍA	18
3.1	Tipos de Investigación.....	18
3.1.1	Investigación Analítica.....	18
3.1.2	Investigación Experimental.....	18
3.1.3	Investigación comparativa.....	19
3.2	Normas de referencia.....	19
3.2.1	Norma AATCC 183-2014 (Trasmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta ponderada eritemalmente a través de los tejidos)	19
3.2.2	Norma ISO 105 A06: 1965 (Medición instrumental de la profundidad del color)	
	20	
3.3	Flujogramas	21
3.3.1	Flujograma general.....	21

3.3.2	Flujograma muestral.....	22
3.4	Equipos y materiales.....	23
3.4.1	Muestra de tejido jersey 100% algodón.....	23
3.4.2	Equipo IR DYER.....	24
3.4.3	Foto radiómetro.....	25
3.4.4	Espectrofotómetro.....	26
3.4.5	Colorante directo.....	26
3.4.6	Colorante reactivo.....	27
3.4.7	Productos auxiliares.....	28
3.5	Procedimiento.....	29
3.6	Pruebas de laboratorio.....	32
3.6.1	Profundidad del color.....	35
3.6.2	Trasmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta a través de los tejidos.....	37
CAPÍTULO IV.....		43
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	43
4.1	Resultados.....	43
4.1.1	Profundidad del color.....	43
4.1.2	Trasmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta a través de los tejidos.....	44
4.2	Discusión de resultados.....	48
4.2.1	Análisis de la varianza.....	48
4.2.2	Normalidad de los datos.....	52

4.2.3	Análisis de resultados.....	53
CAPÍTULO V		62
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
5.1	Conclusiones.....	62
5.2	Recomendaciones	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		65
ANEXOS.....		70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Auxiliares para tintura de colorantes directos	9
Tabla 2 Auxiliares de tintura para colorantes reactivos	11
Tabla 3 Rangos de radiación ultravioleta	11
Tabla 4 Composición química del algodón	15
Tabla 5 Especificaciones del tejido	23
Tabla 6 Especificaciones técnicas de autoclave IR DYER	25
Tabla 7 Unidades de medida del foto-radiómetro	25
Tabla 8 Características Marvacol ATP HSP	28
Tabla 9 Características generales del proceso	29
Tabla 10 Receta general para tintura de colorantes reactivos	29
Tabla 11 receta general para tintura de colorantes directos	31
Tabla 12 Especificación de codificaciones.....	33
Tabla 13 Codificación de muestras colorantes directos	33
Tabla 14 Codificación de muestras colorantes reactivos	34
Tabla 15 Coordenadas CIELab de colorantes directos y Delta E de las tinturas	36
Tabla 16 Coordenadas CIELab de colorantes reactivos y Delta E de las tinturas	37
Tabla 17: Resultado de mediciones color amarillo (0.5%)	38
Tabla 18 Resultado de mediciones color amarillo (1.5%)	39
Tabla 19 Resultado de mediciones color amarillo (3%)	39
Tabla 20 Resultado de mediciones color azul (0.5%)	40
Tabla 21 Resultado de mediciones color azul (1.5%)	40
Tabla 22 Resultado de mediciones color azul (3%)	41
Tabla 23 Resultado de mediciones color rojo (0.5%)	41
Tabla 24 Resultado de mediciones color rojo (1.5%)	42

Tabla 25 Resultado de mediciones color rojo (3%)	42
Tabla 26 Delta E de colorantes directos y reactivos	44
Tabla 27 Promedio de irradiancia y porcentaje de bloqueo de radiación UVA	45
Tabla 28 Promedio de irradiancia y porcentaje de bloqueo de radiación UVB	46
Tabla 29 Promedio de irradiancia y porcentaje de bloqueo de radiación UVC	47
Tabla 30 Varianza de las lecturas de radiación UVA, UVB y UVC a 0° de inclinación.....	49
Tabla 31 Varianza de las lecturas de radiación UVA, UVB y UVC a 45° de inclinación.....	50
Tabla 32 Varianza de las lecturas de radiación UVA, UVB y UVC a 90° de inclinación.....	51
Tabla 33 Normalidad de los datos (lecturas de radiación UVA y UVB a 0° de inclinación) .	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Planta Académica Textil	4
Figura 2 Estructura de tejido jersey.....	7
Figura 3 Curva de tintura de colorantes directos.....	9
Figura 4 Curva de tintura de colorantes reactivos.....	10
Figura 5 Fibra de algodón	15
Figura 6 Foto radiómetro	17
<i>Figura 7</i> Flujograma general	21
Figura 8 Flujograma muestral	22
Figura 9 Análisis pirognóstico	23
Figura 10 Fibra de algodón vista bajo el microscopio	24
Figura 11 Espectrofotómetro.....	26
Figura 12 Curva de tintura de colorantes reactivos.....	30
Figura 13 Curva de tintura de colorantes directos.....	32
Figura 14 Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVA (Medición 0°)	53
Figura 15 Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVA (Medición 45°) ..	54
Figura 16 Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVA (Medición 90°) ..	55
Figura 17 Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVB (Medición 0°).....	56
Figura 18 Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVB (Medición 45°)...	56
Figura 19 Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVB (Medición 90°)...	57
Figura 20 Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVC (Medición 0°).....	58
Figura 21 Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVC (Medición 45°)...	58
Figura 22 Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVC (Medición 90°)...	59
Figura 23 Porcentaje de bloqueo con relación a la concentración de colorante (Reactivo)...	60
Figura 24 Porcentaje de bloqueo con relación a la concentración de colorante (Directo).....	60

Figura 25 Promedios generales de bloqueo de radiación UV para colorantes directos y reactivos	61
--	----

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se proporciona una breve descripción sobre el desarrollo del tema, los efectos causados por la exposición prolongada a radiación ultravioleta, la importancia del estudio y los motivos con los que se justifica la investigación, los objetivos a desarrollarse y finalmente, las características en donde se desarrolla la investigación.

1.1 Descripción del Tema

El presente trabajo recopila información sobre características, composición química y demás información que permita comparar la tintura de un tejido 100% algodón con colorante directo (Everzol) y colorante reactivo (Everdirect) de la casa comercial Everlight Chemical para determinar cuál de ellos aporta mayor Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

El proceso parte desde la tintura de tejido jersey 100% algodón con los dos tipos de colorante mediante el método de agotamiento, empleando similar concentración, se opta por usar tres colores diferentes abarcando el espectro visible, un color frío (azul), un color cálido (rojo) y un color situado entre estos (amarillo), a continuación, en las pruebas de laboratorio se utilizó los equipos de la Carrera de Textiles, como: el espectro fotómetro, según la norma ISO 105 A06 para la medición instrumental del color y el foto radiómetro mediante el método de prueba AATCC 183-2014.

Finalmente, con los resultados obtenidos se usa un software estadístico para procesar los datos y concluir el índice de protección que aportan los tipos de colorante frente a la radiación ultravioleta.

1.2 Antecedentes

De acuerdo con investigaciones anteriores, la cantidad de radiación ultravioleta (UV) absorbida por tipo de tejido está fuertemente influenciada por la naturaleza fisicoquímica de la fibra, que es el determinante clave de su capacidad para absorber radiación UV (Kocić et al., 2019). La radiación emitida por el sol se subdivide en tres grupos con diferentes longitudes de onda y diferentes efectos sobre el ser humano, piel, ojos e incluso el sistema inmunológico, el envejecimiento prematuro, alergias y principalmente, quemaduras solares son efectos negativos de la radiación, que existe incluso cuando se está bajo sombra.

Las fibras de celulosa natural (algodón, lino, cáñamo) y celulosa regenerada (viscosa, modal) son usadas frecuentemente para elaborar ropa de verano. Sin embargo, estos materiales no suelen proporcionar una buena protección. El FPU de los materiales de celulosa resulta de la interacción de diferentes características durante el proceso de transformación de la materia, tipo de fibra, geometría del hilo, propiedades de la tela y técnicas de procesamiento común (Kocić et al., 2019). Los tejidos convencionales muestran valores de protección bajos y se mejoran mediante tratamientos de acabado que se basan en la inclusión de productos químicos en la superficie de la fibra (Bonet-Aracil et al., 2016). Por lo general, en prendas de uso diario no se toma en cuenta los factores a los que estará expuesto el individuo, los procesos aplicados en el área de tintorería y acabados inciden de manera directa o indirecta en la protección que el material pueda aportar basándose en las propiedades de los tintes y otros parámetros de tintura.

1.3 Importancia del Estudio

Según Gies & Wright (2003), "La radiación UV y sus efectos son conocidos desde hace mucho tiempo y el riesgo de sufrir afecciones es mayor en personas que trabajan al aire libre donde los trabajadores a menudo usan poca protección contra la radiación UV."

En general, todas las personas usan ropa liviana cuando el clima es agradable, sin considerar las consecuencias negativas que puede acarrear una exposición prolongada al sol.

La radiación ultravioleta llega a la Tierra en distintos porcentajes, siendo dos de ellos los más perjudiciales. Los rayos UVB poseen más energía, pero no penetran profundamente en la piel en comparación con los rayos UVA (Levy, 2012, p.551). Existen protectores solares, cremas y accesorios que aportan un factor de protección UV, que de forma directa o indirecta inciden en un gasto adicional para precautelar la salud, el uso de prendas con un tipo de colorante determinado podría reducir estos gastos.

Las prendas que se usan a diario generalmente son camisetas jersey que ofrecen protección en mayor o menor porcentaje dependiendo del tipo de fibra, color, densidad, tipo de tejido y, para clasificarlas según su grado de bloqueo existen diferentes sistemas de clasificación. El FPU define la protección que ofrece un tejido y entre los sistemas de clasificación existentes, el Estándar de Australia/Nueva Zelanda (AS/NZS 4399:1996), que establece un FPU de 15 es el valor mínimo para una buena protección (Grifoni et al., 2022). La preferencia de fibras naturales y estructura de tejido se ve ligada con la comodidad que brindan, pero su FPU es bajo haciendo que se necesite el uso de acabados con compuestos orgánicos e inorgánicos que requieren productos adicionales que en mayor o menor porcentaje son contaminantes.

Todas las personas reciben en mayor o menor porcentaje radiación UV, esto dependerá del tiempo de exposición, la ubicación geográfica. Los textiles usados a diario cumplen la función de una segunda piel, de allí la necesidad de buscar información adicional sobre los colorantes, técnicas y métodos que permitan contribuir en la prevención de enfermedades causadas por este fenómeno natural.

1.4 Objetivo General

- Comparar el colorante directo y reactivo en el bloqueo de rayos UVA, UVB, UVC, en tejido jersey 100% algodón.

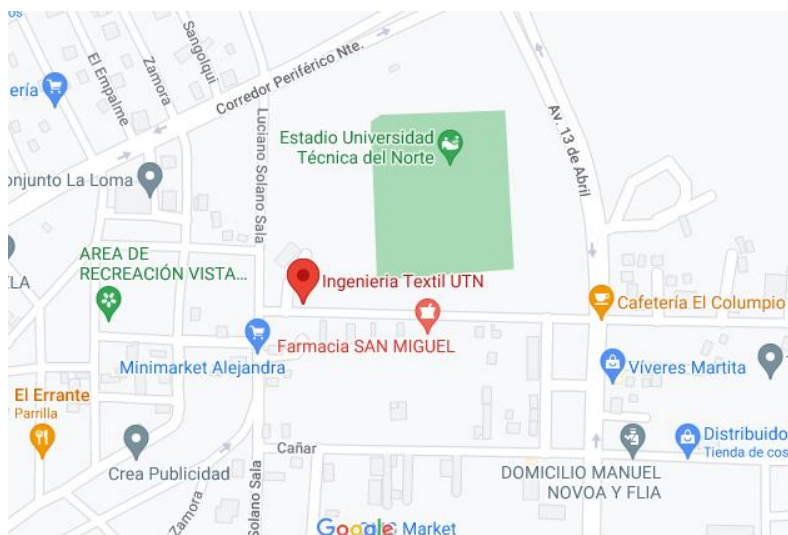
1.5 Objetivos Específicos

- Investigar en bases de datos las propiedades del colorante directo y reactivo para el bloqueo de rayos solares en tejidos.
- Realizar la tinción por el método de agotamiento del tejido jersey 100% algodón
- Realizar pruebas de laboratorio mediante el uso del equipo foto radiómetro bajo el método de prueba AATCC 183-2014 para la obtención de datos para la investigación.
- Evaluar los resultados obtenidos mediante el uso de un software estadístico.

1.6 Características del Sitio de Proyecto

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Ibarra-Imbabura, en los laboratorios de la Planta Académica Textil, ubicada en el sector de Azaya calles 13 de abril y Morona Santiago (0.3781405404084284, -78.1233796118296), como se muestra en la Figura 1.

Figura 1
Ubicación Planta Académica Textil



Fuente: (Google Maps, 2023)

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se analiza la información existente para sustentar la investigación, se revisa la normativa legal del país con respecto a la elaboración de proyectos investigativos y también las líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte en las que se enmarca el proyecto, finalmente se proporcionan conceptos básicos que ayudan a la comprensión del tema de investigación.

2.1 Estudios Previos

El factor de protección ultravioleta (FPU) de un tejido depende de los parámetros usados para su fabricación y las condiciones de uso, incluido el factor de cobertura del tejido, la estructura del tejido, el tipo de fibra, los tintes o los tratamientos químicos (Felipe et al., 2022). Investigaciones sobre acabados de protección UV describen las formas de aumentar el bloqueo de radiación ultravioleta (UV) en los tejidos, mediante la incorporación o adición de recubrimientos orgánicos e inorgánicos, orientando el uso de estos textiles a aplicaciones médicas, deportivas y en general.

2.1.1 Bloqueo de la radiación ultravioleta aportado por tejidos de fibras celulósicas

Los textiles aportan protección simple y efectiva contra la radiación UV, reflejan, absorben y dispersan las longitudes de onda provenientes del sol, factores como la estructura, tipo de fibra, color, capacidad de retención de agua en fibras y los agentes aplicados en procesos de ennoblecimiento textil son elementos que determinan el índice de protección que puede presentar una prenda (Čuden & Urbas, 2023). Cuando la radiación solar impacta una superficie,

parte de ella es reflejada instantáneamente, otro porcentaje es absorbido por la superficie y lo que resta de ella logra llegar a la piel, cuando existe un balance entre los factores que se mencionan al principio, es posible obtener textiles con excelentes propiedades de protección UV.

En su investigación Kocić et al. (2019) concluye que, los tejidos de punto se caracterizan por tener buenas propiedades de protección UV, el algodón, junto con la fibra de cáñamo, presento mayores propiedades de protección. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los resultados podrían haber sido afectados por la presencia de tintes en las fibras. Durante la investigación, las fibras estaban tinturadas, lo que podría haber influido en los datos obtenidos.

2.1.2 Bloqueo de la radiación ultravioleta en el tejido de punto (Jersey)

Las prendas usadas a diario cumplen la función de proteger el cuerpo y en el caso la ropa, se convierte en una segunda piel que bloquea la trasmisión de los rayos solares dañinos, un tipo de tejido se ha vuelto popular día a día entre los consumidores, ya que posee excelentes propiedades mecánicas, de comodidad y confort (Hoque et al., 2022), el tejido de punto por trama es el más común y resulta del entrelazado horizontal de los bucles de hilos (**Figura 2**),

Se ha demostrado que los textiles brindan propiedades de bloqueo UV, pero estas características dependen del tipo de fibra, la construcción de la tela y la naturaleza de los productos químicos de acabado (Grifoni et al., 2014). La mayoría de los tejidos de punto utilizados para camisetas deportivas ofrecen excelentes calificaciones de protección ultravioleta (Aguilera et al., 2014). Este factor de protección esta principalmente ligado con el gramaje, las torsiones y los títulos de los hilos que componen el tejido.

Figura 2
Estructura de tejido jersey



Fuente: (Juki Club, 2021)

Un factor adicional y relevante a la hora de determinar el índice de protección UV es el estado del tejido, en un artículo publicado por la BBC (2016) menciona que, “una camiseta nueva presenta mayor porcentaje de protección que, en una prenda usada, el desgaste habrá ocasionado que el porcentaje de bloqueo disminuya, debido al desprendimiento de fibras los espacios existentes en la estructura del tejido serán mayores”.

2.1.3 Tintura de algodón

El algodón es generalmente tinturado con colorantes directos y reactivos por el grado de afinidad de estos a fibras de carácter celulósico, existen diferentes procesos de aplicación, habitualmente la tintura se lleva a cabo mediante el método de agotamiento que puede ser realizado en equipos de tintura abiertos, o también cerrados, para el caso de mezclas de algodón con otras fibras de origen artificial, en equipos abiertos, la temperatura no supera el punto de ebullición y el tiempo de agotamiento es mayor, en un equipo cerrado, las fibras pueden llegar a ser expuestas a 130°C de temperatura, además existen otros parámetros que varían en función al equipo de tintura, como por ejemplo el tipo de colorante utilizado, la relación de baño, la cantidad de auxiliares, tipos de auxiliares y el pH (Miralles, 2017). Posterior al proceso de

tintura es posible aplicar tratamientos que mejoren o adicionen nuevas propiedades al sustrato textil.

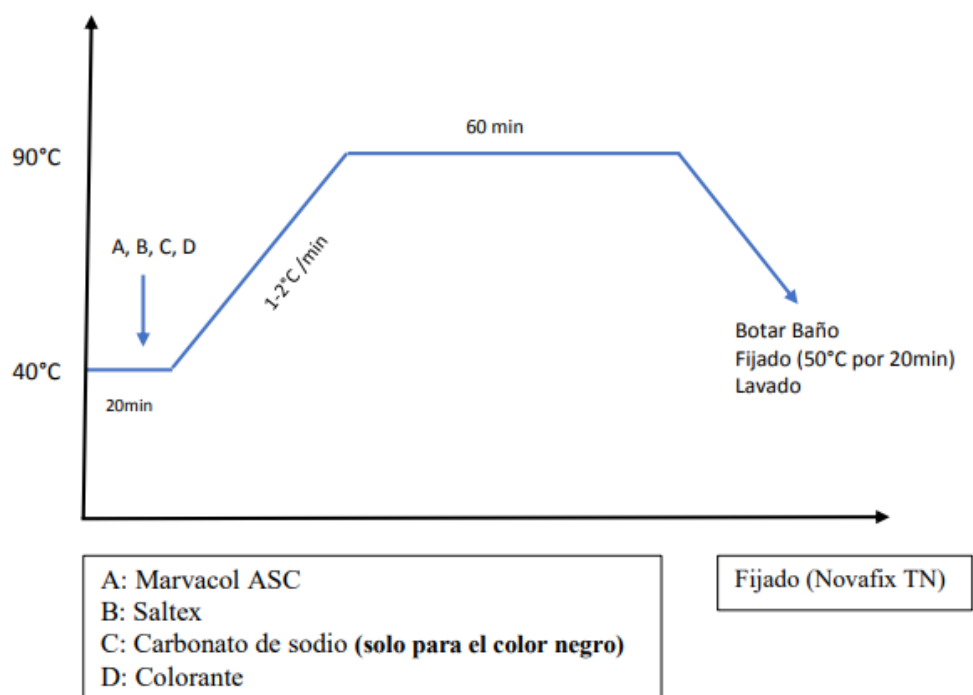
2.1.3.1 Tintura de algodón con colorante directo

El nombre de estos colorantes proviene de la forma de aplicación hacia el sustrato, en su composición química existe el predominio del grupo azo sobre el grupo cromóforo, cuando el colorante es solubilizado en el agua, este se ioniza juntamente con el ion de sodio, obteniendo un colorante aniónico que posee una carga negativa (Montenegro, 2020).

El proceso de teñido de este tipo de colorante (**Figura 3**) depende de su tipo y la temperatura necesaria para que pueda migrar a la fibra, se realiza en un pH alcalino para aplicación de colores de tonos oscuros y procesos posteriores de fijación para mejorar características de solidez del color al lavado (Huang, 2016). A continuación, se detalla la clasificación de los colorantes directos según su poder migratorio e igualación en la fibra.

- **Clase A.** Colorantes auto igualables debido a su alto poder migratorio del baño a la fibra, no requieren mordientes.
- **Clase B.** Colorantes con escaso poder migratorio, para poder igualar este colorante sobre el sustrato es necesario la adición sistemática de electrolito.
- **Clase C.** Esta clase de colorantes presentan malas propiedades de migración hacia la fibra, siendo necesario controlar la temperatura y adición de electrolito.

A continuación, se muestra la curva de tintura empleada en el proceso de agotamiento de colorantes directos.

Figura 3*Curva de tintura de colorantes directos***Fuente:** (Vega, 2018)

En la siguiente **Tabla 1**, se muestran los auxiliares usados en el proceso de tintura para colorantes directos:

Tabla 1*Auxiliares para tintura de colorantes directos*

Producto	Dosificación
MARVACOL ASC (Igualante)	1 g/L
Saltex (Electrolito)	(1-10) g/L
Nova FIX TN (Fijador)	2 %

Fuente: (Vega, 2018)

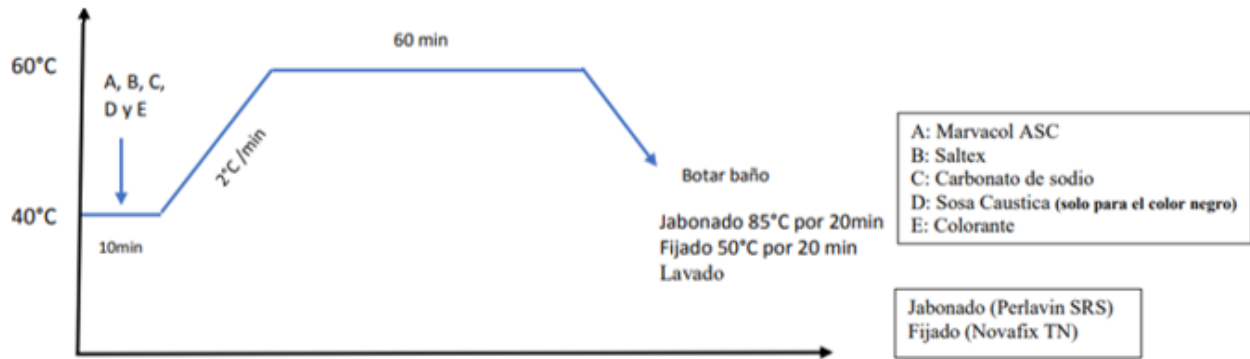
2.1.3.2 Tintura de algodón con colorante reactivo

Este tipo de colorante se encuentra en el mercado en forma de polvo soluble y puede ser aplicado a la fibra en cualquier estado del proceso de transformación de la materia, fibra, hilo, tejido o prenda, la curva de proceso de colorante reactivo (**Figura 4**), trabaja en un pH alcalino

y con temperaturas de entre 20°C y 100°C permitiendo formar enlaces covalentes con la fibra (Yépez, 2019)

Figura 4

Curva de tintura de colorantes reactivos



Fuente: (Vega, 2018)

En los colorantes reactivos están presentes dos grupos que hacen posible la tintura de la fibra, el grupo cromóforo o antraquinónico encargados de solubilizar el colorante y dar el matiz, y otro grupo, el grupo reactivo o auxócrono encargado de la reacción entre el colorante y la fibra que determinará la velocidad en la que este migre del medio acuoso al sustrato, para la disolución del colorante se hace en agua y con agitación constante para que las reacciones se efectúen (Yépez, 2019). En la tintura, la velocidad de reacción del colorante y la fibra se controla mediante el pH y la temperatura.

A continuación (*Tabla 2*), se muestran los auxiliares usados en el proceso de tintura para colorantes reactivos:

Tabla 2*Auxiliares de tintura para colorantes reactivos*

Producto	Dosificación
MARVACOL® ATP HSP (Álcali)	1 g/L
Saltex (Electrolito)	(20-80) g/L
Carbonato de sodio	20 g/l
PERLAVIN SRS (Agente jabonoso)	1 g/L
NOVA FIX TN (Fijador)	2 %

Fuente: (Vega, 2018)

2.1.4 Rayos UVA, UVB, UVC

La Tierra recibe constantemente luz que proviene del sol, el 56 % es radiación infrarroja (IR, 780-3000nm), el 39 % luz visible (400-780nm) y el 5 % radiación ultravioleta (UV, 200-400nm). Del 5% correspondiente a radiación ultravioleta, esta se subdivide en tres grupos (**Tabla 3**), la radiación UVC es filtrada por el ozono de la estratósfera, la radiación UVB y UVA dependen de la latitud, la altitud, la estación, la hora del día, el clima y la capa de ozono (Kocić et al., 2019, p.). La cantidad de radiación que llega a la superficie terrestre será afectada por la nubosidad que presente el área, pero eso no significa que no existe radiación, está presente incluso cuando el sol no es visible.

Tabla 3*Rangos de radiación ultravioleta*

Radiación	Rango (nm)
UVA	315-400
UVB	280-315
UVC	200-280

Fuente: (Kocić et al., 2019)

2.1.5 Estudio de la influencia de los colorantes en el bloqueo de radiación UV

En la actualidad, el interés por precautelar el bienestar del ambiente ha hecho que se opte usar colorantes y auxiliares orgánicos naturales menos invasivos y contaminantes. Los tejidos teñidos protegen más que los no teñidos y el nivel de bloqueo aumenta con el aumento de la concentración del tinte (Grifoni et al., 2014). Las fibras aumentan su volumen cerrando los espacios presentes en el tejido aumentando el índice de protección UV.

2.2 Marco Legal

Este componente establece las bases normativas en las que se fundamenta la investigación y su desarrollo, en este proyecto se revisa la Constitución de la República del Ecuador y las líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte, analizando su relevancia y aplicabilidad en el campo de estudio

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

La constitución de la República del Ecuador en su Art.350 menciona:

La educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo. (2008, p.157)

En el Art.358 menciona, que el sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad: (2008, p.173)

- Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
- Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.

- Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

Mediante la investigación se buscó analizar información que promueva y contribuya con posibles soluciones a problemáticas del país enmarcando en los lineamientos que describe la constitución de la República del Ecuador.

2.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

La Universidad Técnica del Norte, a través de la Dirección de Investigación, de acuerdo con lo dispuesto en su Título III, procesos de investigación, Sección II, líneas de investigación, Art. 17, “Se entiende por la línea de Investigación, al proceso continuo de investigación relacionado directamente a un área del conocimiento.” (2021, p. 7-8)

Se presentan diez líneas de investigación que abarcan desde la investigación, desarrollo y puesta en marcha de proyectos que contribuyan a solucionar problemas de la sociedad, para esta investigación se ha usado la línea número nueve:

- Producción industrial y tecnología sostenible
- Desarrollo agropecuario y forestal sostenible
- Biotecnología, energía y recursos naturales renovables
- Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sustentable
- Salud y bienestar integral
- Gestión, calidad de la educación, procesos pedagógicos e idiomas
- Desarrollo artístico, diseño y publicidad
- Desarrollo Social y del Comportamiento Humano
- Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico.

- Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética).

2.2.3 Código orgánico ambiental

El Código Orgánico del Ambiente del Ecuador es una ley que regula la gestión y el uso responsable de los recursos naturales del país. Establece un marco coherente para el desarrollo sostenible, así como los derechos y obligaciones de las personas y entidades implicadas en la preservación del medio ambiente. En su Art.255 establece las políticas generales de obligatorio cumplimiento para instituciones, personas naturales y jurídicas, en el literal seis establece (Código orgánico del ambiente, 2017).

“El fomento de la investigación, desarrollo y uso de las mejores tecnologías disponibles que minimicen los impactos al ambiente y la salud humana” (p.61)

2.3 Marco Conceptual

En este apartado se profundizan los conceptos esenciales que se utilizan en el desarrollo del proyecto.

2.3.1 Algodón

El algodón (**Figura 5**) se encuentra clasificado como la fibra natural de origen vegetal de mayor producción y consumo a nivel mundial, proveniente de las semillas de un arbusto (*Gossypium*) de la familia de las malváceas (Algaba, 2007). Sus características y propiedades confieren a los textiles fabricados con ella cierto grado de comodidad que permite usar los tejidos en prendas de verano, generalmente camisetas o buzos y tiende a brindar un mayor índice de protección dependiendo del tipo de colorante y los mordientes que se usaron en el proceso.

Figura 5
Fibra de algodón



Fuente: (Latorre, 2020)

Las fibras textiles independientemente de cuál sea su origen, natural o artificial, aportan un índice de protección UV. Las fibras celulósicas que son biodegradables y respetuosas con el medio ambiente no tienen dobles enlaces en su estructura química (**Tabla 4**), por tanto, tienen un FPU bajo (Felipe et al., 2022). La celulosa no puede absorber longitudes de onda de entre 300 y 400 nm, por lo que tejidos de fibras como el algodón, sin ningún tipo de tratamiento, aporta bajos índices de bloqueo (Algaba, 2007). La dermatóloga María José Pereira (2022) menciona. “Una polera de algodón blanco protege alrededor de un 40%. Algo así como un factor de protección solar 10”.

Tabla 4
Composición química del algodón

Compuesto	Porcentaje
Celulosa	94%
Proteínas	1.23%
Sustancias pépticas	1.2%
Minerales	1.2%
Ceras	0.6%
Azúcar	0.3%
Otros elementos	1.4%

Nota: Los valores puede variar en función de la especie de la planta de algodón y su madurez.

Fuente: (Farias, 2018)

Nota: Los valores puede variar en función de la especie de la planta de algodón y su madurez.

2.3.2 Propiedades de los Colorantes

Los colorantes, en la mayoría de los casos son solubles en agua y existen diferentes reacciones químicas que en consecuencia, hacen que las moléculas de colorante se unan a los grupos hidroxilo de la fibra, la sal, es un electrolito que ayuda a controlar el grado de absorbencia del colorante y la velocidad con la que este migra del baño hacia la fibra (Lockuán, 2012). Los colorantes directos presentan una gran variedad de tonos, buenas solideces, bajo costo y fácil aplicación lo que los convierte en el tipo de colorante más usado para este tipo de fibra.

Los colorantes reactivos se componen de dos grupos, cromóforo y auxócromo en su estructura molecular, la luz del espectro visible es absorbida por la superficie que la recibe, el color es consecuencia de las ondas reflejadas y posterior, percibidas por el ojo humano. El colorante reactivo se adhiere a la fibra celulósica mediante un enlace covalente (Lockuán, 2012).

2.3.3 Tejido de Punto

Los tejidos de punto se construyen a partir de bucles de hilo entrelazados. La estructura que conforma el hilo proporciona elasticidad, haciéndolos adecuados para prendas que cubrirán áreas del cuerpo que requieren gran movimiento (McKee et al., 2017). El confort que aportan hace que este tipo de tejido sea uno de los más usados para la confección de prendas deportivas y de verano, además, la estructura que posee hace que las prendas puedan retener el calor corporal y a su vez ser un tejido transpirable, dependiendo de factores como; galga de la máquina, título de hilo que lo conforma, su composición, etc.

2.3.4 Radiación Ultravioleta

El sol emite distintos tipos de radiación, la radiación ultravioleta es una de ellas, este tipo de longitudes de onda se consideran no ionizantes, ocasiona consecuencias positivas cuando

son absorbidas por la piel y también puede causar efectos negativos cuando el tiempo de exposición a ella supera los valores recomendados (Centro Nacional de Salud Ambiental, 2022). Dependiendo de la longitud de onda se subdivide en tres grupos, UVC (200–280 nm), UVB (280–315 nm) y UVA (315–400 nm). La UVC emitida por el sol es filtrada por el ozono de la estratósfera y no llega a la superficie terrestre (Kocić et al., 2019). La cantidad de radiación UVA y UVB depende directamente de la ubicación geográfica donde se ejecute la prueba.

2.3.5 Foto Radiómetro

El foto radiómetro (**Figura 6**) es usado para la medición de diferentes longitudes de onda situadas en rangos específicos, mide la cantidad de energía no comprendida dentro el espectro visible, haciendo posibles mediciones de luz ultravioleta o también conocida como luz infrarroja (Konica Minolta, 2015). El foto radiómetro está compuesto por diferentes tipos de sondas con un rango de medición diferente, el equipo detecta automáticamente dicho elemento y expresa los resultados en las unidades correspondientes (Instituto de Astrofísica de Canarias, 2019).

Figura 6
Foto radiómetro



Fuente: (GHM Group, n.d.)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta los tipos de investigación utilizados, las normas de referencia para la elaboración de probetas, toma de mediciones y principalmente una descripción de los equipos y materiales usados en el desarrollo del proyecto, finalmente, se describe el procedimiento a seguir para la obtención de datos, además de mostrar los resultados obtenidos de dichas pruebas.

3.1 Tipos de Investigación

El desarrollo del proyecto contempla evaluar el grado de bloqueo o transmisión que presenta cada tipo de colorante sobre la radiación UV en un tejido de algodón 100%, con base en los resultados obtenidos se realiza una comparativa entre los tipos de colorante y su grado de protección UV. Para el objeto en este trabajo se contemplan tres tipos de investigación.

3.1.1 *Investigación Analítica*

La investigación analítica parte de la evaluación de datos e información existente para desarrollar nuevas hipótesis que van complementándose con nuevos resultados (Bhushan & Alok, 2019). En este caso, con la información documentada se procede a realizar la tintura de muestras, para luego evaluar y analizar mediante gráficos los datos entregados por el foto-radiómetro, luego del análisis previo, las hipótesis son corroboradas o se plantea una nueva.

3.1.2 *Investigación Experimental*

En esta investigación se establecen las variables como: la concentración, tipo de colorante (reactivo y directo), para las mediciones con el foto-radiómetro se consideran las condiciones

del ambiente, para obtener resultados de porcentaje de bloqueo, este tipo de investigación posibilita el manipular las variables dentro de una situación y entorno controlado (Armijo et al., 2021).

3.1.3 Investigación comparativa

La investigación comparativa es aplicable a varios aspectos, en este caso al comparar los dos tipos de colorantes se busca determinar la funcionalidad acorde a su tipo, la esencia y objetivo es descubrir semejanzas y diferencias entre las muestras tinturadas con colorante directo y reactivo que están siendo evaluadas.

3.2 Normas de referencia

En el desarrollo de la investigación es necesario el uso de procedimientos estandarizados que garanticen que los resultados obtenidos sean replicables en diferentes partes del mundo.

3.2.1 Norma AATCC 183-2014 (Trasmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta ponderada eritemalmente a través de los tejidos)

La prueba de bloqueo de radiación ultravioleta se realiza utilizando el equipo foto-radiómetro que mide la cantidad de radiación UV que logra traspasar la muestra de tejido en estado seco, según el procedimiento de la norma AATCC 183-2014. al final, los resultados se expresan en términos de factor de protección UV que indican la cantidad de radiación transmitida o bloqueada por las muestras.

La Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles (2014), describe el siguiente procedimiento:

a) Proceso en seco:

- Cortar muestras de dimensiones de al menos 50mm x 50mm o una muestra circular de 50mm de diámetro, evitando la manipulación excesiva de la muestra durante el corte.

- Acondicionar las muestras un tiempo mínimo de 4 horas sobre un estante perforado de acondicionamiento un en un ambiente de $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $65 \pm 2\%$ HR.
- Colocar la muestra en la abertura del puerto de transmisión de muestra.
- Realizar las mediciones en ángulos con una diferencia de 45° en función de la anterior medición.
- Para muestras multicolores, determinar el área donde la trasmisión UV es mayor y realizar las mediciones.

3.2.2 Norma ISO 105 A06: 1965 (*Medición instrumental de la profundidad del color*)

Esta norma tiene como objetivo la evaluación y control de calidad de la tintura de la industria Textil, describe un método para determinar la profundidad del color en cualquier sustrato textil, mediante el uso de un espectrofotómetro que cumple con los requerimientos descritos en la norma ISO 105 A06:1965, para comparar el resultado con el de una muestra patrón tinturada sobre el mismo material y la misma intensidad de color.

Las muestras y el procedimiento descritos por la Organización Internacional de Normalización (ISO) son los siguientes: (ISO, 1995)

a) Muestras de prueba

La muestra de la prueba debe ajustarse a la apertura del instrumento como mínimo, siendo una muestra representativa del tejido que se va a evaluar. La dimensión recomendada es de 50 mm x 50 mm

b) Procedimiento:

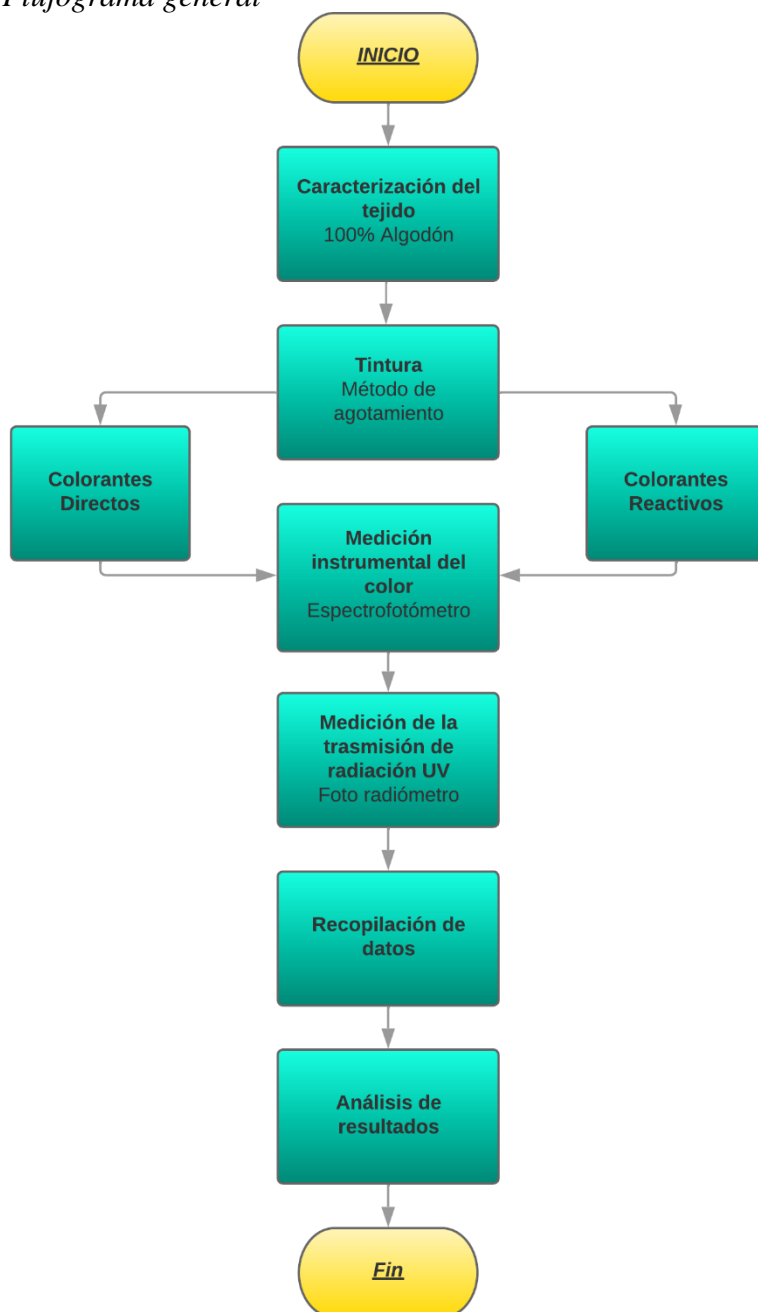
1. Colocar la muestra sobre la superficie de prueba del instrumento dejando una superficie lisa.
2. Tomar mínimo dos lecturas de diferentes áreas de la muestra y obtener el promedio.

3.3 Flujoigramas

3.3.1 Flujoograma general

En la *Figura 7* se describe de forma general los pasos que sigue el proyecto de investigación, partiendo desde la obtención y caracterización del tejido que se usa, hasta el análisis de los resultados obtenidos

Figura 7
Flujoograma general



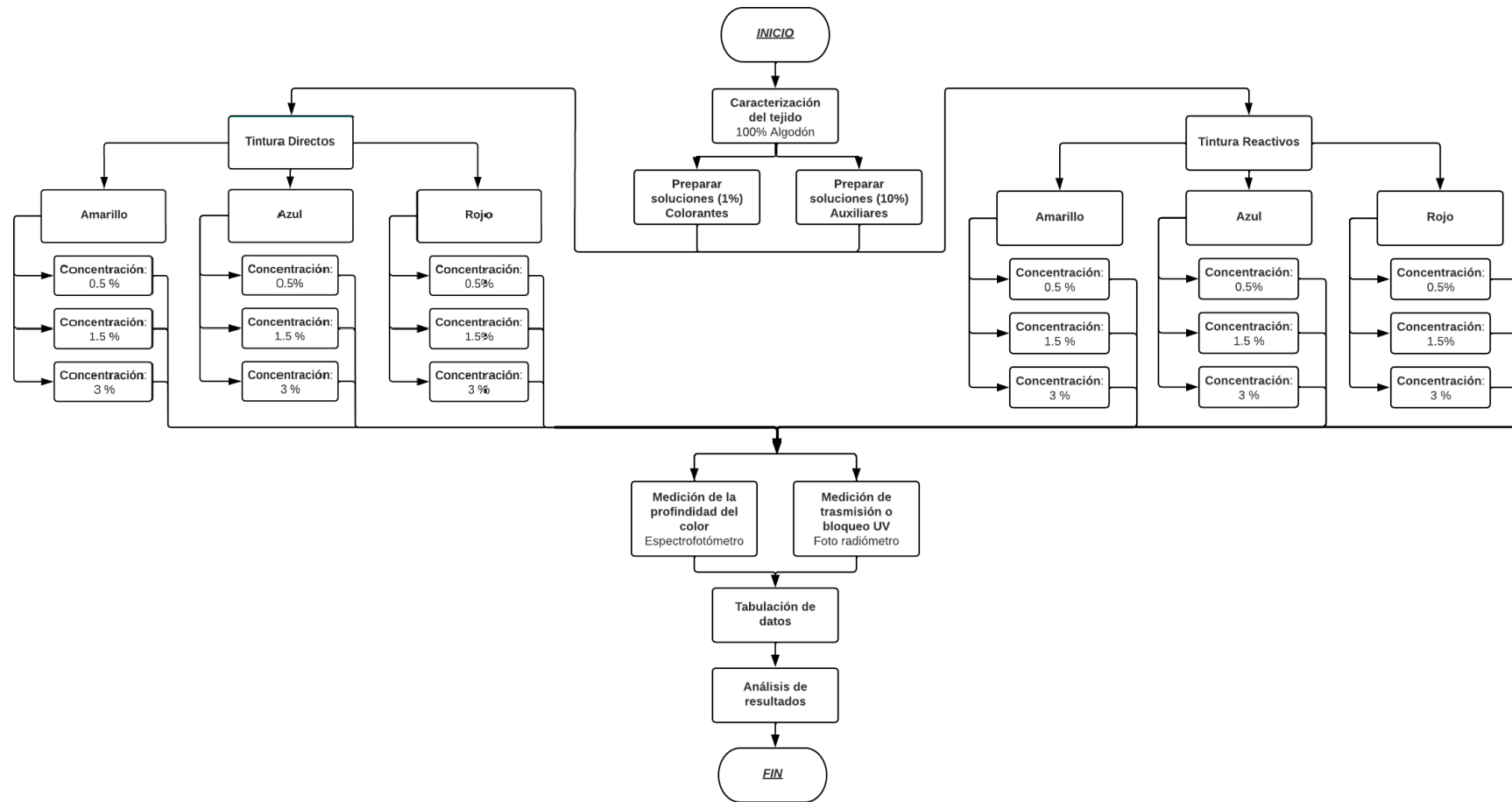
Fuente: Autor

3.3.2 *Flujograma muestral*

El flujograma muestral describe de manera detallada los pasos que se siguen las probetas para el desarrollo del proyecto y obtención de datos.

Figura 8

Flujograma muestral



Fuente: Autor

3.4 Equipos y materiales

En esta sección se describen las características del tejido usado, información de equipos de laboratorio y materiales que son necesarios para el desarrollo del proyecto.

3.4.1 Muestra de tejido jersey 100% algodón

Para la ejecución del proyecto se utilizó tejido jersey simple en algodón 100% con las características mostradas en la **Tabla 5**:

Tabla 5

Especificaciones del tejido

Característica	Especificación
Tipo de tejido	Jersey
Composición	100% Algodón
Gramaje	155 g/m ²
Ancho de tejido abierto	170 cm
Número de columnas por pulgada	40

Fuente: Autor

Para confirmar la composición del tejido, se realizó un análisis pirognóstico, en donde se percibió un aroma a papel quemado. En la **Figura 9** se muestran los restos de cenizas después de haber sometido el tejido a la llama.

Figura 9

Análisis pirognóstico



Fuente: Autor

Dentro del análisis cualitativo del tejido, se extrajo hilos de su estructura para obtener fibras que fueron analizadas bajo el microscopio. A continuación (**Figura 10**), se presentan fibras de algodón, que se asemejan a cintas torcidas, características propias del algodón visto bajo el microscopio.

Figura**10**

Fibra de algodón vista bajo el microscopio



Fuente: Autor

3.4.2 Equipo IR DYER

Para el teñido de las muestras a escala de laboratorio se utiliza el equipo de tintura IR DYER, el cual permite buena circulación del baño, el calentamiento lo realiza mediante rayos infrarrojos ubicados en la parte superior de la máquina, la temperatura se controla mediante una termocupla que envía las lecturas constantemente, para mayor control del gradiente de calentamiento, el ángulo de inclinación del disco asegura repetibilidad e igualación del color, con respecto a la seguridad, el equipo cuenta con sensores que detienen automáticamente el disco cuando se abre la puerta (Rapid, 2013). Este equipo cuenta con la opción de programar diferentes curvas de tintura y la posibilidad de usarlo en la tintura de materiales que requieren temperaturas superiores al punto de ebullición.

En la siguiente tabla (**Tabla 6**) se presenta las especificaciones técnicas de este equipo de tintura.

Tabla 6*Especificaciones técnicas de autoclave IR DYER*

Característica	Especificación
Número de vasos de tintura	12 o 24
Capacidad de los vasos	150 – 300 - 500 ml
Rango de temperatura	20 – 140°C
Gradientes de temperatura	1 – 4°C/min
Velocidad del disco giratorio	10 – 50 RPM
Sistema de refrigeración	Circulación de aire

Fuente: (Rapid, 2013)

3.4.3 Foto radiómetro

Instrumento de medida portátil (**Figura 6**) capaz de medir iluminación, luminancia, densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PAR) e irradiancia, con ajuste automático de las unidades de medida en función del parámetro evaluado. El equipo cuenta con la capacidad de almacenar los resultados de 38 000 muestras individuales y 14 000 muestras combinadas, la información se entrega en tiempo real a una PC mediante un puerto USB 2.0 o se puede imprimir automáticamente a través de una impresora adicional. El equipo cuenta con una protección IP66 (protección completa contra el polvo y resistencia al agua). (GHM Group, n.d.)

A continuación (**Tabla 7**), se muestran los tipos de medida con su respectiva unidad en el foto-radiómetro (**Figura 6**).

Tabla 7*Unidades de medida del foto-radiómetro*

Tipo de medida	Unidad de medición
Iluminancia	Lux - fed
Irradiancia	W/m ² - μW/cm ²
PAR	μmol/ (m ² .s)
Luminancia	Cd/m ²

Fuente: (GHM Group, n.d.)

3.4.4 Espectrofotómetro

El espectrofotómetro (**Figura 11**) es el encargado de medir transmitancia y reflectancia, en los laboratorios de la industria textil son usados los dos conceptos, en el caso de la transmitancia, determina la cantidad de soluto presente en un solvente, por ejemplo, la cantidad de colorante residual contenida en el baño después de un proceso de tintura. La reflectancia mide la cantidad de luz, longitud de onda, que puede reflejar un sustrato textil.

Figura
Espectrofotómetro

11

Fuente: (X-Rite, 2023)

Los resultados obtenidos en este equipo permiten comparar la intensidad del color frente a una muestra patrón o pantone, de no ser el caso, el instrumento puede sugerir recetas de matizado, importante en la industria textil para asegurar que los colores dentro de una producción sean los mismos. Las aperturas de los discos varían su dimensión en función del área a ser mediada, se presentan discos de 6, 10 y 25mm en sus tamaños estándar.

3.4.5 Colorante directo

Conocidos como colorantes directos por el grado de afinidad por las fibras celulósicas y la forma de teñido. Este tipo de colorante posee diferentes compuestos en su composición química por lo que, la solidez varía en función de su estructura. Son solubles en agua, pero pocos requieren carbonato sódico para su disolución. Las propiedades de este tipo de colorantes son:

- Elevado porcentaje de agotamiento
- Alta fijación
- Excelentes propiedades de fijación
- Alto rendimiento del color
- Reproducibilidad fiable

Para tintura con colorantes directos, se usó los siguientes nombres comerciales.

- a) Everdirect Azul BRL 200%
- b) Everdirect Amarillo RL
- c) Everdirect Rojo BWS

3.4.6 Colorante reactivo

Los colorantes reactivos Everzol están diseñados para la tintura de fibras celulósicas, fibras de celulosa regenerada y sus mezclas, con las siguientes ventajas, descritas en su página web por Everlight Chemical (2019).

- Elevado porcentaje de agotamiento
- Excelentes propiedades de fijación en la fibra
- Propiedades de auto igualación
- Compatibilidad con otros productos
- Excelentes propiedades de solidez
- Reproducibilidad

Para la preparación de soluciones de colorantes Everzol es necesario hacerlo con agua tibia, alrededor de 40-50°C, formando una pasta para luego completar el volumen de la solución con agua caliente (80-90°C) (Everlight Chemical, n.d.). Los nombres de los colorantes usados son los siguientes.

- a) Everzol Azul BRF 150%

- b) Everzol Amarillo 3RS H/C
- c) Everzol Rojo ED-7B

3.4.7 *Productos auxiliares*

- a) **Saltex.** Compuesto cristalino de color blanco, soluble en agua, utilizado en la industria textil, el electrolito (cloruro de sodio, NaCl) en la tintura con colorante directo y reactivo se usa en diferentes concentraciones para promover el agotamiento del colorante en el baño de tintura. El compuesto tiene doble función en el proceso de tintura, sobre el sustrato, neutraliza la carga eléctrica de la fibra, en el colorante, aumenta la velocidad de migración del baño de tintura a la fibra. (Novasyn, 2017)
- b) **Marvacol ASC.** Igualante utilizado en la tintura de algodón, es un líquido transparente, capaz de ser disuelto en agua, auxiliar empleado en procesos de descruce, procesos de tintura y jabonado textil (Piñan, 2023).
- c) **Marvacol ATP HSP (Álcali).** Usado en la tintura con colorantes directos, es un remplazo para el uso de otros álcalis como, sosa cáustica, carbonato de sodio y bicarbonato de sodio, su efecto buferizante permite un mayor control del pH, con bajas dosificaciones de producto. (Color Química, 2018)

Tabla 8
Características Marvacol ATP HSP

Característica	Especificación
Aspecto	Líquido transparente
Estabilidad al frío	Buena
pH (solución acuosa 5 g/l)	12-13

Fuente: (Color Química, 2018)

3.5 Procedimiento

El proceso de tintura se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta Académica Textil utilizando la autoclave IR Dyer, para la elaboración de probetas, se pesaron de cinco gramos para cada muestra, en la **Tabla 9** se describen los detalles generales del proceso.

Tabla 9
Características generales del proceso

Característica	Detalle
Material	Algodón (Co) 100%
Peso muestra individual	5 g
Proceso	Agotamiento
Relación de baño	1/10
Volumen del baño	50 ml

Fuente: (Autor)

Para la tintura de colorantes reactivos se utilizó la hoja de receta descrita en la **Tabla 10** que detalla la dosificación y cantidad de auxiliares utilizados en función de la concentración del colorante con los siguientes nombres:

- Everzol Amarillo 3RS H/C
- Everzol Azul BRF 150%
- Everzol Rojo ED-7B

Tabla 10
Receta general para tintura de colorantes reactivos

Ítem	Producto	Dosificación	Peso
Concentración 0,5%			
1	Colorantes reactivos	0,5%	0,025 g
2	Marvacol ATP HSP (Álcali)	2 g/l	0,1 g
3	Marvacol ASC (Igualante)	1 g/l	0,05 g
4	Saltex (Sal textil)	30 g/l	1,5 g

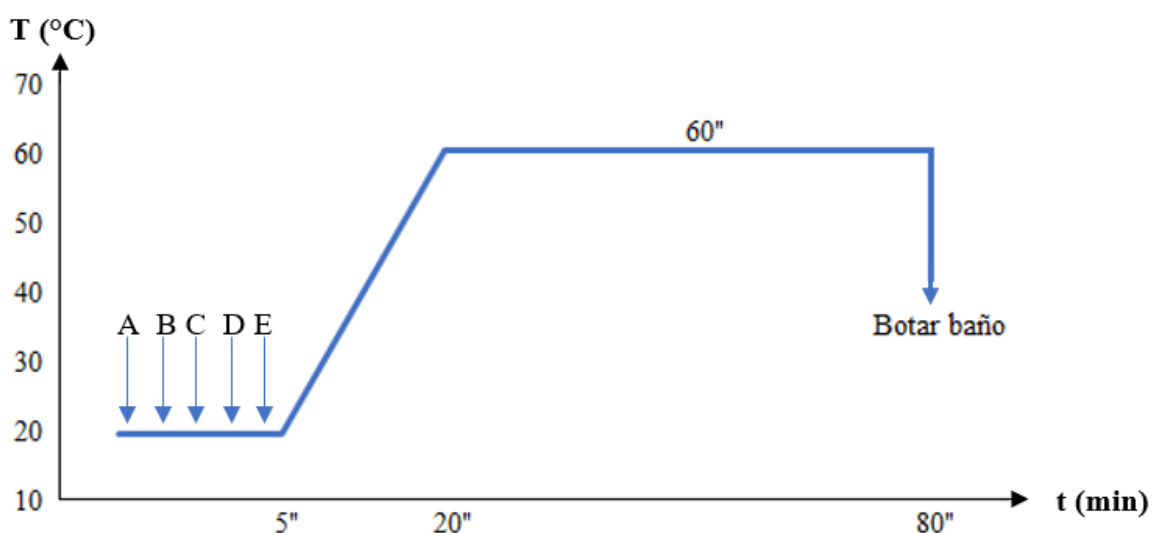
Concentración 1,5%			
5	Colorantes reactivos	1,5%	0,075 g
6	Marvacol ATP HSP (Álcali)	3 g/l	0,15 g
7	Marvacol ASC (Igualante)	1 g/l	0,05 g
8	Saltex (Sal textil)	40 g/l	2 g
Concentración 3%			
9	Colorantes reactivos	3%	0,15 g
10	Marvacol ATP HSP (Álcali)	4 g/l	0,2 g
11	Marvacol ASC (Igualante)	1 g/l	0,05 g
12	Saltex (Sal textil)	50 g/l	2,5 g

Fuente: (Autor)

El proceso de tintura inició con una temperatura del baño entre los 20 y 25°C, para posterior adicionar los respectivos auxiliares y porcentaje de colorante determinado, la temperatura de agotamiento se sitúa en 60°C con un tiempo de agotamiento de 60 minutos, para finalmente botar el baño de tintura y enjuagar, en la **Figura 12** se describen gráficamente los pasos y parámetros .

Figura 12

Curva de tintura de colorantes reactivos



Fuente: (Autor)

- A:** Cargar tela
- B:** Álcali
- C:** Igualante
- D:** Saltex
- E:** Colorante

Para la tintura con colorantes directos se dosifica la sal textil, igualante, se tiñe a 90° C por 60 min por el método de agotamiento. Los colorantes utilizados son:

- EverDirect Amarillo RL
- EverDirect Azul BRL 200%
- EverDirect Rojo BWS

Tabla 11, muestra la dosificación y cantidad de auxiliares utilizados en la tintura de colorantes directos en función del porcentaje de colorante y el volumen de baño.

Tabla 11

receta general para tintura de colorantes directos

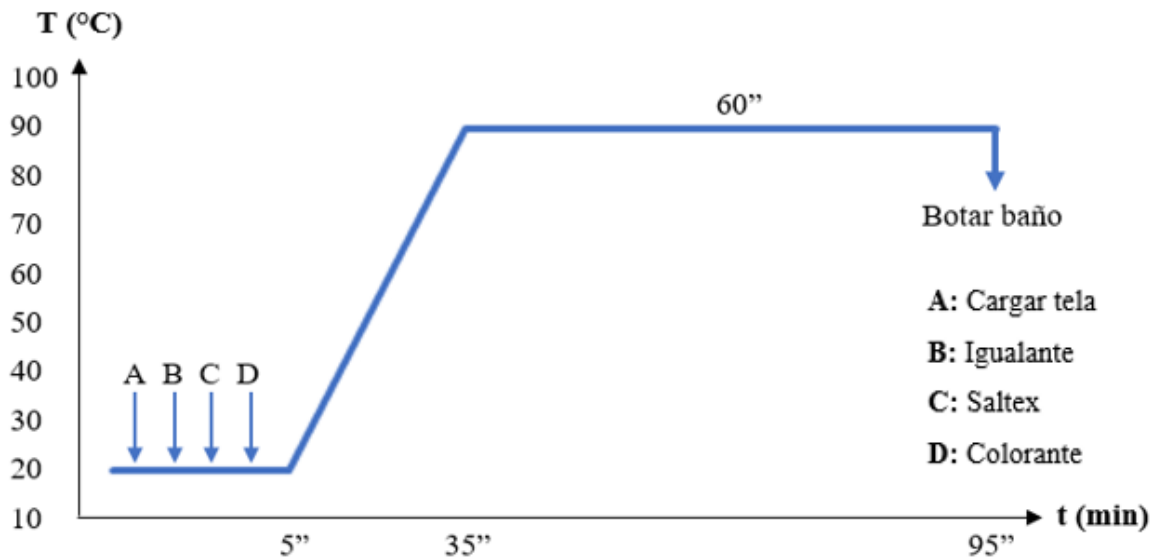
Ítem	Producto	Dosificación	Peso
Concentración 0,5%			
1	Colorantes directos	0,5%	0,025 g
2	Marvacol ASC (Igualante)	1 g/l	0,05 g
3	Saltex (Sal textil)	4 g/l	0,2 g
Concentración 1,5%			
4	Colorantes directos	1,5%	0,075 g
5	Marvacol ASC (Igualante)	1 g/l	0,05 g
6	Saltex (Sal textil)	6 g/l	0,3 g
Concentración 3%			
7	Colorantes directos	3%	0,15 g
8	Marvacol ASC (Igualante)	1 g/l	0,05 g
9	Saltex (Sal textil)	8 g/l	0,4 g

Fuente: (Autor)

A continuación (*Figura 13*), se muestra el proceso de agotamiento de colorantes directos en la tintura.

Figura 13

Curva de tintura de colorantes directos



Fuente: (Autor)

3.6 Pruebas de laboratorio

Las probetas usadas en las pruebas de laboratorio se codificaron en función al número de tintura, tipo de colorante, color y concentración, de la siguiente manera:

T1-DY-C1

Donde:

T1: Número de tintura

DY: Iniciales del tipo de colorante y color

C1: Porcentaje de concentración del colorante

La información que presenta la **Tabla 12**, especifica el número de tintura, los colorantes, colores y concentraciones.

Tabla 12*Especificación de codificaciones*

Detalle	Codificación	Especificación
Tintura N°1	T1	-
Tintura N°2	T2	-
Tintura N°3	T3	-
Directo N°1	DY	EverDirect Amarillo RL
Directo N°2	DB	EverDirect Azul BRL 200%
Directo N°3	DR	EverDirect Rojo BWS
Reactivo N°1	RY	Everzol Amarillo 3RS H/C
Reactivo N°2	RB	Everzol Azul BRF 150%
Reactivo N°3	RR	Everzol Rojo ED-7B
Concentración N°1	C1	0,5%
Concentración N°2	C2	1,5%
Concentración N°3	C3	3%

Fuente: (Autor)

En la **Tabla 13**, se muestran las codificaciones de las probetas utilizadas, se describe el tipo de colorante, el color, la concentración y finalmente la codificación que lleva la muestra

Tabla 13*Codificación de muestras colorantes directos*

N° Tintura	Tipo de colorante	Color	Concentración (C#)	Codificación
1	Directo	Amarillo (Y)	C1	T1-DY-C1
			C2	T1-DY-C2
			C3	T1-DY-C3
		Azul (B)	C1	T1-DB-C1
			C2	T1-DB-C2
			C3	T1-DB-C3
		Rojo (R)	C1	T1-DR-C1
			C2	T1-DR-C2
			C3	T1-DR-C3

N° Tintura	Tipo de colorante	Color	Concentración (C#)	Codificación
2	Directo	Amarillo (Y)	C1	T2-DY-C1
			C2	T2-DY-C2
			C3	T2-DY-C3
		Azul (B)	C1	T2-DB-C1
			C2	T2-DB-C2
			C3	T2-DB-C3
		Rojo (R)	C1	T2-DR-C1
			C2	T2-DR-C2
			C3	T2-DR-C3
3	Directo	Amarillo (Y)	C1	T3-DY-C1
			C2	T3-DY-C2
			C3	T3-DY-C3
		Azul (B)	C1	T3-DB-C1
			C2	T3-DB-C2
			C3	T3-DB-C3
		Rojo (R)	C1	T3-DR-C1
			C2	T3-DR-C2
			C3	T3-DR-C3

Fuente: Autor

En la **Tabla 14** se muestra la codificación utilizada en las muestras de colorante reactivo, se describe el tipo de colorante, el color, la concentración y finalmente la codificación que lleva la muestra

Tabla 14

Codificación de muestras colorantes reactivos

N° Tintura	Tipo de colorante	Color	Concentración (C#)	Codificación
1	Reactivo	Amarillo (Y)	C1	T1-RY-C1
			C2	T1-RY-C2
			C3	T1-RY-C3

			C1	T1-RB-C1
		Azul (B)	C2	T1-RB-C2
			C3	T1-RB-C3
			C1	T1-RR-C1
		Rojo (R)	C2	T1-RR-C2
			C3	T1-RR-C3
			C1	T2-RY-C1
		Amarillo (Y)	C2	T2-RY-C2
			C3	T2-RY-C3
			C1	T2-RB-C1
2	Reactivo	Azul (B)	C2	T2-RB-C2
			C3	T2-RB-C3
			C1	T2-RR-C1
		Rojo (R)	C2	T2-RR-C2
			C3	T2-RR-C3
			C1	T3-RY-C1
		Amarillo (Y)	C2	T3-RY-C2
			C3	T3-RY-C3
			C1	T3-RB-C1
3	Reactivo	Azul (B)	C2	T3-RB-C2
			C3	T3-RB-C3
			C1	T3-RR-C1
		Rojo (R)	C2	T3-RR-C2
			C3	T3-RR-C3

Fuente: Autor

3.6.1 Profundidad del color

Para determinar que las coordenadas del color en el espacio CIELab y que los valores de delta E están dentro de los límites permitidos, las probetas se someten a la medición de la profundidad del color utilizando el espectrofotómetro. Las muestras con la misma concentración y tipo de colorante se compararon entre sí.

Se inicia con la calibración del equipo (espectrofotómetro), a continuación, se toma una probeta como base comparativa para las otras dos restantes que fueron tinturadas con el mismo tipo de colorante y concentración. Este procedimiento se repite para cada grupo de probetas exportando por separado los resultados de cada medición.

Tabla 15

Coordenadas CIELab de colorantes directos y Delta E de las tinturas

Muestra	L	a	b	C	h	Muestra	DE cmc
T1-DY-C1	79,92	10,00	73,31	73,99	82,23	T2-DY-C1	0,78
						T3-DY-C1	0,80
T1-DY-C2	75,76	20,56	81,81	84,36	75,89	T2-DY-C2	0,51
						T3-DY-C2	0,48
T1-DY-C3	73,45	24,88	84,61	88,19	73,61	T2-DY-C3	0,84
						T3-DY-C3	0,97
T1-DB-C1	52,25	0,34	-26,11	26,11	270,74	T2-DB-C1	0,80
						T3-DB-C1	0,60
T1-DB-C2	38,97	3,63	-28,38	28,61	277,29	T2-DB-C2	0,65
						T3-DB-C2	0,56
T1-DB-C3	31,19	6,23	-27,48	28,17	282,78	T2-DB-C3	0,85
						T3-DB-C3	0,58
T1-DR-C1	48,72	41,41	2,69	41,51	4,00	T2-DR-C1	0,16
						T3-DR-C1	0,98
T1-DR-C2	39,25	41,30	4,84	41,58	6,68	T2-DR-C2	0,06
						T3-DR-C2	0,14
T1-DR-C3	36,50	40,58	5,76	40,99	8,07	T2-DR-C3	0,28
						T3-DR-C3	0,31

Fuente: (Autor)

En la tabla se detallan las coordenadas en el espacio CIELab de las muestras tinturadas con colorantes directos para los colores, azul, amarillo y rojo, además, los Delta E de las muestras de similar color y concentración en diferentes tinturas

En la **Tabla 16** se detallan las coordenadas en el espacio CIELab de las muestras tinturadas con colorantes directos en los colores amarillo, azul y rojo, además los valores de Delta E de las muestras de similar color y concentración en diferentes tinturas.

Tabla 16
Coordenadas CIELab de colorantes reactivos y Delta E de las tinturas

Muestra	L	a	b	C	h	Muestra	DE cmc
T1-RY-C1	76,34	18,63	58,64	61,52	72,37	T2-RY-C1	0,74
						T3-RY-C1	0,67
T1-RY-C2	68,79	31,89	71,90	78,66	66,28	T2-RY-C2	0,60
						T3-RY-C2	0,57
T1-RY-C3	64,28	38,15	74,62	83,81	62,92	T2-RY-C3	0,91
						T3-RY-C3	0,85
T1-RB-C1	57,55	-4,24	-24,85	25,21	260,33	T2-RB-C1	0,62
						T3-RB-C1	0,74
T1-RB-C2	42,01	-1,97	-29,56	29,63	266,19	T2-RB-C2	0,08
						T3-RB-C2	0,34
T1-RB-C3	34,92	0,26	-30,47	30,47	270,49	T2-RB-C3	0,49
						T3-RB-C3	0,98
T1-RR-C1	46,88	45,63	0,49	45,64	0,62	T2-RR-C1	0,94
						T3-RR-C1	0,47
T1-RR-C2	36,20	48,96	7,47	49,52	8,67	T2-RR-C2	0,92
						T3-RR-C2	0,96
T1-RR-C3	30,84	46,51	12,06	48,05	14,54	T2-RR-C3	1,21
						T3-RR-C3	0,81

Fuente: (Autor)

3.6.2 *Trasmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta a través de los tejidos*

En esta prueba se evalúa la trasmisión o bloqueo que presentan las probetas frente a los rayos solares UVA, UVB, UVC, se emplea el foto radiómetro con sondas de medida respectivamente. En este caso se evalúa las muestras tinturadas con diferente tipo de colorante, color similar e igual concentración, procurando que la intensidad de la radiación oscile en un rango similar durante la medición de las muestras.

El equipo proporciona lecturas expresadas en W/m^2 como unidad de medida de la cantidad recibida de radiación solar por unidad de tiempo y unidad de área. Las mediciones con el foto-radiómetro se ejecutan a tres graduaciones diferentes 0° , 45° y 90° de inclinación en función de la orientación de la sonda.

La **Tabla 17** muestra los resultados de las probetas con una concentración de 0,5% en colorante directo y reactivo en color amarillo para los dos tipos, evaluando rayos solares UVA, UVB, UVC y en las inclinaciones que determina norma.

Tabla 17

Resultado de mediciones color amarillo (0.5%)

Material	100% Algodón			UVA	UVB			UVC	
Temperatura	22°C								
Unidad de medida	(W/m ²)			12-13			600-700		0,004-0,005
Colorante Directo									
Codificación	UVA			UVB			UVC		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
T1-DY-C1	0,3625	0,4396	1,773	0,0288	0,0304	0,2281	0,0000	0,0001	0,0008
T2-DY-C1	0,3756	0,4186	1,296	0,0343	0,0279	0,2154	0,0000	0,0002	0,0008
T2-DY-C1	0,4824	0,5741	1,713	0,0247	0,0337	0,1998	0,0000	0,0001	0,0005
Colorante Reactivo									
T1-RY-C1	0,3962	0,4599	1,254	0,0226	0,023	0,1667	0,0000	0,0001	0,0008
T2-RY-C1	0,2827	0,3107	1,284	0,0184	0,0162	0,1396	0,0000	0,0000	0,0006
T2-RY-C1	0,4054	0,5124	1,264	0,0254	0,0254	0,2317	0,0000	0,0001	0,0007

Fuente: Autor

En el caso de la radiación UVC las lecturas proporcionadas con el equipo tienen valores muy bajos, esto debido a que este tipo de radiación no es capaz de atravesar la capa de ozono, la **Tabla 18** muestra información sobre las lecturas arrojadas por las muestras que tienen una concentración de 1,5% de colorante en los dos tipos para el color amarillo en las tres sondas y distintos grados de inclinación.

Tabla 18
Resultado de mediciones color amarillo (1.5%)

Material	100% Algodón			UVA	UVB			UVC	
Temperatura	22°C								
Unidad de medida	(W/m ²)			24-25		2-2,5		0,0055-0,006	
Colorante Directo									
Codificación	UVA			UVB			UVC		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
T1-DY-C2	0,4256	0,4112	1,074	0,0585	0,0242	0,1065	0,0000	0,0000	0,0006
T2-DY-C2	0,4109	0,4251	0,8828	0,0703	0,0288	0,1146	0,0000	0,0000	0,0004
T2-DY-C2	0,4013	0,407	0,9418	0,0667	0,0233	0,1118	0,0000	0,0000	0,0007
Colorante Reactivo									
T1-RY-C2	0,3807	0,4017	1,01	0,0472	0,0233	0,1134	0,0000	0,0002	0,0009
T2-RY-C2	0,393	0,392	0,8055	0,0475	0,019	0,1008	0,0000	0,0001	0,0005
T2-RY-C2	0,3797	0,4154	0,8135	0,0381	0,0238	0,1068	0,0000	0,0002	0,0008

Fuente: Autor

Tabla 19
Resultado de mediciones color amarillo (3%)

Material	100% Algodón			UVA	UVB			UVC	
Temperatura	22°C								
Unidad de medida	(W/m ²)			14-15		1-2		0,007-0,008	
Colorante Directo									
Codificación	UVA			UVB			UVC		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
T1-DY-C3	0,2350	0,4221	1,505	0,0254	0,0329	0,1288	0,0000	0,0001	0,0003
T2-DY-C3	0,23	0,4031	1,256	0,0208	0,0313	0,1375	0,0000	0,0000	0,0004
T2-DY-C3	0,2889	0,4111	1,104	0,0259	0,0325	0,1538	0,0000	0,0002	0,0006
Colorante Reactivo									
T1-RY-C3	0,1180	0,2179	1,131	0,0164	0,0213	0,0975	0,0008	0,0003	0,0005
T2-RY-C3	0,1939	0,2178	1,284	0,0172	0,0284	0,1029	0,0006	0,0001	0,0004
T2-RY-C3	0,1914	0,2209	1,363	0,0216	0,0215	0,0994	0,0003	0,0002	0,0004

Fuente: Autor

Tabla 20
Resultado de mediciones color azul (0.5%)

Material	100% Algodón			UVA			UVB			UVC		
Temperatura	22°C											
Unidad de medida	(W/m ²)			14-15			0,9-1			0,0007-0,0008		
Colorante Directo												
Codificación	UVA			UVB			UVC					
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°			
T1-DB-C1	1,117	1,309	1,489	0,0562	0,0651	0,1252	0,0008	0,0007	0,0011			
T2-DB-C1	1,051	1,246	1,859	0,0604	0,0562	0,0958	0,0006	0,0006	0,0008			
T2-DB-C1	1,196	1,175	1,506	0,0595	0,0621	0,1402	0,0007	0,0008	0,0007			
Colorante Reactivo												
T1-RB-C1	0,8819	0,9373	1,335	0,0372	0,0362	0,0956	0,0007	0,0006	0,0006			
T2-RB-C1	0,7818	0,9093	1,433	0,0299	0,0364	0,1106	0,0006	0,0007	0,0005			
T2-RB-C1	0,8602	0,9315	1,465	0,0317	0,0381	0,0952	0,0006	0,0006	0,0008			

Fuente: Autor

Tabla 21
Resultado de mediciones color azul (1.5%)

Material	100% Algodón			UVA			UVB			UVC		
Temperatura	22°C											
Unidad de medida	(W/m ²)			12-13			0,9-1			0,005-0,006		
Colorante Directo												
Codificación	UVA			UVB			UVC					
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°			
T1-DB-C2	0,4879	0,5502	1,346	0,0233	0,0242	0,2788	0,0003	0,0000	0,001			
T2-DB-C2	0,48	0,5318	1,426	0,0248	0,0283	0,2021	0,0002	0,0001	0,0009			
T2-DB-C2	0,5726	0,6324	1,279	0,0269	0,024	0,1899	0,0004	0,0001	0,0008			
Colorante Reactivo												
T1-RB-C2	0,3742	0,3607	0,8894	0,0125	0,015	0,0925	0,0011	0,0005	0,0007			
T2-RB-C2	0,3459	0,3805	0,9032	0,0158	0,0136	0,0563	0,0005	0,0003	0,0006			
T2-RB-C2	0,3686	0,3976	1,261	0,0162	0,0145	0,0683	0,0005	0,0000	0,0008			

Fuente: Autor

Tabla 22
Resultado de mediciones color azul (3%)

Material	100% Algodón			UVA	UVB			UVC	
Temperatura	22°C								
Unidad de medida	(W/m ²)			11-12		0,9-1		0,004-0,0045	
Colorante Directo									
Codificación	UVA			UVB			UVC		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
T1-DB-C3	0,3993	0,3984	1,706	0,0214	0,0187	0,1794	0,0000	0,0006	0,0009
T2-DB-C3	0,3669	0,3829	1,723	0,0224	0,021	0,2001	0,0000	0,0005	0,0006
T2-DB-C3	0,3545	0,3818	1,694	0,025	0,017	0,1928	0,0000	0,0004	0,0007
Colorante Reactivo									
T1-RB-C3	0,2182	0,3422	1,668	0,0137	0,0148	0,1772	0,0000	0,0004	0,001
T2-RB-C3	0,2323	0,3653	1,443	0,0125	0,0169	0,1822	0,0000	0,0004	0,0008
T2-RB-C3	0,2318	0,3648	1,572	0,0152	0,0176	0,1672	0,0000	0,0003	0,0008

Fuente: Autor

Tabla 23
Resultado de mediciones color rojo (0.5%)

Material	100% Algodón			UVA	UVB			UVC	
Temperatura	22°C								
Unidad de medida	(W/m ²)			14,5-15		1,4-1,7		0,0047-0,005	
Colorante Directo									
Codificación	UVA			UVB			UVC		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
T1-DR-C1	0,5613	0,6744	2,581	0,0328	0,0361	0,2804	0,0001	0,0003	0,0008
T2-DR-C1	0,5928	0,6633	2,496	0,0418	0,0456	0,2795	0,0002	0,0002	0,0008
T2-DR-C1	0,5398	0,6412	0,644	0,0361	0,0405	0,2733	0,0003	0,0002	0,0009
Colorante Reactivo									
T1-RR-C1	0,4632	0,5757	2,43	0,0295	0,0344	0,2755	0,0002	0,0002	0,0008
T2-RR-C1	0,4834	0,6011	2,515	0,0362	0,0351	0,2465	0,0003	0,0002	0,001
T2-RR-C1	0,4937	0,5817	2,397	0,0378	0,0347	0,2325	0,0002	0,0003	0,0009

Fuente: Autor

Tabla 24
Resultado de mediciones color rojo (1.5%)

Material	100% Algodón			UVA	UVB			UVC	
Temperatura	22°C								
Unidad de medida	(W/m ²)			19-20		1,9-2		0,004-0,0045	
Colorante Directo									
Codificación	UVA			UVB			UVC		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
T1-DR-C2	0,4855	0,4201	1,846	0,0287	0,0241	0,3369	0,0003	0,0004	0,001
T2-DR-C2	0,5501	0,4771	1,865	0,0282	0,0296	0,3413	0,0004	0,0002	0,001
T2-DR-C2	0,5124	0,4842	1,889	0,0226	0,0247	0,3364	0,0002	0,0003	0,0011
Colorante Reactivo									
T1-RR-C2	0,4138	0,4725	1,96	0,0282	0,0277	0,3108	0,0001	0,0003	0,001
T2-RR-C2	0,375	0,433	1,863	0,0201	0,0239	0,3302	0,0000	0,0001	0,0007
T2-RR-C2	0,4061	0,4451	1,787	0,0333	0,0245	0,3193	0,0000	0,0002	0,0007

Fuente: Autor

Tabla 25
Resultado de mediciones color rojo (3%)

Material	100% Algodón			UVA	UVB			UVC	
Temperatura	22°C								
Unidad de medida	(W/m ²)			14-15		2,4-3		0,0035-0,004	
Colorante Directo									
Codificación	UVA			UVB			UVC		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
T1-DR-C3	0,4615	0,3714	1,97	0,0288	0,0529	0,3189	0,0000	0,0000	0,0009
T2-DR-C3	0,3535	0,3256	1,869	0,0268	0,0477	0,3129	0,0000	0,0000	0,0008
T2-DR-C3	0,3783	0,3301	1,598	0,0251	0,0427	0,3078	0,0000	0,0002	0,001
Colorante Reactivo									
T1-RR-C3	0,2740	0,2862	1,772	0,0278	0,0343	0,3187	0,0000	0,0004	0,001
T2-RR-C3	0,3134	0,3023	1,928	0,0286	0,0382	0,3024	0,0000	0,0004	0,0008
T2-RR-C3	0,3174	0,3039	1,767	0,0232	0,031	0,3047	0,0000	0,0001	0,0007

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado, se presentan los datos recopilados como resultado de los diversos ensayos ejecutados en el capítulo anterior. Después de haber tabulado los datos se lleva a cabo una descripción y discusión del significado de los valores obtenidos para luego, empezar a orientar las conclusiones del proyecto.

4.1 Resultados

A continuación, se muestran tablas que presentan de manera resumida los datos obtenidos del ensayo en el que se determina la profundidad del color usando el espectrofotómetro, de igual forma, las tablas que resume los resultados de transmisión o bloqueo de radiación ultravioleta que son los promedios de los valores obtenidos de las mediciones de un grupo de muestras con las mismas características y aplicado para longitudes de onda de radiación UVA, UVB, UVC.

4.1.1 *Profundidad del color*

Los valores delta E, indican la diferencia que existe entre un color y otro, para este caso, se ha comparado la diferencia existente entre las probetas tinturadas con diferente colorante, para el caso del color rojo a una concentración de 0.5% el delta E resultante corresponde a 5.19 y de 10.34 como resultado de la tintura a un 3% de concentración, estos datos son evidenciados en la las tinturas de los dos tipos de colorante. Para los colores amarillo y azul el análisis se realiza de la misma forma, obteniendo valores superiores a 1.

Tabla 26, valores menores a uno indican que el cambio de color es imperceptible al ojo humano, para este caso los valores son superiores, representando una diferencia significativa

entre las tinturas de los dos tipos de colorante. Para los colores amarillo y azul el análisis se realiza de la misma forma, obteniendo valores superiores a 1.

Tabla 26

Delta E de colorantes directos y reactivos

Color	Concentración	Codificación	L	a	b	C	h	DE
Amarillo	0,5%	T1-DY-C1	79,92	10,00	73,31	73,99	82,23	17,39
		T1-RY-C1	76,34	18,63	58,64	61,52	72,37	
	1,5%	T1-DY-C2	75,36	20,56	81,81	84,36	75,89	16,42
		T1-RY-C2	68,79	31,89	71,90	78,66	66,08	
	3%	T1-DY-C3	73,45	24,88	84,61	88,19	73,61	18,97
		T1-RY-C3	64,28	38,15	74,62	83,81	62,92	
Azul	0,5%	T1-DB-C1	52,25	0,34	-26,11	26,11	270,74	7,12
		T1-RB-C1	57,55	-4,24	-24,85	25,21	260,33	
	1,5%	T1-DB-C2	38,97	3,63	-28,38	28,61	277,29	6,48
		T1-RB-C2	42,01	-1,97	-29,56	29,63	266,19	
	3%	T1-DB-C3	31,19	6,23	-27,48	28,17	282,78	7,65
		T1-RB-C3	34,92	0,26	-30,47	30,47	270,49	
Rojo	0,5%	T1-DR-C1	48,72	41,41	2,89	41,51	4,00	5,19
		T1-RR-C1	46,88	45,63	0,49	45,64	0,62	
	1,5%	T1-DR-C2	39,25	41,30	4,84	41,58	6,68	8,65
		T1-RR-C2	36,20	48,96	7,47	49,52	8,67	
	3%	T1-DR-C3	36,50	40,58	5,76	40,99	8,07	10,34
		T1-RR-C3	30,84	46,51	12,06	48,05	14,54	

Fuente: Autor

La tabla mostrada anteriormente contiene las coordenadas del espacio CIELab, la información se agrupa dependiendo del color, se subdivide por la concentración y el tipo de colorante, para que con los valores pueda calcularse el delta E existente en cada color.

4.1.2 Trasmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta a través de los tejidos

Los resultados muestran porcentajes de bloqueo para colorantes directos, aproximadamente de entre 92.27% y 98.86% para cuando se realizan mediciones a 0° de inclinación de la probeta con respecto a la sonda, en colorantes reactivos los valores van desde 94.20% y 98.32%. En la **Tabla 27** se muestran promedios de las lecturas de irradiancia (E) en el rango de 315nm y

400nm correspondientes a la radiación UVA y los porcentajes de bloqueo por parte de las muestras en diferentes concentraciones y colores.

Tabla 27

Promedio de irradiancia y porcentaje de bloqueo de radiación UVA

Parámetro	Concentración (0,5%)			Concentración (1,5%)			Concentración (3%)		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
E normal		12,50			24,50			14,50	
E (DY)	0,41	0,48	1,59	0,41	0,41	0,97	0,25	0,41	1,29
E (RY)	0,36	0,43	1,27	0,38	0,40	0,88	0,17	0,22	1,26
% Bloqueo DY	96,75	96,18	87,25	98,32	98,31	96,06	98,27	97,16	91,11
% Bloqueo RY	97,11	96,58	89,86	98,43	98,35	96,42	98,84	98,49	91,31
E normal		14,50			12,50			11,50	
E (DB)	1,12	1,24	1,62	0,51	0,57	1,35	0,37	0,39	1,71
E (RB)	0,84	0,93	1,41	0,36	0,38	1,02	0,23	0,36	1,56
% Bloqueo DB	92,27	91,43	88,44	95,89	95,43	89,20	96,75	96,63	85,15
% Bloqueo RB	94,20	93,61	90,27	97,10	96,96	91,86	98,02	96,89	86,43
E normal		14,75			19,50			14,50	
E (DR)	0,56	0,66	2,57	0,52	0,46	1,87	0,40	0,34	1,81
E (RR)	0,48	0,59	2,45	0,40	0,45	1,87	0,30	0,30	1,82
% Bloqueo DR	96,17	95,53	82,55	97,35	97,64	90,43	97,26	97,64	87,50
% Bloqueo RR	96,75	96,03	83,41	97,96	97,69	90,41	97,92	97,95	87,43

Nota: Las unidades de irradiancia se expresan en W/m²

Fuente: Autor

La **Tabla 27** en su primera fila presenta la cantidad de energía recibida por la sonda cuando no hay obstrucción en ella, luego la cantidad de irradiancia en presencia de un sustrato tinturado con colorante directo, reactivo y finalmente el porcentaje de bloqueo correspondiente a cada tipo de colorante.

Para este caso el rango medido por la sonda es de 280nm a 315nm, correspondiente a la radiación UVB, los porcentajes de bloqueo se sitúan aproximadamente entre 93.82% y 98.77%

para colorantes directos y 86.52% y 98.72 para colorantes reactivos, además la **Tabla 28** muestra los porcentajes de bloqueo cuando las mediciones son efectuadas a diferentes inclinaciones.

Tabla 28

Promedio de irradiancia y porcentaje de bloqueo de radiación UVB

Parámetro	Concentración (0,5%)			Concentración (1,5%)			Concentración (3%)		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
E normal		0,65			2,25			1,50	
E (DY)	0,03	0,03	0,21	0,07	0,03	0,11	0,02	0,03	0,14
E (RY)	0,02	0,02	0,18	0,04	0,02	0,11	0,02	0,02	0,10
% Bloqueo DY	95,50	95,3	67,01	97,10	98,87	95,07	98,40	97,85	90,66
% Bloqueo RY	96,59	96,69	72,41	98,03	99,02	95,24	98,77	98,42	93,34
E normal		0,95			0,95			0,95	
E (DB)	0,06	0,06	0,12	0,03	0,03	0,22	0,02	0,02	0,19
E (RB)	0,03	0,04	0,10	0,01	0,01	0,07	0,01	0,02	0,18
% Bloqueo DB	93,82	93,56	81,33	97,37	97,32	76,46	97,59	98,01	79,92
% Bloqueo RB	96,53	96,12	89,42	98,44	98,49	92,38	98,55	98,27	81,52
E normal		1,55			1,95			2,70	
E (DR)	0,04	0,04	0,28	0,03	0,03	0,34	0,03	0,05	0,31
E (RR)	0,03	0,03	0,25	0,03	0,03	0,32	0,03	0,03	0,31
% Bloqueo DR	97,62	97,37	82,08	98,64	98,66	82,66	99,00	98,23	88,40
% Bloqueo RR	97,77	97,76	83,77	98,61	98,70	83,58	99,02	98,72	88,57

Nota: Las unidades de irradiancia se expresan en W/m²

Fuente: Autor

La información presentada en la **Tabla 28** es semejante a la anterior, en la forma de organización y obtención de valores promedios, la diferencia radica en la longitud de onda con la que trabaja esta sonda para efectuar las mediciones.

Finalmente, la **Tabla 29** incorpora información sobre las lecturas en el rango de 220nm y 280nm, correspondiente a la radiación UVC, en este caso, el porcentaje de bloqueo para

colorante directo parte desde 90.67% y 91.56% para colorante reactivo, hasta un porcentaje de bloqueo del 100% para los dos casos.

Tabla 29

Promedio de irradiancia y porcentaje de bloqueo de radiación UVC

Parámetro	concentración (0,5%)			concentración (1,5%)			concentración (3%)		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
E normal	0,00450			0,00575			0,00750		
E (DY)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E (RY)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
% Bloqueo DY	100,00	97,04	84,44	100,00	100,00	90,14	100,00	98,67	94,22
% Bloqueo RY	100,00	98,52	84,44	100,00	97,10	87,25	92,44	97,33	94,22
E normal	0,00750			0,00550			0,00425		
E (DB)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E (RB)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
% Bloqueo DB	90,67	90,67	88,44	94,55	98,79	83,64	100,00	88,24	82,75
% Bloqueo RB	91,56	91,56	91,56	87,27	95,15	87,27	100,00	91,37	79,61
E normal	0,00			0,00			0,00		
E (DR)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E (RR)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
% Bloqueo DR	95,88	95,19	82,82	92,94	92,94	75,69	100,00	98,22	76,00
% Bloqueo RR	95,19	95,19	81,44	99,22	95,29	81,18	100,00	92,00	77,78

Nota: Las unidades de irradiancia se expresan en W/m²

Fuente: Autor

En el caso de la radiación UVC, es absorbida por la capa de ozono, la contaminación y el deterioro que de esta barrera protectora permite el paso de estas longitudes de onda, pero los valores medidos son muy bajos e intermitentes, ocasionando disparidad en los resultados de bloqueo de radiación ultravioleta.

4.2 Discusión de resultados

En esta sección se evalúa mediante software estadístico la variabilidad de los datos, como también la normalidad, que indica el nivel de confianza en función del p-normal. Para este análisis se usó el Past4 como herramienta de análisis estadístico. Finalmente, para el análisis de resultados, se presenta gráficos de barras para visibilizar de manera sencilla los porcentajes de bloqueo de radiación ultravioleta de un tipo de colorante en comparación a otro.

4.2.1 *Análisis de la varianza*

El análisis de la varianza, o también conocido como ANOVA es una herramienta de análisis estadístico que permite evaluar un grupo de datos, comparando las medias de dos o más muestras de alguna variable de interés que tengan en común, en este caso las tablas descritas a continuación fueron agrupadas con respecto al tipo de radiación, UVA, UVB y UVC para calcular el coeficiente de variación.

La **Tabla 30** agrupa en su primera columna las lecturas de radiación UVA, UVB y UVC para colorantes directos en un grupo de muestras tinturadas con el colorante antes mencionado a una concentración del 0,5%, la segunda columna mantiene la misma concentración con un tipo de colorante diferente, para las siguientes columnas se mantiene los dos tipos de colorante con variación de las concentraciones de 1.5 % y 3%, la norma indica que las lecturas deben hacerse a tres graduaciones diferentes, por lo que la información mostrada corresponde a mediciones efectuadas cuando el sustrato se encuentra a situado a cero grados respecto a la sonda, asemejándose este tipo de medición a la manera en la que se usan las prendas.

Tabla 30

Varianza de las lecturas de radiación UVA, UVB y UVC a 0° de inclinación

	Dir.-0,5%	React.-0,5%	Dir.-1,5%	React.-1,5%	Dir.-3%	React.-3%
N	27	27	27	27	27	27
Min	89,33	90,67	90,59	80	96,53	89,33
Max	100	100	100	100	100	100
Sum	2575,98	2597,09	2616,49	2624,83	2662,38	2646,95
Mean	95,41	96,19	96,91	97,22	98,61	98,04
Std. error	0,54	0,45	0,43	0,79	0,23	0,45
Variance	7,88	5,41	5,01	16,66	1,46	5,49
Stand. dev	2,81	2,33	2,24	4,08	1,21	2,34
Median	95,98	96,66	97,37	98,29	98,66	98,40
25 prcnil	93,64	94,61	96,10	97,65	97,56	97,98
75 prcnil	97,30	97,56	98,36	98,68	100,00	98,85
Skewness	-0,25	-0,56	-1,09	-3,35	-0,17	-2,72
Kurtosis	-0,40	0,41	1,45	12,58	-1,36	8,18
Geom.						
mean	95,37	96,16	96,88	97,13	98,60	98,01
Coeff. var	2,94	2,42	2,31	4,20	1,22	2,39

Fuente: Autor

El resultado del coeficiente de variación para colorantes directos al 3% de concentración, sugiere que los datos son homogéneos y no poseen altos índices de variabilidad, a diferencia del grupo de datos correspondiente al colorante reactivo, en donde existe una mayor variabilidad con respecto a la media. Los valores comprendidos entre 2 y 3 sugieren una variabilidad moderada.

En la **Tabla 31** se muestra información similar a la descrita anteriormente, a diferencia de la inclinación, en este caso esta se sitúa en 45° de inclinación del sustrato con relación a la orientación de la sonda de medición.

Tabla 31*Varianza de las lecturas de radiación UVA, UVB y UVC a 45° de inclinación*

	Dir.-0,5%	React.-0,5%	Dir.-1,5%	React.-1,5%	Dir.-3%	React.-3%
N	27	27	27	27	27	27
Min	89,33	90,67	90,59	90,91	85,88	89,33
Max	98,03	100	100	100	100	99,14
Sum	2559,22	2584,00	2634,26	2629,68	2622,26	2605,18
Mean	94,79	95,70	97,57	97,40	97,12	96,49
Std. error	0,47	0,41	0,42	0,38	0,67	0,58
Variance	5,91	4,44	4,84	3,93	12,09	9,20
Stand. dev	2,43	2,11	2,20	1,98	3,48	3,03
Median	95,56	95,99	98,18	98,20	98,21	97,33
25 prcentil	93,15	93,81	97,02	96,82	96,68	96,82
75 prcentil	96,48	97,51	98,92	98,58	99,07	98,44
Skewness	-0,66	-0,59	-1,60	-1,89	-2,25	-1,61
Kurtosis	-0,50	0,38	3,01	3,92	4,70	1,24
Geom. mean	94,76	95,68	97,54	97,38	97,06	96,44
Coeff. var	2,57	2,20	2,25	2,04	3,58	3,14

Fuente: Autor

En este caso los valores representan una variabilidad moderada que comprende entre 2,04 y 2,57 como resultado del coeficiente de variación, en el grupo de datos resultante de las probetas tinturadas a un 3% de concentración de colorante existe una variabilidad más alta. El valor de la varianza indica si existe una diferencia significativa entre los grupos de muestras, confirmando si una hipótesis tiene resultados positivos o negativos con relación a un conjunto de muestras que no posee un tratamiento.

Finalmente, en esta sección, la **Tabla 32** muestra la información referente al análisis de la varianza entre colorantes directos y reactivos a diferentes concentraciones, colores y una inclinación para realizar las mediciones de 90° de con respecto a la sonda.

Tabla 32

Varianza de las lecturas de radiación UVA, UVB y UVC a 90° de inclinación

	Dir.-0,5%	React.-0,5%	Dir.-1,5%	React.-1,5%	Dir.-3%	React.-3%
N	27	27	27	27	27	27
Min	64,90769	64,35	70,65	73,33	73,33	73,33
Max	90,7931	93,33	96,4	96,71	96	94,67
Sum	2270,96	2280,32	2338,53	2399,86	2335,98	2329,82
Mean	84,11	84,46	86,61	88,88	86,52	86,29
Std. error	1,34	1,15	1,42	1,10	1,16	1,08
Variance	48,81	35,59	54,22	32,89	36,25	31,33
Stand. dev	6,99	5,97	7,36	5,73	6,02	5,60
Median	85,00	84,44	88,59	90,26	87,45	87,78
25 prntil	82,22	81,97	81,82	84,35	81,12	81,33
75 prntil	89,63	89,33	93,04	92,88	91,34	90,83
Skewness	-1,65	-1,48	-0,44	-0,85	-0,50	-0,49
Kurtosis	2,42	3,90	-0,73	0,62	-0,56	-0,40
Geom. mean	83,80	84,24	86,30	88,70	86,31	86,11
Coeff. var	8,31	7,06	8,50	6,45	6,96	6,49

Fuente: Autor

La tabla de resultados evidencia coeficientes de variación mucho más altos en comparación a las anteriores, la causa de estos resultados puede deberse a la inclinación de la probeta con respecto a la sonda debido a que permite en paso de una mayor cantidad de radiación ultravioleta, el grupo de los colorantes directos a 1.5% de concentración es el que presenta un coeficiente de variación más alto.

4.2.2 Normalidad de los datos

La normalidad de los datos o también conocida como distribución de Gauss indica si los valores siguen o se asemejan a una distribución normal, de ser así, los datos se encuentran simétricamente alrededor de la media, asegurando que los valores atípicos no son frecuentes. Para verificar la normalidad de los datos existen distintas pruebas, como por ejemplo Shapiro-Wilk, Anderson-Darling o Jarque-Bera.

En la **Tabla 33** se muestra la normalidad de la información recopilada y organizada por columnas en función de la concentración de colorantes de los dos tipos utilizados.

Tabla 33

Normalidad de los datos (lecturas de radiación UVA y UVB a 0° de inclinación)

	Directos -0,5%	Reactivos -0,5%	Directos- 1,5%	Reactivos -1,5%	Directos- 3%	Reactivos -3%
N	18	18	18	18	18	18
Shapiro-Wilk W	0,9283	0,8627	0,9455	0,9198	0,9513	0,9566
p(normal)	0,1814	0,0135	0,3582	0,1285	0,4455	0,5375
Anderson-Darling						
A	0,5043	1,0530	0,4175	0,6282	0,3252	0,2874
p(normal)	0,1771	0,0068	0,2952	0,0856	0,4955	0,5788
p(Monte Carlo)	0,1834	0,0064	0,3102	0,0849	0,5096	0,6127
Lilliefors L	0,1849	0,2317	0,1416	0,1910	0,1197	0,1262
p(normal)	0,1006	0,0119	0,4336	0,0783	0,7017	0,6207
p(Monte Carlo)	0,1018	0,0118	0,4377	0,0772	0,6931	0,6176
Jarque-Bera JB	1,4480	3,2250	0,7114	1,4120	1,1570	1,0480
p(normal)	0,4849	0,1994	0,7007	0,4937	0,5607	0,5921
p(Monte Carlo)	0,2154	0,0572	0,5834	0,2240	0,3231	0,3741

Fuente: Autor

En la tabla se aprecia que los resultados de normalidad para las pruebas Shapiro-Wilk y Anderson-Darling no superan el p valor predefinido de 0.05, la cantidad de los datos o la forma en la que están agrupados puede incidir en el resultado, a diferencia de la prueba Jarque-Bera

que presenta valores superiores a 0.05 en todos los grupos, estos valores indican que existe un 95% de confiabilidad en los datos recopilados.

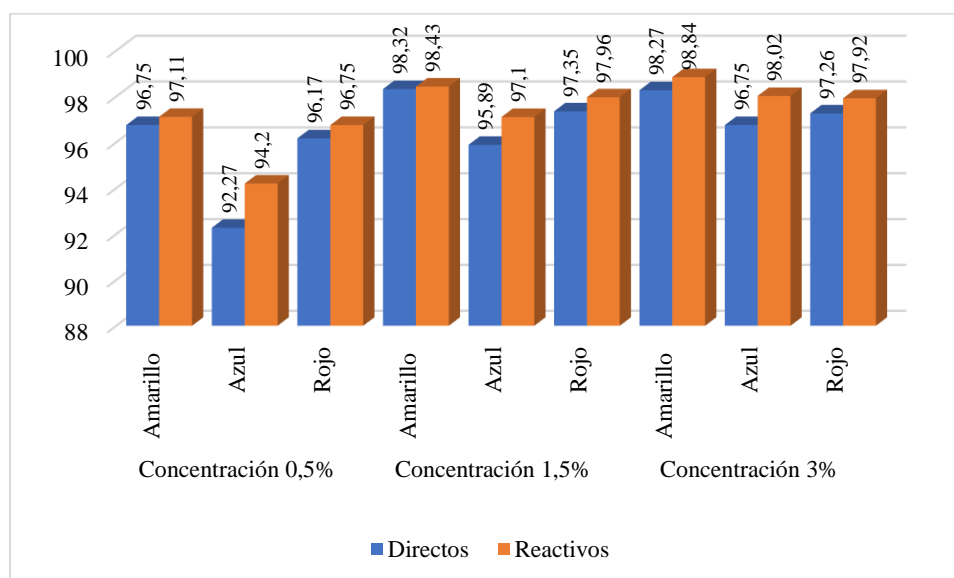
4.2.3 Análisis de resultados

En este apartado, los resultados conseguidos son transformados en gráficos que permitan ser comprendidos, la información está presente en las **Tabla 27**, **Tabla 28** y **Tabla 29**, correspondientes a radiación UVA, UVB, UVC respectivamente de los dos tipos de colorantes en los tres colores evaluados, los gráficos de barras permiten comparar el porcentaje de bloqueo correspondiente a colores directos en una columna y colorantes reactivos en otra.

El valor de radiación ultravioleta que logra bloquear el sustrato varía en función de la dirección a la que está orientada la sonda, en prendas de uso diario el sustrato se adapta al cuerpo, asemejándose a las lecturas realizadas a 0° de inclinación. En la **Figura 14** se muestran gráficos de barras, indicando los porcentajes de bloqueo que presentan las probetas a una inclinación de 0° frente a la radiación UVA.

Figura 14

Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVA (Medición 0°)



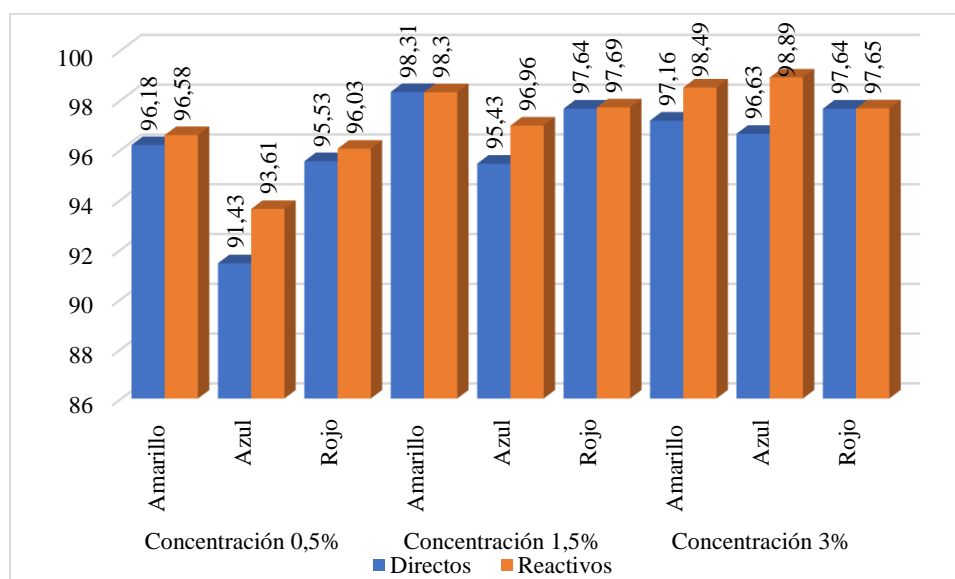
Fuente: (Autor)

En la figura se muestran los valores de bloqueo de probetas medidas a una inclinación de 0° con respecto a la sonda frente a la radiación UVA, representado en color azul los colorantes directos y en color naranja los colorantes reactivos, en concentraciones de 0.5%, 1.5% y 3%. Se obtuvo el valor de la diferencia existente entre el porcentaje de bloqueo de colorantes directos y reactivos en la misma concentración y color, para al final realizar un promedio de dichos resultados, logrando determinar el porcentaje de bloqueo que incrementa de un tipo de colorante a otro, los valores obtenidos son de 0.35% para el colorante amarillo, 1.47% para el colorante azul y 0.62% para el colorante rojo, siendo los valores de bloqueo eficientes para los colorantes reactivos y

La **Figura 15** muestra los valores de bloqueo de las probetas a una inclinación de 45° con respecto a la sonda frente a la radiación UVA, cuando mayor es la distancia entre la probeta y la sonda, el porcentaje de bloqueo disminuye, permitiendo que mayor cantidad de energía logre traspasar el sustrato.

Figura 15

Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVA (Medición 45°)



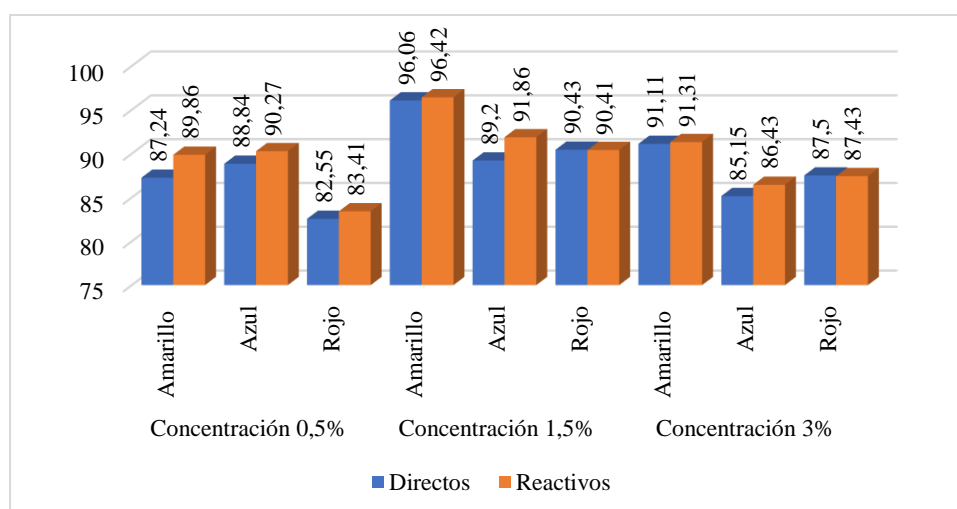
Fuente: (Autor)

El incremento en el porcentaje de bloqueo favorable para colorantes reactivos posee un promedio de 0.57% para el colorante amarillo, 1.99% para el colorante azul, 0.19% para el colorante rojo, siendo los valores de bloqueo eficientes para los colorantes reactivos. Para obtener los valores mencionados se ha replicado la misma acción descrita en la **Tabla 15**.

La **Figura 16** muestra los valores de bloqueo de las probetas a una inclinación de 90° respecto con la sonda frente a la radiación UVA.

Figura 16

Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVA (Medición 90°)



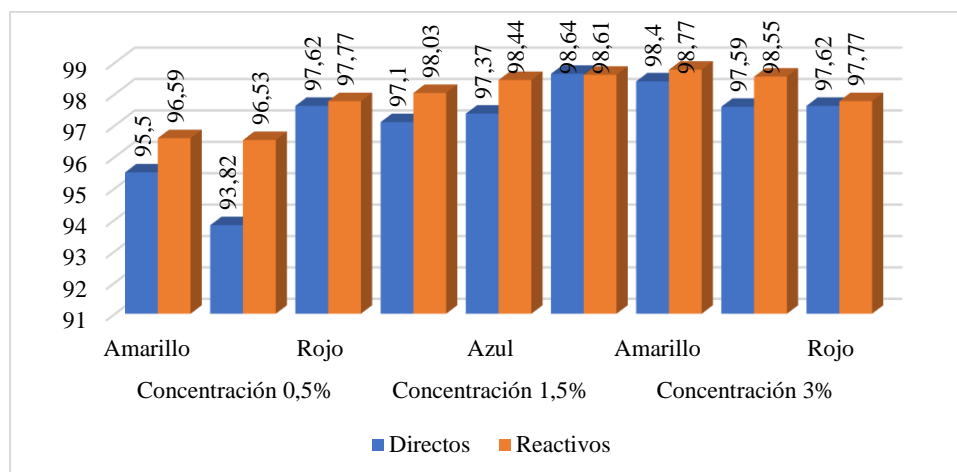
Fuente: (Autor)

El incremento en el porcentaje de bloqueo favorable para colorantes reactivos posee un promedio de 1.06% para el colorante amarillo, 1.79% para el colorante azul y 0.25% para el colorante rojo. Para obtener los valores mencionados se ha replicado la misma acción descrita en la **Figura 14**.

La **Figura 17** muestra los valores de bloqueo de las probetas a una inclinación de 0° con respecto a la sonda frente a la radiación UVB, la probeta tinturada en concentración de 0.5% en color azul con colorante directo presenta un valor de bloqueo situado en 93.82%, y color similar en colorante reactivo el valor promedio aproximado es de 96.53%, fácilmente se puede apreciar un incremento en el índice de bloqueo.

Figura 17

Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVB (Medición 0°)



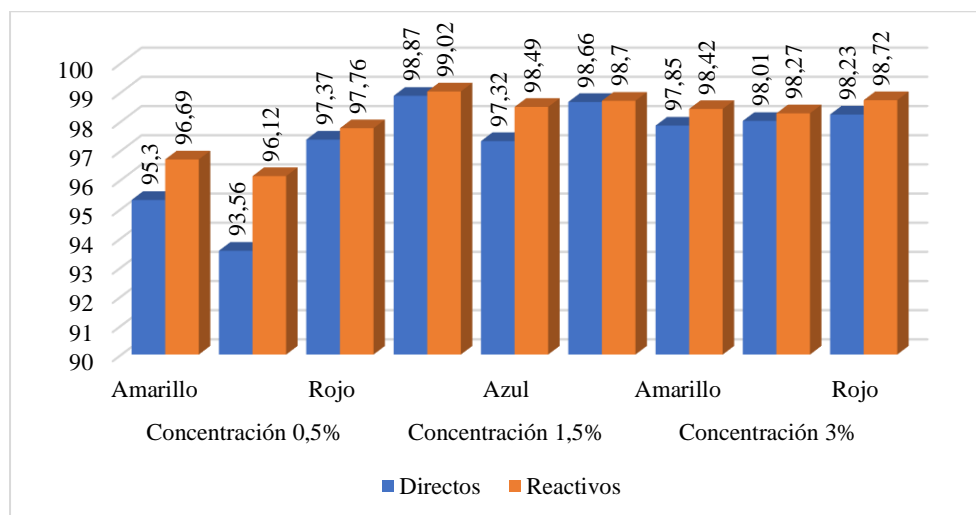
Fuente: (Autor)

El incremento en el porcentaje de bloqueo favorable para colorantes reactivos posee un promedio de 0.80% para el colorante amarillo, 1.58% para el colorante azul y 0.09% para el colorante rojo. Para obtener los valores mencionados se ha replicado la misma acción descrita en la **Figura 14**.

La **Figura 18** **Figura 15** muestra los valores de bloqueo de las muestras a una inclinación de 45° con respecto a la sonda frente a la radiación UVB.

Figura 18

Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVB (Medición 45°)



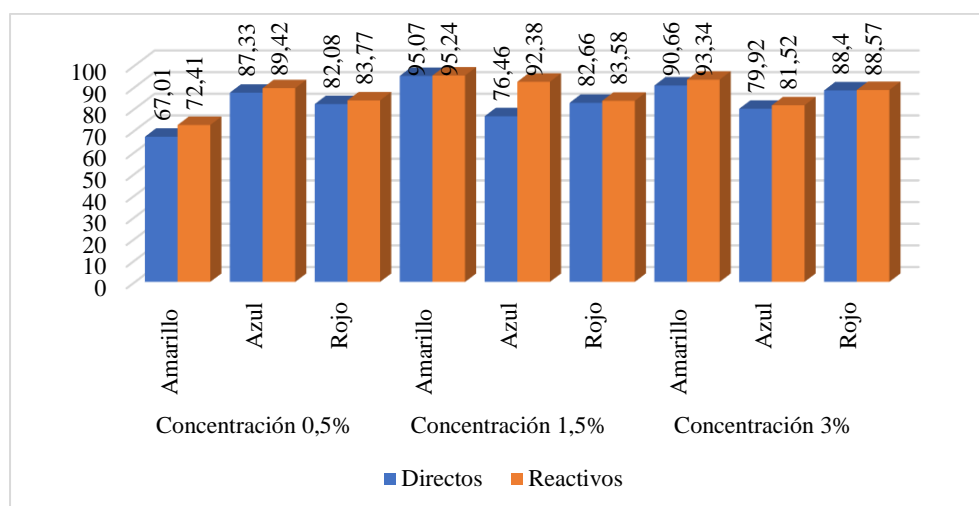
Fuente: (Autor)

El incremento en el porcentaje de bloqueo favorable para colorantes reactivos posee un promedio de 0.70% para el colorante amarillo, 1.34% para el colorante azul y 0.31% para el colorante rojo. Para obtener los valores mencionados se ha replicado la misma acción descrita en la **Figura 14**.

La **Figura 19** muestra los valores de bloqueo de las muestras a una inclinación de 90° con respecto a la sonda frente a la radiación UVB.

Figura 19

Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVB (Medición 90°)



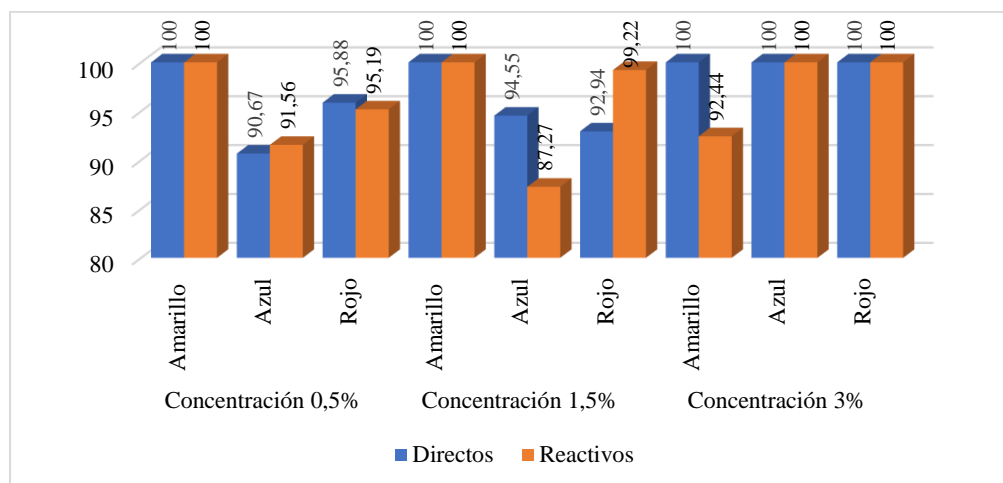
Fuente: (Autor)

El incremento en el porcentaje de bloqueo favorable para colorantes reactivos posee un promedio de 2.75% para el colorante amarillo, 6.54% para el colorante azul y 0.93% para el colorante rojo. Para obtener los valores mencionados se ha replicado la misma acción descrita en la **Figura 14**.

En el caso de la radiación UVC, debido al deterioro de la capa de ozono, existe el paso de este grupo de longitudes de onda, sin embargo, los valores son relativamente pequeños, la **Figura 20** muestra los valores de bloqueo de las muestras a una inclinación de 0° con respecto a la sonda frente a la radiación UVC. En la figura se muestra porcentajes de bloqueo del 100% debido a la mínima cantidad de irradiancia recibida por parte del equipo.

Figura 20

Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVC (Medición 0°)



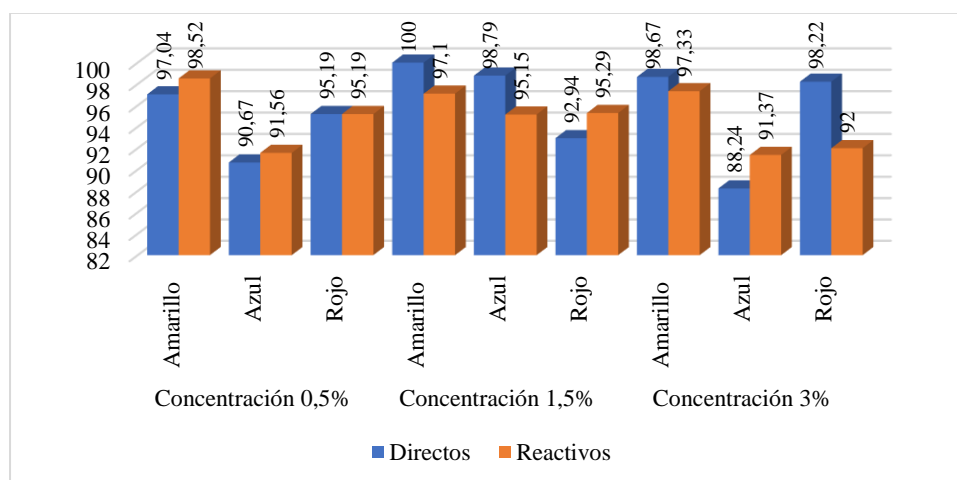
Fuente: (Autor)

En este caso los valores de irradiancia no se mantienen constantes, en consecuencia, las mediciones no poseen las mismas condiciones, y en la mayoría de los resultados el porcentaje se sitúa en el 100% de bloqueo.

En la mayoría de los casos, el colorante reactivo sitúa valores de bloqueo superiores con respecto al de colorante directo. La **Figura 21** muestra los valores registrados de las muestras a una inclinación de 45° con respecto a la sonda frente a la radiación UVC que posee longitudes de onda de entre 200nm y 280nm.

Figura 21

Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVC (Medición 45°)

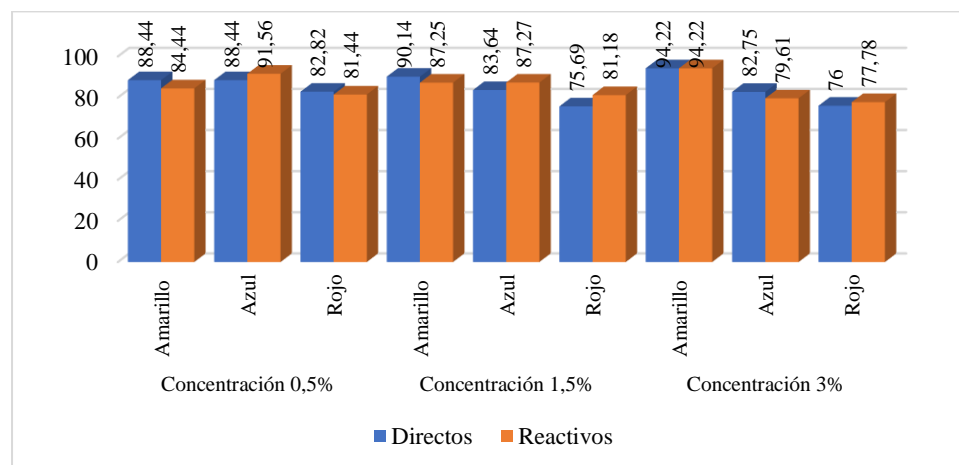


Fuente: (Autor)

Los valores registrados por el foto radiómetro oscilan entre 0.003 W/m^2 y 0.007 W/m^2 cuando la sonda está expuesta directamente al sol, la **Figura 22** muestra los valores de bloqueo de las probetas a una inclinación de 90° con respecto a la sonda frente a la radiación UVC.

Figura 22

Porcentajes de protección colorantes directos y reactivos UVC (Medición 90°)



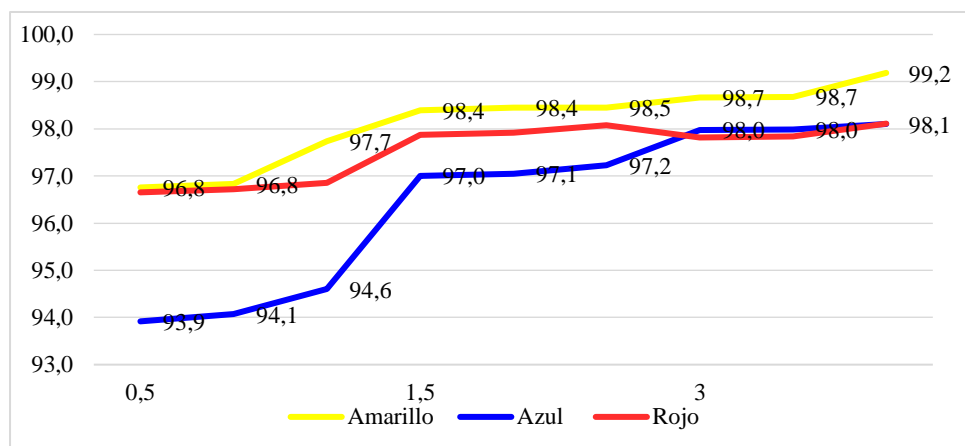
Fuente: (Autor)

Como se menciona en casos anteriores, la cantidad de irradiancia recibida por la sonda aumenta si el ángulo de inclinación de la probeta es mayor, debido al comportamiento de las superficies en las que impactan las longitudes de onda correspondientes a radiación UVC. La tendencia de anteriores casos se mantiene, en su mayoría, el porcentaje de bloqueo aportado por el colorante reactivo es mayor, situando el valor mínimo en 77% para este tipo de colorante y en el caso de colorante directo el porcentaje es de aproximadamente el 75%.

El porcentaje de colorante y los colores también son factores que influyen en el bloqueo de radiación ultravioleta (UV), para esta investigación se utiliza concentraciones de 0.5%, 1.5% y 3% , se observa que a medida que el porcentaje de colorante aumenta también lo hace el porcentaje de bloqueo de radiación UV, en caso del color, el bloqueo es mayor cuando la longitud de onda es amplia. A continuación, se muestra la **Figura 23** que detalla los porcentajes de bloqueo de radiación UV a medida que aumenta la concentración de colorante reactivo.

Figura 23

Porcentaje de bloqueo con relación a la concentración de colorante (Reactivo)



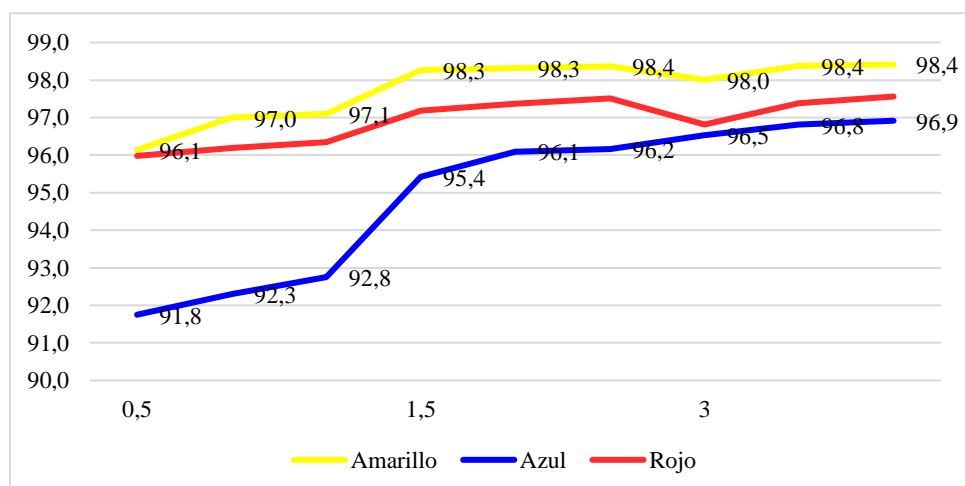
Fuente: (Autor)

La figura muestra los porcentajes de bloqueo para colores amarillo, azul y rojo a medida que la concentración de colorante aumenta, en este caso, el color amarillo presenta mayor índice de bloqueo de radiación UV, situando un valor de 96.8% para la concentración de 0.5% y un valor de 99.2% a una concentración del 3%.

Los porcentajes de bloqueo de radiación UV difieren juntamente con el tipo de colorante, en la **Figura 24** se muestran los resultados de colorantes directos.

Figura 24

Porcentaje de bloqueo con relación a la concentración de colorante (Directo)



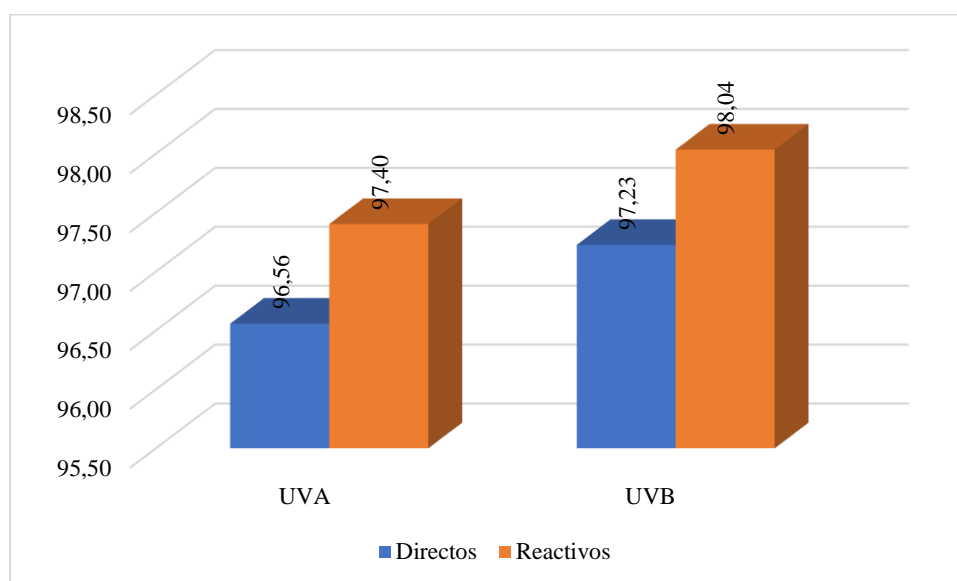
Fuente: (Autor)

En la figura anterior la tendencia es similar al caso de colorantes reactivos, a mayor concentración de colorante el porcentaje de bloqueo de radiación UV aumenta, manteniendo en el color amarillo índices de bloqueo más altos, 96.1% para una concentración del 0.5% y 98.4% para en 3% de colorante en la probeta.

Finalmente, la **Figura 25** presenta el porcentaje global de bloqueo de radiación UVA y UVB para colorantes directos y reactivos de mediciones a 0° de inclinación del tejido con respecto a la sonda.

Figura 25

Promedios generales de bloqueo de radiación UV para colorantes directos y reactivos



Fuente: (Autor)

El gráfico representa en barras de color azul los colorantes directos con un valor de 96,56% y 97,23 % de bloqueo en radiación UVA y UVB respectivamente, frente a los valores de 97,40% y 98,04 % representados en color naranja para colorantes reactivos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones y resultados obtenidos mediante la investigación, adicionalmente se mencionan algunas recomendaciones que encaminan el proyecto a contemplar nuevas variables que pudiesen afectar los resultados.

5.1 Conclusiones

Una vez terminada la recopilación de información necesaria referente al tema, se evidenció que existen artículos científicos que estudian la protección de los textiles en función de variables como: el tipo de fibra, densidad de tejidos, acabados de ennoblecimiento textil, que utilizan compuestos inorgánicos que, aportan bloqueo frente a la radiación solar, además se muestra información sobre protección proporcionada por los textiles tinturados con tintes y extractos de origen natural, sin embargo no se encontró un estudio centrado específicamente en los tipos de colorantes que se analizan en esta investigación. La información existente en bases de datos sirve como fuente sólida en la que se fundamenta la investigación, aportando credibilidad y validez del trabajo.

Se realizó la tintura por el método de agotamiento con colorantes reactivos Everzol y colorantes directos Everdirect, a las concentraciones de 0.5%, 1.5% y 3% a temperatura de 60°C para colorantes reactivos y 90°C para colorantes directos, se evaluó la profundidad del color en el espectrofotómetro textil usando el procedimiento detallado en la norma ISO 105 A06, pudiendo establecer, que las coordenadas de los colores para los dos tipos de colorante con la misma concentración no tuvieron los mismos resultados, para ello se evidencia la las tinturas de los dos tipos de colorante. Para los colores amarillo y azul el análisis se realiza de la misma forma, obteniendo valores superiores a 1.

Tabla 26, donde, se muestran los valores Delta E calculados en función de los datos arrojados por el espectrofotómetro.

Las mediciones con la sonda del instrumento se realizaron a tres graduaciones, con una diferencia de 45° con respecto a la lectura anterior, para la investigación las lecturas fueron efectuadas en ángulos de 0° , 45° y 90° (ángulo formado entre la sonda de medida y sustrato textil), las lecturas arrojadas cambian su valor en función de la inclinación (mayor ángulo de inclinación, menor porcentaje de bloqueo), el bloqueo solar aportado por los tejidos depende de esta característica, los textiles se utilizan para cubrir nuestro cuerpo, asemejándose al primer caso de medida, donde el sustrato se encuentra de forma paralela al instrumento, motivo por el cual, para esta investigación se presentó mayor interés en las mediciones efectuadas de esta manera.

Finalmente, se concluye que la tintura con colorantes reactivos aporta mayor índice de bloqueo de radiación ultravioleta, al evaluar los colores amarillo, azul, y rojo, se obtiene los siguientes resultados promedio para radiación UVA, para el colorante amarillo se tiene un valor de bloqueo de 0.66%, el colorante azul 1.75% y el colorante rojo 0.35%. Los resultados para el bloqueo UVB, para el colorante amarillo se tiene un valor de bloqueo de 1.42%, el colorante azul 3.15% y el colorante rojo 0.44%. De manera general, el porcentaje de bloqueo de radiación UVA del colorante directo es de 94,56%, frente a 97,40% de colorante reactivo, en el caso de radiación UVC el valor de 97,23 para colorante directo y 98,04% para colorante reactivo.

Según los resultados de radiación UVC, los valores de irradiancia son relativamente pequeños, debido a que este tipo de longitud de onda es absorbida por la ozonfera, la contaminación, el efecto de gases invernadero, calentamiento global, han ocasionado el deterioro del ozono estratosférico, esto hace que exista este tipo de radiación en mínimas cantidades.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar investigaciones adicionales que permitan explorar nuevas variables, como, por ejemplo, el método de aplicación del colorante y los tratamientos posteriores al teñido, dichos estudios permitirán tener una visión más clara de los parámetros a considerar al momento de elegir los insumos y poner en marcha la producción de un textil con fines orientados a la protección solar.

En esta investigación se evaluó un tejido jersey 100% algodón, se recomienda realizar estudios en otros tipos de tejidos y estructuras, ampliando las variables como, tipo de fibra, número de torsiones por metro del hilo, método de aplicación del colorante, tipos de acabados.

Se recomienda que, para el uso de auxiliares de tintura, colorantes, equipos de laboratorio y demás elementos que puedan presentar un riesgo para la salud humana, se maneje las especificaciones descritas en las fichas técnicas de producto proporcionadas por el fabricante, el respetar estos parámetros también asegura la veracidad de la información recopilada y analizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AATCC. (2014). *Transmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta ponderada eritemalmente a través de los tejidos*.
- Aguilera, J., de Gálvez, M. V., Sánchez-Roldán, C., & Herrera-Ceballos, E. (2014). New advances in protection against solar ultraviolet radiation in textiles for summer clothing. *Photochemistry and Photobiology*, 90(5), 1199–1206. <https://doi.org/10.1111/PHP.12292>
- Algaba, I. (2007). Protección ultravioleta proporcionada por los textiles: estudio de la influencia de las variables más significativas y aplicación de productos específicos para su mejora. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <https://www.tdx.cat/handle/10803/6493>
- Armijo, I., Aspillaga, C., Bustos, C., Calderón, A., Cortés, C., Fossa, P., Melipillan, R., Sánchez, A., & Vivanco, A. (2021). *Manual de Metodología de Investigación*. <https://psicologia.udd.cl/files/2021/04/Metodolog%C3%ADa-PsicologiaUDD-2-1.pdf>
- BBC, M. (2016, July 6). *¿Cuánto nos protege realmente la ropa del sol? - BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-36712277>
- Bhushan, S., & Alok, S. (2019). Handbook of Research Methodology. A compendium for scholars y researchers. *Educreation Publishing*, 9(1), 28. https://www.researchgate.net/publication/319207471_HANDBOOK_OF_RESEARCH_METHODODOLOGY
- Bonet-Aracil, M. Á., Díaz-García, P., Bou-Belda, E., Sebastiá, N., Montoro, A., & Rodrigo, R. (2016). UV protection from cotton fabrics dyed with different tea extracts. *Dyes and Pigments*, 134, 448–452. <https://doi.org/10.1016/J.DYEPIG.2016.07.045>
- Centro Nacional de Salud Ambiental. (2022, July 5). *UV Radiation | NCEH Environmental Health Features*. <https://www.cdc.gov/nceh/features/uv-radiation-safety/index.html>

- Código orgánico del ambiente. (2017). *Código orgánico del ambiente*. www.lexis.com.ec
- Color Química. (2018). *Ficha técnica de producto MARVACOL ATP HSP*.
- Čuden, A. P., & Urbas, R. (2023). Advances in ultraviolet (UV) ray blocking textiles. *Functional and Technical Textiles*, 213–273. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91593-9.00013-4>
- Everlight Chemical. (n.d.). *Everzol*.
- Everlight Chemical. (2019, May 3). *Everzol® | Colorantes Everlight*. <https://everlight-ccbu.com/en/products/textile/reactive-dyes/everzol/>
- Farias, G. (2018, February 28). *Fibras textiles naturales vegetales*. <https://gabrielfariasiribarren.com/fibras-textiles-naturales-vegetales/>
- Felipe, B. H. S., Cabral, R. L. B., Ladchumananandasivam, R., Zille, A., Kim, S., Fechine, P. B. A., & Nascimento, J. H. O. (2022). Nanocoating on cotton fabric with nitrogen-doped graphene quantum dots/titanium dioxide/PVA: an erythematous UV protection and photoluminescent finishing. *Journal of Materials Research and Technology*, 18, 2435–2450. <https://doi.org/10.1016/J.JMRT.2022.03.078>
- GHM Group. (n.d.). *Operating manual Photo-radiometers*. www.deltaohm.com
- Gies, P., & Wright, J. (2003). Measured Solar Ultraviolet Radiation Exposures of Outdoor Workers in Queensland in the Building and Construction Industry¶. *Photochemistry and Photobiology*, 78(4), 342. [https://doi.org/10.1562/0031-8655\(2003\)078<0342:msureo>2.0.co;2](https://doi.org/10.1562/0031-8655(2003)078<0342:msureo>2.0.co;2)
- Grifoni, D., Bacci, L., di Lonardo, S., Pinelli, P., Scardigli, A., Camilli, F., Sabatini, F., Zipoli, G., & Romani, A. (2014). UV protective properties of cotton and flax fabrics dyed with

multifunctional plant extracts. *Dyes and Pigments*, 105, 89–96.
<https://doi.org/10.1016/J.DYEPIG.2014.01.027>

Grifoni, D., Betti, G., Bogi, A., Bramanti, L., Chiarugi, A., Gozzini, B., Morabito, M., Picciolo, F., Sabatini, F., & Miligi, L. (2022). Protective Measures From Solar Ultraviolet Radiation for Beach Lifeguards in Tuscany (Italy): Shade and Clothing Strategies. *Safety and Health at Work*. <https://doi.org/10.1016/J.SHAW.2022.08.009>

Hoque, M. S., Hossain, M. J., Rahman, M. M., & Rashid, M. M. (2022). Fiber types and fabric structures influence on weft knitted fabrics. *Heliyon*, 8(6), e09605.
<https://doi.org/10.1016/J.HELİYON.2022.E09605>

Huang, Z. (2016, October 10). ¿Qué son Colorantes Directos? .
<https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-son-colorantes-directos-zoe-huang/>

Instituto de Astrofísica de Canarias. (2019, October 3). *Espectroradiómetro | Instituto de Astrofísica de Canarias • IAC*. <https://www.iac.es/es/ciencia-y-tecnologia/tecnologia/medios-tecnicos/espectroradiometro>

ISO. (1995). *ISO_105-A06_1995(en)*.

Juki Club. (2021, January 27). *5 consejos para trabajar con Knits - Juki Club*.
<https://www.jukiclub.com/5-tips-for-working-with-knits/>

Kocić, A., Bizjak, M., Popović, D., Poparić, G. B., & Stanković, S. B. (2019). UV protection afforded by textile fabrics made of natural and regenerated cellulose fibres. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1229–1237. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.355>

Konica Minolta. (2015, July 1). ¿Cuál es la diferencia entre radiómetros, espectrofotómetros y espectroradiómetros? - *Konica Minolta Sensing*.

<https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/cual-es-la-diferencia-entre-radiometros-espectrofotometros-y-espectroradiometros/>

Latorre, A. (2020, October 9). *¿Por qué algodón ecológico?* <https://albalatorre.es/por-que-algodon-ecologico/>

Legislativo, D. (2008). Constitución de la República del Ecuador. In *Registro Oficial* (Vol. 449, Issue 20). www.lexis.com.ec

Levy, S. B. (2012). Sunscreens. *Comprehensive Dermatologic Drug Therapy: Expert Consult - Online and Print*, 551–561. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-2003-7.00046-7>

Lockuán, F. (2012). *V.+La+industria+textil+y+su+control+de+calidad (1)*.

McKee, P. J., Sokolow, A. C., Yu, J. H., Long, L. L., & Wetzel, E. D. (2017). Finite element simulation of ballistic impact on single jersey knit fabric. *Composite Structures*, 162, 98–107. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSTRUCT.2016.11.086>

Miralles, V. (2017). *Estudio de la cinética de tintura de fibras de algodón con colorantes naturales MEMORIA PRESENTADA POR: Verónica Miralles Doménech.* <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/95203/MIRALLES%20-%20ESTUDIO%20DE%20LA%20CINETICA%20DE%20TINTURA%20DE%20FIBRAS%20DE%20ALGOD%C3%93N%20CON%20COLORANTES%20NATURALES.pdf?sequence=1>

Montenegro, A. (2020, November 9). *Los colorantes directos y su aplicación.* <https://montesac.com/los-colorantes-directos-y-su-aplicacion/>

Novasyn. (2017). *NOVASYN® Colorantes Directos.* www.colorquimica.com.co

Pereira, M. J. (2022, December 16). *¿Cuánto protege la ropa común de la radiación UV?*

<https://www.pauta.cl/factchecking/el-contestadog/cuanto-protege-la-ropa-comun-de-la-radiacion-uv>

Piñan, M. (2023). *Análisis comparativo de la tintura de un tejido plano 100% abacá y 100% cabuya con colorantes reactivos everzol en tonos oscuros mediante el método de agotamiento*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13633>

Rapid. (2013). *IR DYER Laboratorio Máquina de teñido de tipo infrarrojo*. http://trrapid.com/ProductDetail/en-US/2053/iR_DYER_Laboratory_infra_Red_Type_Dyeing_Machine.aspx

Universidad Técnica del Norte. (2021). *Reglamento de la investigación de la Universidad Técnica del Norte*. <https://legislacion.utn.edu.ec/wp-content/uploads/2021/09/Reglamento-de-investigacion.pdf>

Vega, Z. (2018). *Estudio técnico del nivel de degradación del color a la luz UV en las fibras de bambú y algodón*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7912>

X-Rite. (2023). *Color i5 Product Support*. <https://www.xrite.com/es/service-support/product-support/benchttop-spectrophotometers/color-i5>

Yépez, K. (2019). *Determinación de las mejores condiciones de reproducibilidad de tintura con colorantes reactivos en algodón 100%*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20382/1/T-UCE-0017-IQU-078.pdf>

ANEXOS

Anexo A

Disolución y método de tintura de colorantes reactivos



(2) Dissolving of dyes :

Everzol dyes are highly soluble in water. To completely dissolve in water pasted the Everzol dyes are with a small amount of warm water (40-50°C) with thorough stirring. Then hot water (80-90°C) to the paste and mix thoroughly.

When a particularly higher concentration of dye solution is required, it may be necessary to add a small amount of urea into the dye solution in order to improve the solubility of the dyestuffs.

(3) Dyeing methods :

Various kind of dyeing methods can be applied depending upon the type and form of substrate to be dyed, and the kind of dyeing machines. For example : In yarn dyeing, it is suitable to use the Package, Cheese or Hank dyeing machine. On the other hand, in piece dyeing, it is suitable to use Winch, Jet, Jigger or continuous dyeing machines.

(4) Salt and alkali requirement of Everzol dyes :

Dyestuff Depth of shade	Glauber's Salt or Common Salt (g/L)		Alkali			Fixation Time (min)
	Unmercerized Cotton	Mercerized Cotton Viscose rayon	Soda ash (g/l)	Soda ash + Caustic soda (g/l) (38°B'e ml/l)	Na ₂ PO ₄ (g/l)	
Below 0.5%	20	10	10	5 + 0.5	6	30
0.5%~1.0%	30	20	15	5 + 0.5	6	45
1.0%~2.0%	40	30	20	5 + 1.0	8	60
2.0%~3.0%	50	40	20	5 + 1.0	8	60
3.0%~4.0%	60	50	20	5 + 1.0	8	60
4.0%~5.0%	70	60	20	5 + 1.0	10	60
5.0%~6.0%	80	70	20	5 + 2.0	10	60
Above 6.0%	80	70	20	5 + 2.0	10	90

Remark : (1) When dyeing with Everzol Turquoise Blue G and Blue R s/p, Blue BRF 150% and Blue LX, only Glauber's salt is recommended.

(2) Dyeing with Everzol Blue R s/p, the amount of Glauber's salt should not exceed 50 g/L.

(3) Caustic soda conc. 38° B'e (liquid form)

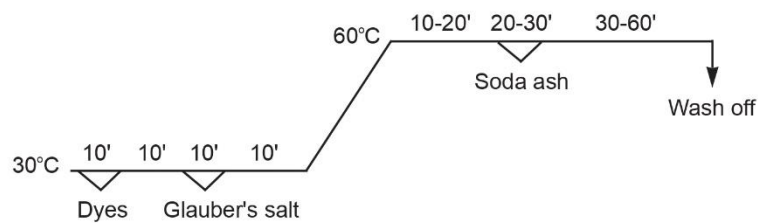


(5) Wasing on winch or Jet dyeing machine :

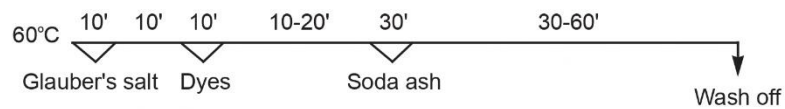
Bath	Temp.(°C)	Time(min)	Function
1	30-50	10-15	cold rinsing or over-flow rinsing
2	30-50	10-15	neutralizing
3	60-70	10-15	warm rinsing
4	80-98	10-15	hot rinsing
5	98	10-15	soaping
6	60-70	10-15	warm rinsing
7	30-50	10-15	cold rinsing

3. Exhaust dyeing :

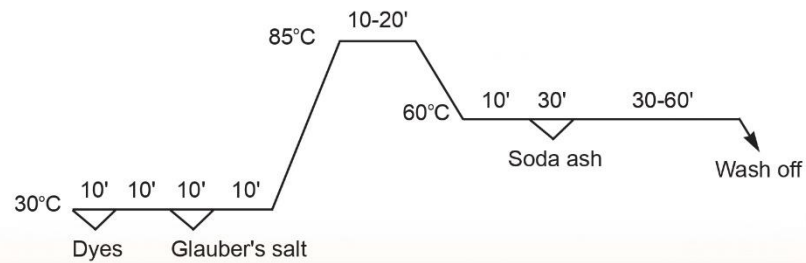
(1) General method : Temperature rise method :

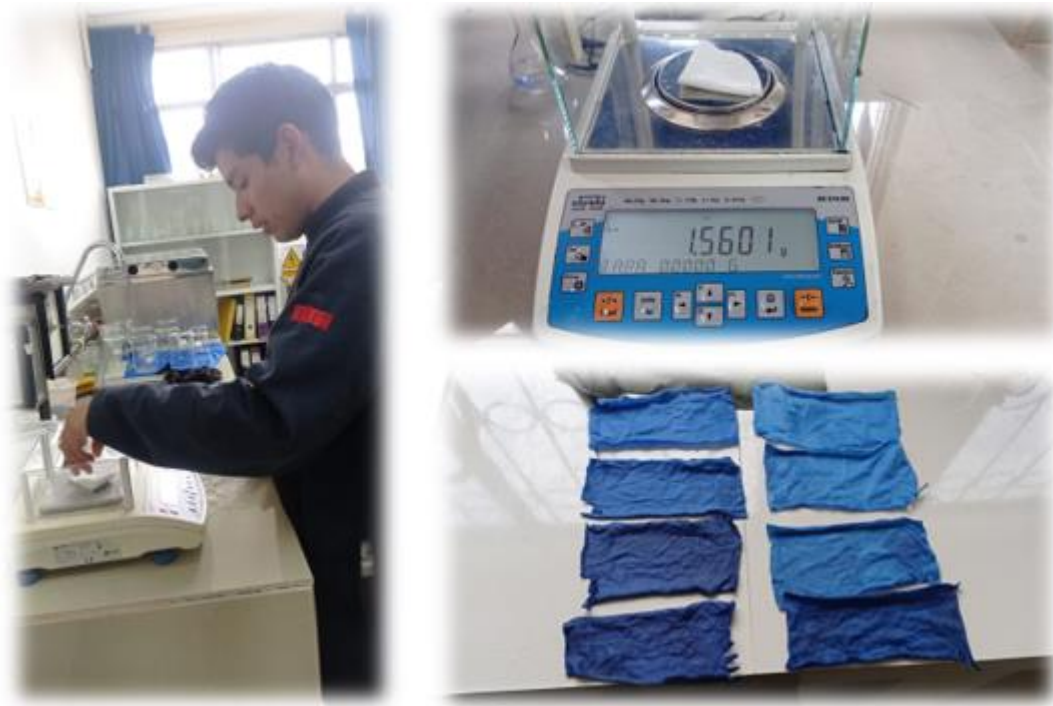


(2) Isothermol dyeing method :



(3) Migration dyeing method :



Anexo B*Realización de probetas***Anexo C***Medición de la radiación y sondas UVA, UVB, UVC*

Anexo D

Norma AATCC 183-2014: Trasmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta ponderada eritemalmente a través de los tejidos

Método de prueba AATCC 183-2014

Transmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta ponderada eritemalmente a través de los tejidos

Desarrollado en 1998 por el Comité AATCC RA106; reafirmado 1999, 2000; revisado 2004, 2010, 2014.

1. Propósito y alcance

1.1 Este método de prueba estándar se utiliza para determinar la radiación ultravioleta bloqueada o transmitida por telas textiles destinadas a ser utilizadas para la protección UV.

1.2 Este método proporciona procedimientos para medir esta propiedad de tejido con muestras en estado seco o húmedo.

1.3 El etiquetado de productos con protección UV (valor UPF) se especifica en ASTM D6603, Guía estándar para etiquetado de textiles con protección UV. Consulte el Apéndice B de TM 183 para obtener un resumen de la metodología.

2. Principio

2.1 La transmisión de radiación ultravioleta (UV-R) a través de una muestra se mide en un espectrofotómetro o espectroradiómetro a intervalos de longitud de onda conocidos.

2.1.1 El factor de protección ultravioleta (UPF) se calcula como la relación de la irradiación de la radiación ultravioleta ponderada eritemalmente (UV-R) en el detector sin muestra a la irradiación UV-R ponderada eritemalmente en el detector con una muestra presente.

2.1.2 La irradiación UV-R ponderada eritemalmente en el detector sin muestra presente es igual a la suma entre los intervalos de longitud de onda de la irradiancia espectral medida multiplicada por la efectividad espectral relativa para los espectros de acción eritemática relevantes por la función de ponderación UV-R de la función espectro de radiación solar apropiado multiplicado por el intervalo de longitud de onda apropiado.

2.1.3 La irradiancia UV-R ponderada eritemalmente en el detector con una muestra presente es igual a la suma entre los intervalos de longitud de onda de la irradiancia espectral medida multiplicada por la efectividad espectral relativa para el espectro de acción eritema relevante multiplicado por la transmitancia espectral para la muestra multiplicada por intervalo de longitud de onda.

2.1.4 También se calcula el porcentaje de bloqueo de la radiación UVA y UVB.

3. Terminología

3.1 eritema, n. °: enrojecimiento anormal de la piel (quemaduras solares) debido a congestión capilar (como en la inflamación).

3.2 por ciento de bloqueo UV, n. — 100 menos la transmisión UV.

3.3 factor de protección ultravioleta (UPF), n. — la relación entre la irradiancia efectiva promedio de la radiación ultravioleta (UV-R) transmitida y calculada a través del aire a la irradiancia efectiva promedio de UV-R

transmitido y calculado a través de la tela.

3.4 radiación ultravioleta, n. — energía radiante para la cual las longitudes de onda de los componentes monocromáticos son más pequeñas que las de la radiación visible y más de aproximadamente 100 nm.

NOTA: Los límites del rango espectral de la radiación ultravioleta no están bien definidos y pueden variar según el usuario. El Comité E-2.1.2 de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) (ver 15.4) distingue en el rango espectral entre 400 y 100 nm:

UV-A 315-400 nm

UV-B 280-315 nm

UV-R 280-400 nm

4. Precauciones de seguridad

NOTA: Estas precauciones de seguridad son solo para fines informativos. Las precauciones son auxiliares a los procedimientos de prueba y no están destinadas a ser exhaustivas. Es responsabilidad del usuario utilizar técnicas seguras y adecuadas en el manejo de materiales en este método de prueba. Los fabricantes DEBEN ser consultados sobre detalles específicos como hojas de datos de seguridad de materiales y otras recomendaciones del fabricante. Todas las normas y reglas de OSHA también deben ser consultadas y seguidas.

4.1 Bajo ninguna circunstancia, no mire directamente a los equipos y materiales que puedan aumentar la intensidad de la fuente de luz, como los espejos.

4.2 Se deben seguir las buenas prácticas de laboratorio. Use lentes de seguridad recetados en todas las áreas de laboratorio.

5. Usos y limitaciones

5.1 Este método también se puede utilizar para determinar el UPF de telas en un estado estirado. Sin embargo, las técnicas para estirar las muestras no son parte de este método y se abordan en un procedimiento de prueba separado. Cabe señalar que estirar las muestras podría cambiar las propiedades de UPF.

6. Aparatos y materiales

6.1 Un espectrofotómetro o espectralradiómetro equipado con una esfera de integración (ver 15.1 y, para una descripción más completa de un instrumento, Apéndice A).

6.2 Como indizado en los catálogos: Filtro, Schott Glass UG11 (ver 15.2).

6.3 Envoltura de plástico transparente para alimentos para usar con muestras húmedas (cloruro de polivinilideno o película de cloruro de polivinilo).

6.4 Papel secante blanco para textiles AATCC (ver 15.5).

7. Verificación y calibración del instrumento.

7.1 Calibración. Calibre el espectrofotómetro o el espectralradiómetro de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se recomienda el uso de estándares físicos para validar la medición de transmitancia espectral.

7.1.1 Al ejecutar una muestra húmeda, coloque la envoltura de plástico sobre el puerto y repita la calibración.

7.2 Escala de longitud de onda. Calibre la escala de longitud de onda del espectrofotómetro o espectrorradiómetro utilizando las líneas de emisión espectral de una descarga eléctrica en vapor de mercurio. La calibración de la longitud de onda de un espectrofotómetro se puede realizar utilizando los espectros de absorción de un filtro de vidrio de óxido de holmio. Las longitudes de onda de referencia tanto para la emisión de arco de mercurio como para la absorción de óxido de holmio se proporcionan en ASTM E275, Práctica estándar para describir y medir el rendimiento de los espectrofotómetros de infrarrojo cercano, visible y ultravioleta.

7.2.1 Escala de transmitancia. Ajuste la escala de transmitancia a un valor del 100% operando el instrumento sin una muestra en el camino óptico; por lo tanto, referenciado al aire. El valor de 0% puede verificarse posteriormente obstruyendo completamente la trayectoria del haz de muestra con un material opaco. Valide la linealidad de la escala de transmitancia por medio de filtros de densidad neutra calibrados o pantallas perforadas calibradas suministradas por el fabricante del instrumento o laboratorios de estandarización.

8. Muestras

8.1 Pruebe un mínimo de dos (2) muestras de cada muestra para las pruebas húmedas y secas. Corte cada muestra al menos 50 × 50 mm (2.0 × 2.0 in.) O 50 mm (2.0 in.) De diámetro. Evite distorsionar la muestra durante la preparación y manipulación.

8.1.1 Si la tela tiene áreas de diferentes colores o estructura, pruebe cada color o estructura si su tamaño es suficiente para cubrir el puerto de medición.

8.2 Ver Apéndice A5 para muestras que exhiben fluorescencia.

9. Acondicionamiento

9.1 Para muestras secas.

9.1.1 Antes de la prueba, preacondicione y acondicione las muestras de prueba como se indica en ASTM D1776, Práctica estándar para acondicionamiento y prueba de textiles. Condicione cada espécimen durante al menos 4 h en una atmósfera de 21 ± 1 ° C (70 ± 2 ° F) y $65 \pm 2\%$ HR colocando cada espécimen de prueba por separado en un estante perforado o estante de acondicionamiento.

10. Procedimiento

10.1 Evaluación en seco.

10.1.1 Coloque la muestra al ras contra la abertura del puerto de transmisión de muestra en la esfera.

10.1.2 Realice una medición de transmisión UV con el espécimen orientado en una dirección, una segunda medición a 0.79 rad (45 °) a la primera y una tercera a 0.79 rad (45 °) a la segunda. Registre las mediciones individuales.

10.1.3 En muestras multicolores, determine el área de mayor transmisión UV y realice las tres mediciones en esa área.

10.2 Evaluación húmeda

10.2.1 Pesar la muestra de prueba. Humedezca completamente la muestra en agua destilada colocándola plana en el fondo de un vaso de precipitados y luego vierta agua destilada en el vaso de precipitados hasta que la muestra esté cubierta.

Permita que la muestra permanezca sumergida durante 30 minutos. Presione y mueva la muestra de vez en cuando para asegurar una penetración buena y uniforme. Prepare solo una muestra a la vez.

10.2.2 Lleve la recolección húmeda a $140 \pm 5\%$ apretando la muestra húmeda entre papel secante (vea 6.4) a través de un escurridor manual o un medio conveniente similar (como apretar entre dos varillas de vidrio). Si la tela tiene baja absorción de humedad, repita los pasos de remojo y escurrimiento. Tenga en cuenta que algunas muestras pueden no ser capaces de lograr la recogida húmeda especificada, como telas sintéticas muy tejidas. Se pueden usar otros valores de recolección húmeda según lo acordado entre las partes.

10.2.3 Use una envoltura de plástico sobre el puerto de visualización para proteger el instrumento del agua.

10.2.4 Continuar como se indica en 10.1. Evite la reducción por evaporación del contenido de humedad por debajo del nivel especificado antes de realizar las mediciones de transmisión UV reales.

11. Cálculos

11.1 Calcule la transmitancia espectral promedio para las tres mediciones en cada muestra.

11.2 Calcule el factor de protección ultravioleta (UPF) de cada muestra utilizando

Ecuación 1:

$$\text{UPF} = \frac{\sum_{280 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times \Delta\lambda}{\sum_{280 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times T_{\lambda} \times \Delta\lambda} \quad (1)$$

dónde:

E_{λ} = efectividad espectral eritema relativa (ver Tabla I)

S_{λ} = irradiancia espectral solar (ver Tabla II)

T_{λ} = transmitancia espectral promedio de la muestra (medida)

$\Delta\lambda$ = intervalo de longitud de onda medida (nm)

NOTA: Aunque la integración se indica desde 280 nm a las longitudes de onda establecidas, se producirá poca o ninguna contribución en la región de 280-290 nm.

11.3 Calcule la transmitancia ultravioleta media del rango A (UV-A) usando

Ecuación 2:

$$T(\text{UV-A})_{AV} = \frac{\sum_{315 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} T_{\lambda} \times \Delta\lambda}{\sum_{315 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} \Delta\lambda} \quad (2)$$

11.4 Calcule la transmitancia ultravioleta (UV – B) de rango B promedio usando

Ecuación 3:

$$T(\text{UV-B})_{AV} = \frac{\sum_{280 \text{ nm}}^{315 \text{ nm}} T_{\lambda} \times \Delta\lambda}{\sum_{280 \text{ nm}} \Delta\lambda} \quad (3)$$

11.5 Calcule el porcentaje de bloqueo para UV-A y para UV-B usando la Ecuación 4 y la Ecuación 5:

$$= 100\% - T(\text{UV-A}) \quad (4)$$

$$= 100\% - T(\text{UV-B}) \quad (5)$$

dónde:

T (UV-A) o T (UV-B) se expresa como un porcentaje.

Tabla I: Función de efectividad eritemal relativa (E_λ) a

nm	response	nm	response	nm	response
280	1.00e+00	320	8.55e-03	360	4.84e-04
282	1.00e+00	322	5.55e-03	362	4.52e-04
284	1.00e+00	324	3.60e-03	364	4.22e-04
286	1.00e+00	326	2.33e-03	366	3.94e-04
288	1.00e+00	328	1.51e-03	368	3.67e-04
290	1.00e+00	330	1.36e-03	370	3.43e-04
292	1.00e+00	332	1.27e-03	372	3.20e-04
294	1.00e+00	334	1.19e-03	374	2.99e-04
296	1.00e+00	336	1.11e-03	376	2.79e-04
298	1.00e+00	338	1.04e-03	378	2.60e-04
300	6.49e-01	340	9.66e-04	380	2.43e-04
302	4.21e-01	342	9.02e-04	382	2.26e-04
304	2.73e-01	344	8.41e-04	384	2.11e-04
306	1.77e-01	346	7.85e-04	386	1.97e-04
308	1.15e-01	348	7.33e-04	388	1.84e-04
310	7.45e-02	350	6.84e-04	390	1.72e-04
312	4.83e-02	352	6.38e-04	392	1.60e-04
314	3.13e-02	354	5.96e-04	394	1.50e-04
316	2.03e-02	356	5.56e-04	396	1.40e-04
318	1.32e-02	358	5.19e-04	398	1.30e-04
				400	1.22e-04

Nota: Los intervalos en la Tabla I están en 2 nm. Para datos de transmisión UV de 5 nm, utilice los datos interpolados entre los que terminan en un "4" y un "6".

^a Publicación CIE 106/4 disponible del Comité Nacional CIE de EE. UU., C / o TLA-Lighting Consultants Inc., 7 Pond St., Salem, MA 01970.

Tabla II — Irradiancia espectral solar del mediodía, 3 de julio, luz solar, Albuquerque, NM (S_λ)^a

nm	W/cm ² /nm	nm	W/cm ² /nm	nm	W/cm ² /nm
280	4.12e-11	320	3.14e-05	360	5.64e-05
282	2.37e-11	322	3.32e-05	362	6.00e-05
284	3.14e-11	324	3.61e-05	364	6.48e-05
286	4.06e-11	326	4.45e-05	366	7.18e-05
288	6.47e-11	328	5.01e-05	368	7.62e-05
290	3.09e-10	330	5.32e-05	370	7.66e-05
292	2.85e-09	332	5.33e-05	372	7.50e-05
294	2.92e-08	334	5.23e-05	374	6.61e-05
296	1.28e-07	336	5.04e-05	376	6.66e-05
298	3.37e-07	338	4.99e-05	378	7.46e-05
300	8.64e-07	340	5.39e-05	380	7.54e-05
302	2.36e-06	342	5.59e-05	382	6.42e-05
304	4.35e-06	344	5.35e-05	384	5.85e-05
306	7.19e-06	346	5.34e-05	386	6.26e-05
308	9.68e-06	348	5.37e-05	388	6.72e-05
310	1.34e-05	350	5.59e-05	390	7.57e-05
312	1.75e-05	352	5.89e-05	392	7.16e-05
314	2.13e-05	354	6.13e-05	394	6.55e-05
316	2.43e-05	356	6.06e-05	396	6.81e-05
318	2.79e-05	358	5.38e-05	398	8.01e-05
				400	1.01e-04

Nota: Los intervalos en la Tabla II están en 2 nm. Para datos de transmisión UV de 5 nm, utilice los datos interpolados entre los que terminan en un "4" y un "6".

^a Sayre, R. M., et al., "Comparación espectral de simuladores solares y luz solar", Photodermatol Photoimmunol. Photomed., 7, 159-165 (1990).

12. Informe

12.1 Informe lo siguiente por identificación de muestra:

12.1.1 El factor de protección ultravioleta,

UPF

12.1.2 La transmitancia UV-A, T (UVA)

12.1.3 La transmitancia UV-B, T (UVB)

12.1.4 El porcentaje de bloqueo (UV-A)

12.1.5 El porcentaje de bloqueo (UV-B)

12.1.6 El porcentaje real de recogida húmeda si no es $140 \pm 5\%$.

13. Precisión y sesgo

13.1 Precisión. En 2001, se realizó un estudio de precisión y sesgo con seis materiales diferentes y un laboratorio (ver Tabla III).

13.2 Sesgo. La transmisión o el bloqueo de la radiación ultravioleta ponderada eritemalmente a través de los tejidos solo se puede definir en términos de un método de prueba. No existe un método independiente para determinar el valor verdadero. Como medio para estimar esta propiedad, el método no tiene sesgo conocido.

14. Referencias

14.1 ASTM D1776, Práctica estándar para acondicionamiento y prueba de textiles (ver 15.3).

14.2 ASTM E179, Guía para la selección de condiciones geométricas para la medición de las propiedades de reflexión y transmisión de materiales (ver 15.3).

14.3 ASTM E275, Práctica para describir y medir el rendimiento de los espectrofotómetros ultravioleta, visible y de infrarrojo cercano (ver 15.3)

14.4 ASTM G159, Tablas estándar para referencias Irradiancia espectral solar en masa de aire 1.5: directa normal y hemisférica para una superficie inclinada a 37 ° (ver 15.3).

14.5 ASTM E1247, Método de prueba para identificar fluorescencia en muestras de color de objetos por espectrofotometría (ver 15.3).

14.6 ASTM E1348, Método de prueba para transmisión y color por espectrofotometría utilizando geometría hemisférica (ver 15.3).

15. Notas

15.1 Los espectrofotómetros o espectrorradiómetros que cumplen con los requisitos de este método de prueba están disponibles en una gran cantidad de fabricantes.

15.2 Disponible en Schott Inc., 400 York Ave., Duryea PA 18642; tel: +1.717.457.4485.

15.3 Disponible de ASTM International, 100 Barr Harbor Dr., W. Conshohocken PA 19428; tel: +1.610.832.9500; fax: +1.610.832. 9555; sitio web: www.astm.org.

15.4 Commission International de L'Éclairage (CIE), Bureau Central de la CIE, París, Francia.

15.5 Disponible de AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: +1.919.549.8141; fax: +1.919.549.8933; correo electrónico: orders@aatcc.org; sitio web: www.aatcc.org.

Apéndice A

Especificaciones del espectrofotómetro o espectrorradiómetro

A1. La superficie de la esfera de integración está revestida o construida internamente utilizando un material que es difuso y altamente reflectante en la región ultravioleta. El área de superficie total consumida por todas las aberturas de puerto requeridas no debe exceder el 3% del área de superficie total de la esfera de integración.

A2. Iluminación y geometrías de visualización.

A2.1 Iluminación direccional / colección hemisférica (0 / T). En esta geometría, la muestra se ilumina con un haz unidireccional cuyo eje no es mayor que 0,14 rad (8 °) desde la superficie normal de la muestra. Cualquier rayo de este haz no debe exceder 0.09 rad (5 °) desde el eje del haz. El área de la sección transversal del haz luminoso debe ser al menos 10 veces la dimensión del agujero más grande en el material de prueba. El flujo total transmitido por el espécimen es recogido por la esfera integradora.

A2.2 Iluminación hemisférica / visualización direccional (T / 0). En esta geometría, el espécimen está iluminado por una esfera integradora iluminada internamente. La muestra se ve unidireccionalmente con un eje no mayor a 0.14 rad (8 °) desde la superficie normal de la muestra. Cualquier rayo de este haz no debe exceder 0.09 rad (5 °) desde el eje del haz. El área de la sección transversal de la viga de visualización debe ser al menos 10 veces la dimensión del agujero más grande en el material de prueba.

A2.3 Errores de sustitución de muestra. Las esferas de integración pueden experimentar un error de "sustitución de muestra" debido a las contribuciones de la reflectancia de la muestra en la iluminación interna de la esfera. El error se puede eliminar en cualquier geometría mediante el uso de un haz de referencia separado que atraviesa su propia abertura de puerto en la esfera. El haz de referencia incide en una parte de la pared de la esfera o en un material de referencia montado en una abertura de puerto diametralmente opuesta.

A3. Requisitos espectrales. El espectrofotómetro o espectrorradiómetro tendrá un paso de banda espectral de 5 nm o menos en el rango espectral de 280 nm (o menos) a 400 nm (o más). El intervalo de longitud de onda medido sobre este rango espectral no debe ser mayor de 5 nm.

A4. Radiación perdida. La contribución de la radiación parásita dentro del instrumento, incluida la debida a la fluorescencia de la muestra, producirá un error de menos de 0.005 en el valor de transmitancia espectral que se está midiendo.

A5 Muestra de fluorescencia. La contribución de la fluorescencia de la muestra en las mediciones de transmitancia espectral en ciertos colorantes y agentes blanqueadores presentes en los tejidos que pueden fluorescer podría dar lugar a valores artificialmente altos de transmitancia espectral.

A5.1 Iluminación monocromática. En los espectrofotómetros donde el monocromador precede al espécimen dentro del camino óptico, los valores artificialmente altos de transmitancia aparecen en las longitudes de onda de excitación del agente fluorescente. Esto incluye casi todas las longitudes de onda en la región espectral UVR. El error debido a la fluorescencia puede eliminarse colocando un filtro de bloqueo visible y transmisor de UV después de la muestra. Se ha encontrado que un filtro Schott Glass UG11 es satisfactorio. Sin embargo, la disminución en la transmisión del filtro con el aumento de la longitud de onda puede reducir la utilidad de la medición de UVA de longitud de onda larga.

A5.2 Iluminación policromática. En espectrofotómetros y espectrorradiómetros donde la iluminación es policromática y el monocromador sigue la muestra en el camino óptico, los valores artificialmente altos de transmitancia aparecen en las longitudes de onda de emisión del agente fluorescente. Los efectos de la fluorescencia se eliminan, por lo tanto, en la mayoría de las longitudes de onda UVR. El uso de una fuente de luz de iluminación que se ajuste a los requisitos de distribución espectral para simuladores solares incluirá con mayor precisión la contribución de la fluorescencia de la muestra a la medición de UVA de longitud de onda larga. Sin embargo, debido a que el componente fluorescente no contribuye al UPF, la distribución espectral de la fuente es irrelevante, siempre y cuando proporcione suficiente energía para cubrir el rango espectral de interés para las relaciones aceptables de señal a ruido en los datos espectrales.

Apéndice B

Resumen de metodología

Los fabricantes y productores de materiales y / o productos textiles protectores contra los rayos UV deben conocer los estándares y métodos de prueba existentes para cumplir con los estándares voluntarios publicados para etiquetar la ropa de protección contra los rayos UV para los Estados Unidos.

B1 Hay tres estándares voluntarios publicados: ASTM D6544, Práctica estándar para la preparación de textiles antes de las pruebas de transmisión ultravioleta (UV); ASTM D6603, Guía estándar para etiquetado de textiles de protección UV; y AATCC TM 183, Transmitancia o bloqueo de la radiación ultravioleta eritemalmente ponderada a través de los tejidos (ver 15.3 y 15.5).

B2 Para resumir a un alto nivel, estos tres estándares se usan en conjunto para desarrollar los valores de UPF adecuados para etiquetar adecuadamente los productos como "Protección UV".

B2.1 Evalúe la transmisión UV de la muestra original ("no preparada") o ("lavada una vez") usando AATCC TM 183. El valor reportado es el valor medio de AATCC TM 183 UPF.

B2.2 Consulte ASTM D6544 para determinar las condiciones de exposición según el uso final del producto. La Sección 7 enumera tres opciones para las condiciones de exposición. Las condiciones de exposición pueden hacer referencia a los siguientes métodos de prueba: ASTM D3938, Guía estándar para determinar o confirmar las instrucciones de cuidado para prendas de vestir y otros productos textiles; AATCC TMs 16, resistencia al color a la luz; 135, Cambios dimensionales de Telas después del lavado de viviendas; 162, Solidez del color al agua: piscina clorada; y 172, Resistencia al color al blanqueador sin cloro en polvo en el lavado de viviendas.

B2.3 Después de someter las muestras a las condiciones de exposición especificadas de ASTM D6544, evalúe la transmisión de UV utilizando AATCC TM 183. La muestra se conoce como la muestra "preparada para la prueba".

B2.4 Consulte ASTM D6603 para cálculos adicionales. Las clasificaciones para etiquetar el valor UPF se describen en ASTM D6603, Sección 8.

Tabla III: Datos de estudio de precisión y sesgo

Fabric	Average UPF		Standard Deviation		Sample Variance		95% Confidence	
	Dry	140% WPU	Dry	140% WPU	Dry	140% WPU	Dry	140% WPU
D	41.655	28.105	0.700	0.884	0.490	0.781	0.580	0.707
G	40.615	81.718	9.246	17.959	85.492	322.533	7.398	14.370
J	23.733	42.603	1.394	5.978	1.943	35.733	1.115	4.783
N	7.797	3.723	0.367	0.238	0.134	0.056	0.294	0.190
O	57.947	15.779	4.281	3.021	18.325	9.125	3.425	2.471
R	22.32	10.686	2.492	0.547	6.209	0.299	1.994	0.438

UPF promedio

Desviación Estándar

Varianza muestra

95% de confianza

Tela

Seco

Anexo E**Certificado de uso de laboratorio**

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



Ibarra, 30 de junio del 2023

CERTIFICADO DE LABORATORIO

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

CERTIFICO

Que el señor **ROSETO ECHEVERRIA ANDERSON FERNANDO**, portador de la cedula de ciudadanía N° **040200871-8**, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COLORANTE DIRECTO Y REACTIVO EN EL BLOQUEO DE RAYOS UVA, UVB, UVC, EN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN”**, los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **TINTURADORA IR DYER (IR DYER)** - Tintura de géneros textiles
- **ESPECTROFOTÓMETRO DE COLOR (X rite)** - Medición instrumental de la profundidad del color (ISO 105 A06: 1965)
- **FOTORADIÓMETRO (DELTA OHM HD 2102.2)** - Trasmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta ponderada eritemalmente a través de los tejidos
- **BALANZA ELECTRÓNICA (RADWAG)**

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

Atentamente:



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