



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE INGENIERA TEXTIL

“ACABADO PROTECTOR UV A BASE DE SOYA EN UN TEJIDO TAFETÁN 100%

ALGODÓN COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA INDUSTRIA

TEXTIL”



LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Producción Industrial y Tecnología Sostenible.

AUTOR (A): Ipiales Mora Gabriela Estefania

DIRECTOR: MSc. Chugá Chamorro Valeria Verónica

Ibarra-Ecuador

2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte, dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento, dejo mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004192439		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ipiales Mora Gabriela Estefania		
DIRECCIÓN:	Lotización San José de Chorlaví		
EMAIL:	geipialesm@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL	0989132303

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Acabado protector uv a base de soya en un tejido tafetán 100% algodón como una alternativa sostenible para la industria textil.
AUTOR:	Ipiales Mora Gabriela Estefania
FECHA:	20 de febrero del 2026
PROGRAMA:	Grado <input checked="" type="checkbox"/> Posgrado <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera textil
DIRECTOR:	MSc. Chugá Chamorro Valeria Verónica

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Gabriela Estefania Ipiales Mora, con cédula de identidad Nro 100419243-9, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 20 días del mes de febrero de 2026.

EL AUTOR:

Nombre: Ipiales Mora Gabriela Estefania

C.I. 1004192439

CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 20 días del mes de febrero de 2026.

EL AUTOR

.....

Ipiales Mora Gabriela Estefania

C.I. 1004192439

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 20 días del mes de febrero de 2026.

MSc. Chugá Chamorro Valeria Verónica

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

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

MSc. Chugá Chamorro Valeria Verónica

C.C.: 0401732250

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El comité calificador del trabajo de Integración Curricular “Acabado protector uv a base de soya en un tejido tafetán 100% algodón como una alternativa sostenible para la industria textil”, elaborado por la Srta Ipiales Mora Gabriela Estefania previo a la obtención de título de ingeniera textil, aprueba el siguiente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

Director

MSc. Chugá Chamorro Valeria Verónica

C.C.: 0401732250

Asesor

MSc. Ramírez Encalada Elvis Raúl

C.C.: 100145897-3

DEDICATORIA

Se lo dedico a mi madre, que aunque ya partió de este mundo, permanece viva en mi corazón, su amor incondicional, su ejemplo y su fortaleza me han acompañado en cada paso.

*Este logro es en honor a ella, con profundo amor y gratitud eterna.
También me lo dedico a mí, por el esfuerzo, la constancia y la perseverancia a lo largo de este camino, que me permitieron alcanzar esta meta.*

Gabriela Estefania M

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios, por darme vida, salud y fortaleza. A mis hermanas Karina y Silvana, por su constante apoyo y palabras de ánimo, a mi hermana Ximena, por estar presente en todo momento, a mi hermano Jefferson, por su apoyo incondicional y confianza en mí; y a mi padre, por los momentos en los que estuvo presente.

Gabriela Estefania M

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se centró en la aplicación de harina de soya en un tejido tafetán 100% algodón, con el objetivo de desarrollar un acabado textil con protección UV.

Considerando que la radiación UV representa un riesgo para la salud humana, se plantea la necesidad de textiles funcionales que, además de brindar protección reduzcan el uso de acabados convencionales basados en compuestos inorgánicos con potencial impacto ambiental.

El acabado se aplicó mediante microencapsulado por agotamiento en la máquina IR Dyer, con relación de baño 1:10 y pH controlado entre 5 y 6. Se formularon tres recetas con concentraciones de soya de 18%, 24% y 36% empleando microemulsión de silicona al 25% como agente encapsulante. La capacidad de bloqueo UV se evaluó mediante el fotoradiómetro según la norma AATCC 183. Adicionalmente se aplicó la norma ISO 6330 para simular un lavado doméstico y analizar la durabilidad del acabado.

Los resultados evidenciaron un incremento de la protección UV en el tejido tratado, destacándose la formulación con 36% de soya, que presentó los valores más altos de protección en el espectro UV-B a un ángulo de incidencia de 45°, con 6,94% en condición seca y 5,90% en condición húmeda, lo que representa una disminución de 1,04%. Así mismo, tras el lavado la muestra mantuvo un valor de 6,52%, evidenciando una variación mínima del 0,42% respecto a la muestra en seco sin lavar que registró 6,94%. Llegando a la conclusión de que la formulación óptima corresponde a la que contiene mayor concentración de soya (36). En este contexto, la soya constituye una alternativa natural y sostenible para la industria textil por su contenido de isoflavonas con actividad antioxidante y capacidad fotoprotectora.

Palabras clave: Protección UV, Soya, Acabado textil, Microemulsión, IR Dyer

ABSTRACT

This research focused on the application of soy flour to a 100% cotton taffeta fabric, with the aim of developing a UV-protective textile finish. Given that UV radiation poses a risk to human health, the need for functional textiles is raised that, in addition to providing protection, reduce the use of conventional finishes based on inorganic compounds with potential environmental impact.

The finish was applied using exhaustion microencapsulation in an IR Dyer machine, with a 1:10 dilution ratio and a controlled pH between 5 and 6. Three recipes were formulated with soy flour concentrations of 18%, 24%, and 36%, using 25% silicone microemulsion as the encapsulating agent. UV blocking capacity was evaluated using a photoradiometer according to AATCC 183. Additionally, ISO 6330 was applied to simulate domestic washing and analyze the durability of the finish.

The results showed an increase in UV protection in the treated fabric, with the formulation containing 36% soy standing out. This formulation exhibited the highest protection values in the UV-B spectrum at a 45° angle of incidence, with 6.94% in dry conditions and 5.90% in wet conditions, representing a decrease of 1.04%. Furthermore, after washing, the sample maintained a value of 6.52%, showing a minimal variation of 0.42% compared to the dry, unwashed sample, which registered 6.94%. The conclusion was reached that the most optimal formulation corresponds to the one containing the highest concentration of soy (36%). In this context, soy constitutes a natural and sustainable alternative for the textile industry due to its isoflavone content, which has antioxidant activity and photoprotective capacity.

Keywords: UV protection, Soybean, Textile finishing, Microemulsion, Exhaustion method

LISTA DE SIGLAS

FICA: Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

CTEX: Carrera de Textiles

UTN: Universidad Técnica del Norte

CO: Algodón

UV: Ultravioleta

AATCC: Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles

ISO: Organización Internacional de Normalización

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.	1
Descripción del tema.....	1
Antecedentes.	2
Importancia del estudio.	4
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.	5
Características del sitio del proyecto.	5
CAPÍTULO I.....	7
ESTADO DE ARTE.	7
1.1 Estudios previos.....	7
1.1.1 Efectos de la radiación ultravioleta en la salud humana.	7
1.1.2 Acabados con factor de protección ultravioleta.....	8
1.1.3 Aplicaciones de la soya.....	9
1.1.4 Microemulsionante	10
1.2 Marco legal	12
1.2.1 Constitución de la República del Ecuador	12
1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	13
1.2.3 Decreto 2393 del Registro Oficial No. 565:01-11-1986. Resolución No.005-2016: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.	13
1.3 Marco conceptual.....	14
1.3.1 La influencia del tejido plano en un acabado.....	14
1.3.2 Propiedades del algodón	15
1.3.3 La radiación en los tejidos textiles.....	16
1.3.4 Acabado por agotamiento.	17
CAPÍTULO II.....	18
METODOLOGÍA	18

2.1	Tipos de investigación	18
2.1.1	Investigación experimental	18
2.1.2	Investigación analítica	18
2.2	Técnicas de investigación	19
2.2.1	Revisión bibliográfica.....	19
2.2.2	Análisis instrumental	19
2.3	Flujogramas.....	19
2.3.1	Flujograma general	19
2.3.2	Flujograma muestral	21
2.4	Materiales y equipos	22
2.4.1	Tejido tafetán	22
2.4.2	Harina de soya.....	22
2.4.3	Microemulsión de silicona.....	23
2.4.4	Autoclave de laboratorio IR Dyer.....	23
2.4.5	Túnel de secado.....	25
2.4.6	Fotoradiómetro.....	25
2.4.7	Wascator	26
2.5	Normas de referencia	27
2.5.1	Norma AATCC 183: método de prueba de la transmitancia o bloqueo de los rayos UV sobre los tejidos.....	27
2.5.2	Norma ISO 6330:2012 Procedimientos de lavado y secado en el hogar para pruebas textiles.	27
2.6	Procedimiento	28
2.6.1	Identificación de fibra	28
2.6.2	Proceso de desengomado	30
2.6.3	Desarrollo del proceso de teñido.....	32
2.6.4	Obtención de la harina de soya	33
2.6.5	Preparación de la receta para microencapsulado	34
2.6.6	Aplicación del acabado por agotamiento	35
2.7	Pruebas de laboratorio.....	37

2.7.1	Medición de la protección UV: Prueba de transmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta a través de los tejidos Norma AATCC 183	37
2.7.2	Prueba de solidez al lavado: Procedimientos de lavado y secado en el hogar para pruebas textiles Norma ISO 6330.....	38
CAPÍTULO III		39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		39
3.1	Tabla de resultados de medición UV.....	39
3.2	Discusión de resultados.....	44
3.2.1	Normalidad de los datos.....	44
3.2.2	Análisis de varianza	45
3.2.3	Representación gráfica.....	46
CAPÍTULO IV		50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		50
4.1	Conclusiones	50
4.2	Recomendaciones	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones del tejido.....	22
Tabla 2 Características de la microemulsión de silicona.	23
Tabla 3 Especificaciones del equipo IR Dyer	24
Tabla 4 Parámetros de radiación UV	25
Tabla 5 Unidades de medida del fotoradiómetro	26
Tabla 6 Resultados de la prueba de combustión	29
Tabla 7 Receta de desengomado	31
Tabla 8 Receta para tintura	32
Tabla 9 Concentraciones receta 1	34
Tabla 10 Concentraciones receta 2	35
Tabla 11 Concentraciones receta 3	35
Tabla 12 Consideraciones para la evaluación de la radiación UV.....	39
Tabla 13 Resultados de medición de irradiancia en seco antes del lavado.....	40
Tabla 14 Resultados de medición de irradiancia en húmedo antes del lavado	41
Tabla 15 Resultados de medición de irradiancia en seco después del lavado.....	41
Tabla 16 Resultados de medición de irradiancia en húmedo después del lavado.....	42
Tabla 17 Porcentaje de protección UV de las muestras sin lavado.....	43
Tabla 18 Porcentaje de protección UV de las muestras lavadas	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del laboratorio CTEX.....	6
Figura 2 Penetración de los rayos UV en la piel humana	8
Figura 3 Absorción de gotas de virón en tejido de algodón.	15
Figura 4 Representación gráfica general del proceso	20
Figura 5 Representación gráfica muestral del proceso	21
Figura 6 Harina de soya	23
Figura 7 Equipo IR Dyer.....	24
Figura 8 Túnel de secado disponible en la CTEX	25
Figura 9 Wascator	27
Figura 10 Vista microscópica longitudinal del hilo de algodón.	28
Figura 11 Prueba de combustión.....	30
Figura 12 Curva del proceso de desengomado	31
Figura 13 Curva de tintura	33
Figura 14 Preparación de harina de soya	34
Figura 15 Curva de proceso del microencapsulado	36
Figura 16 Código de muestras	36
Figura 17 Normalidad de la protección UV en muestras sin lavado	44
Figura 18 Normalidad de la protección UV en muestras lavadas.....	45
Figura 19 Coeficiente de variación de la protección UV en muestras sin lavar	45
Figura 20 Coeficiente de variación de la protección UV en muestras lavadas.....	46
Figura 21 Protección UV de muestras sin lavar.....	47
Figura 22 Protección UV de muestras lavadas	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Ficha técnica de la microemulsión de silicona.....	56
Anexo 2 Desengomado y secado de la tela.....	57
Anexo 3 Formulación de las recetas del acabado	57
Anexo 4 Microencapsulado por el método de agotamiento	58
Anexo 5 Secado de las muestras con acabado	58
Anexo 6 Medición de la radiación UV a través del tejido.....	59

INTRODUCCIÓN.

Descripción del tema.

El presente trabajo de investigación se centrará en la aplicación de soya en un tejido tafetán 100% algodón, con la finalidad de desarrollar un acabado de protección UV.

El deterioro de la capa de ozono ha llevado a un creciente aumento de la radiación UV en la tierra (Reglan, 2014). En consecuencia, se ha evidenciado un incremento en afecciones como enrojecimientos, quemaduras, daños celulares y enfermedades cutáneas de acuerdo con estudios de (Pérez, 2006). Por ello, se busca impulsar nuevos textiles funcionales que protejan al consumidor y al mismo tiempo puedan sustituir a los acabados convencionales que normalmente son a base de óxido de zinc, dióxido de titanio y otros materiales cerámicos que pueden llegar a tener efectos negativos para con el medio ambiente (Saha et al., 2024).

En este contexto, la determinación del uso de recursos naturales se empleó con el fin de reducir el uso de químicos, y por su parte, la soya tiene una alta concentración de isoflavonas que actúan como agente antioxidante y protector UV (Gilabert e & González, 2010).

Para efectuar el acabado se aplicarán diferentes concentraciones de soya mediante un microemulsionado por el método de agotamiento en la máquina IR Dyer.

El estudio se limitó a determinar la efectividad de la soya como agente de protección UV para lo cual se empleó el fotoradiómetro; siguiendo las directrices de la norma AATCC 183 - 2014 método de prueba para la transmitancia o bloqueo de la radiación ultravioleta a través de los tejidos (American Association of Textile Chemists and Colorists [AATCC], 2024).

Los resultados obtenidos se analizarán mediante programas estadísticos y representaciones gráficas para un mejor entendimiento y descripción de resultados.

Antecedentes.

Los productos naturales han ganado protagonismo especialmente en el cuidado de la piel, Hidrisage, una moderna línea de productos de belleza para el cuidado y la salud de la piel; desarrolló el protector solar Pliance con una exclusiva formulación a base de Isoflavonas de soya. Este componente, en combinación con otros ingredientes dan lugar a un producto con alto nivel de protección ultravioleta (Hodrisage, 2020).

Otro ejemplo de ello se visualiza en la marca Aveeno®, (2024) conocida por sus productos para cuidado de la piel y por utilizar ingredientes naturales, uno de estos productos es el humectante facial con protector solar SPF 15 de amplio espectro con fórmula de soya.

En conocimiento de las afecciones a la salud que causa la radiación UV, American Cancer Society, (2024) expone algunas recomendaciones para protegerse de la radiación entre ellas la protección de la piel con ropa; que cubra las extremidades superiores e inferiores, usar ropa de colores oscuros, tejidos compactos y prendas con factor de protección UV.

Tomando en cuenta estas recomendaciones; la industria textil se hace presente con alternativas de acabados para protección UV. Es así como en el año 2023, Melanie Vera, estudiante de la Universidad Técnica del Norte de la Carrera de Textiles, desarrolló un acabado con extracto de helecho para determinar la propiedad de bloqueo UV.

El acabado lo realizó en tejido plano 100% algodón, por el método de impregnación, utilizó como producto de adhesión dos tipos de resina; Patch y Centergard D6I. Teniendo como variables las concentraciones de extracto de helecho y resina.

Las pruebas para conocer los niveles de bloqueo UV de las muestras se realizó mediante el uso del fotoradiómetro. Los resultados obtenidos mostraron un porcentaje de bloqueo de

radiación UV de 72,42% para UVA: y 91,10% para UVB lo cual evidencia que el helecho posee excelentes propiedades de protección UV (Vera, 2023).

Por otra parte, el trabajo de investigación de Ruiz, (2023) se centra en el desarrollo de tejidos con protección solar y baja coloración a partir de extractos de residuos orgánicos del café, donde el sustrato textil empleado fue un tejido plano Algodón/Elastano 98/2 blanqueado industrialmente; en el proceso de acabado utilizó el método de impregnación por foulard y para determinar el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) utilizó el medidor de irradiancia; luxómetro delta ohm HD2102.2; su resultado fue positivo tras obtener un alto factor de protección ultravioleta.

Otros autores realizaron un estudio sobre el uso de Nanopartículas de ZnO para protección ultravioleta donde:

Utilizaron un tejido liso 100% algodón y en su receta de acabado dos diferentes concentraciones de nanopartículas de ZnO, fueron adheridas a los tejidos mediante una termofijación mecánica.

Para conocer los resultados del acabado realizaron pruebas de transmitancia UV empleando un espectrofotómetro con una longitud de onda de 200 a 700 nm. El análisis e interpretación de resultados determinó que al aplicar una concentración de ZnO del 1% la tela bloquea un 65% los rayos UV (Imana Shahrin & Mohammad, 2021).

Por su parte, Li et al., (2023) realizaron una investigación sobre la modificación de la superficie de la fibra de algodón asistida por plasma con el fin de aumentar su capacidad de absorción, para ello aplicaron un pretratamiento de plasma y un recubrimiento ultrasónico con soya a diferentes concentraciones de 1 a 6%. Posteriormente tiñeron las muestras con un colorante natural extraído de una planta y finalmente evaluaron la capacidad de absorción de la

fibra y otras propiedades funcionales del textil. Los resultados indicaron que el pretratamiento de plasma no fue efectivo para mejorar la absorción de la fibra, pero el tejido que también fue sometido al recubrimiento con soya dio buenos resultados de absorción especialmente las probetas en las que aplicaron 3% de soya en adelante, también le confirió propiedades antibacterianas y mejoró la protección UV del tejido.

En este contexto, diversos estudios han evaluado alternativas orientadas a minimizar el uso de productos químicos agresivos y contaminantes, promoviendo el desarrollo de tratamientos más ecológicos dentro del sector textil, por ejemplo, Chugá et al., (2025), han revisado tratamientos sostenibles aplicados en telas denim, destacando la necesidad de incorporar tecnologías y metodologías que reduzcan la huella ambiental asociada a los procesos textiles.

Importancia del estudio.

Ante la creciente preocupación ambiental por los impactos de la industria textil, optar por alternativas sostenibles se ha vuelto una necesidad. Por ello, este estudio aportará al desarrollo de alternativas sostenibles en la industria textil, proporcionando un acabado de protección UV a base de un recurso natural como es la soya. Esta alternativa busca reducir el uso de sustancias químicas que causan un impacto ambiental negativo. Además, contribuye a disminuir los riesgos para la salud asociados con la exposición a la radiación.

Los principales beneficiarios de este proyecto serán los consumidores finales que, por actividades laborales, de ocio u otras están expuestos a la radiación; dispondrán de productos textiles con protección UV amigables con el medio ambiente.

En el ámbito académico e investigativo, este proyecto ampliará el conocimiento sobre la aplicación de productos naturales como la soya en acabados textiles funcionales, lo cual puede

incentivar nuevas líneas de investigación en acabados sostenibles. Es una propuesta innovadora que avanza en el conocimiento de la ingeniería textil y también responde a las necesidades actuales de sostenibilidad, protección de la salud y protección ambiental ofreciendo una alternativa concreta y viable a los acabados de protección UV tradicionales.

Objetivo general.

- Desarrollar un acabado de protección UV a base de soya en un tejido tafetán 100% algodón como una alternativa sostenible para la industria textil.

Objetivos específicos.

- Aplicar soya en diferentes concentraciones por el método agotamiento a un tejido tafetán 100% algodón.
- Exponer las muestras con acabado en condiciones controladas de radiación solar y medir su efectividad mediante el fotoradiómetro de la Carrera de Textiles.
- Analizar y comparar los resultados obtenidos mediante métodos estadísticos.

Características del sitio del proyecto.

El proyecto de investigación se desarrollará en la ciudad de Ibarra en la calle 13 de abril y Morona Santiago (Ver **Figura 1**), donde se encuentran los laboratorios equipados con equipos normalizados de la Universidad Técnica del Norte - CTEX.

Figura 1

Ubicación del laboratorio CTEX



Fuente: (Google Maps, 2025)

CAPÍTULO I

ESTADO DE ARTE.

1.1 Estudios previos

1.1.1 Efectos de la radiación ultravioleta en la salud humana.

Uno de los cambios más notorios que causa la exposición prolongada a la radiación es el fotoenvejecimiento prematuro en la piel; se presenta en forma de arrugas profundas, pérdida de elasticidad de la piel e hiperpigmentación, sin embargo, también puede dañar la estructura del ADN y desarrollar cáncer cutáneo (Pourang et al., 2022).

De acuerdo con World Health Organization, (2025) el cáncer de piel no melanoma se ha vuelto común en los últimos años con 1.5 millones de casos estimados en el 2022 de los cuales un 86 % está asociado a la exposición a radiación ultravioleta.

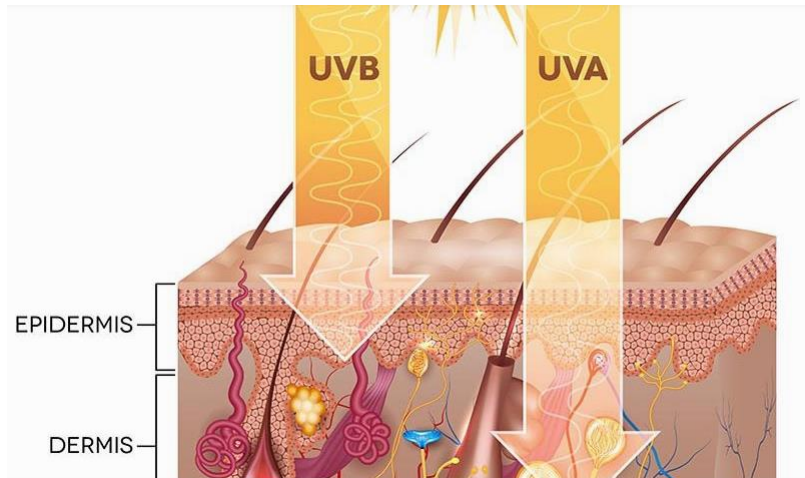
Curbelo et al., (2018) realizaron un estudio con el objetivo de determinar la relación entre la incidencia de cáncer de piel y las radiaciones, el universo de estudio estuvo constituido por todos los pacientes con diagnóstico histológico de este padecimiento del centro ambulatorio de especialidades “Héroes de Playa Girón” de la provincia de Cienfuegos, entre las variables analizadas se encuentran: edad, sexo, color de piel, localización de las lesiones, causas de exposición al sol, horario más frecuente de exposición. Para el análisis de datos los autores emplearon métodos estadísticos como el cálculo de media y de porcentaje utilizando Microsoft Excel 2016.

El 96,2 % de los pacientes se exponían al sol mientras desarrollaban labores relacionadas con su trabajo en un horario de 8am a 8pm; las lesiones más frecuentes y de mayor penetración (Ver **Figura 2**) se localizan en la cara, con predominio en la nariz y las mejillas. Finalmente

podieron determinar que 91 pacientes referían haber estado expuestos diariamente más de 4 horas a las radiaciones ultravioletas siendo esta la causa principal del cáncer de piel no melanoma.

Figura 2

Penetración de los rayos UV en la piel humana



Fuente:(AEDV, 2016)

1.1.2 Acabados con factor de protección ultravioleta.

Se puede conferir y/o mejorar la protección UV mediante la aplicación de determinados productos de apresto. El óxido de titanio es muy utilizado, ya que tiene la capacidad de absorber los rayos ultravioleta de la fracción espectral comprendida entre 280 y 400 nm, reflejando la radiación visible y la infrarroja. Por el elevado efecto de reflexión, impide que los tejidos se calienten en exceso, dando una elevada sensación de confort. Los agentes absorbentes más utilizados son de compuestos inorgánicos, entre ellos se encuentran el talco, caolín, óxido de hierro y uno de los más eficaces el óxido de zinc (Saha et al., 2024).

Los acabados de protección UV son aplicados en diversas industrias como por ejemplo la automotriz en la que Aguilar et al., (2020) realizaron un estudio en el que desarrollaron un recubrimiento para protección a los rayos UV del acabado del cuero usando nanopartículas de

óxido de zinc e incorporándolas mediante un sistema de dispersión, previa síntesis por el método Sol-Gel a un pH de 9.

Para el proceso de incorporación del producto aplicaron 5 capas de la matriz polimérica con las nanopartículas de ZnO al sustrato de cuero, su aplicación fue a pistola y secado en un horno de convección a 90 ° C durante 3 minutos. La espectroscopía UV-VIS con reflectancia difusa y cronoamperometrías confirmó la buena absorción de la radiación UV, por parte de las nanopartículas de ZnO sintetizadas, también mejoró en gran medida sus propiedades mecánicas y estabilidad térmica.

1.1.3 Aplicaciones de la soya

La soya es la legumbre más consumida en el mundo actualmente, y es conocida por sus propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, que se deben en gran medida a las isoflavonas presentes en su composición (Dalpizol et al., 2020). Dado a sus propiedades y fácil accesibilidad ha sido empleada en industrias como la textil y la cosmética.

Es así que Miranda et al., (2018) realizaron un estudio sobre el tratamiento de un colorante azo empleado en la industria textil utilizando la peroxidasa de soya; para ello los autores utilizaron 200 g del residuo industrial que resulta de la elaboración del jugo de soya para aprovechar así las peroxidasas presentes y evaluar su capacidad de decolorar aguas artificialmente contaminadas con el colorante azul-negro, finalmente los parámetros óptimos para la remoción del colorante fueron 1.5 ml de extracto parcialmente purificado y 1 ml de peróxido con un tiempo de reacción de 6 horas.

En la industria textil se utilizan ampliamente los adhesivos como sustancias de unión. Dado que ayuda a la adhesión no sólo entre los componentes del tejido, sino también entre el tejido y otras sustancias, como los pigmentos (Mínguez García, 2022)

Es así como Ruiz & Rey (2009) realizaron un estudio con el fin de formular nuevas mezclas adhesivas acuosas destinadas a solventar problemas de descohesión del estrato pictórico en obras con soporte textil. La soya fue protagonista de un adhesivo a base de harina de soya, agua y Klucel G, este último actúa como espesante. Analizaron dos propiedades importantes de los adhesivos: la pérdida de masa y la dureza mediante ensayos por el método termogravimétrico en una báscula de secado, el adhesivo tuvo un bajo porcentaje de pérdida de humedad con un valor de 30,55% y un índice de dureza de 41,60 unidades; propiedades óptimas para su uso en el área de estampado donde actúa como aglutinante, y en la laminación y no tejidos como agente de consolidación.

En la industria cosmética el Grupo Pochteca, (2024) de procedencia mexicana ha desarrollado productos a base de la lecitina de soya por sus propiedades emulsionantes y emolientes y su contenido en vitamina A, E y K; otorgan cualidades como antioxidante que nutren y protegen la piel de la luz solar y retrasan los signos de la edad, reduce la tensión superficial del agua, favorecen la absorción y penetración de los ingredientes en la piel, además contrarrestan el exceso de grasa, suavizan la piel y el cabello. Por todos estos beneficios, la lecitina de soya se usa en productos como cremas para manos y pies, cremas faciales, maquillajes, leches hidratantes, jabones y lociones.

1.1.4 Microemulsionante

Tiene aspecto translúcido y es muy estable en condiciones extremas, contiene conservantes que garantizan estabilidad microbiológica. Los parámetros más importantes en una emulsión de silicona son:

El pH, aunque en la mayoría de los casos, como los emulsionantes utilizados son no-iónicos, no es un parámetro crítico ya que no implican una desestabilización y se ajustan a un

pH neutro. Por otra parte, la estabilidad y su reducido tamaño de partícula de 0,5 a 0,2 micras le permiten almacenar por tiempos largos, sin separaciones ni inestabilización del producto.

Algunas emulsiones de silicona aguantan ciclos de congelación y descongelación, siendo, por lo tanto, adecuadas para su uso en climas muy fríos (Concentrol, 2023). Y se puede aplicar a cualquier tipo de fibras textiles sean naturales o sintéticas por diversos métodos como agotamiento, pulverizado e impregnación.

El trabajo de investigación de Chugá, (2013) se enfoca en el desarrollo de un acabado retardante al fuego a base de microemulsión de silicona, fue realizado por el método de agotamiento a una temperatura de 40°C y una relación de baño 1/30, para ello utilizó prendas de vestir de diferente composición, puntualmente, en las prendas de algodón realizó 7 muestras con diferentes concentraciones de la solución que van del 10 al 80%, finalmente, la receta con concentración al 20% fue la que obtuvo mejores resultados; registrando un tiempo de retardo de al fuego de 33 segundos en comparación a la muestra sin acabado, así mismo, pudo constatar que al aumentar la concentración aumenta la viscosidad del baño y en consecuencia disminuye el agotamiento y el tiempo de retardo al fuego.

Otro estudio se enfocó en desarrollar un acabado a base de barro de arcilla y microemulsión de silicona para mejorar las propiedades térmicas de un tejido jersey 50/50% algodón/poliéster mediante un microencapsulado por el método de agotamiento. Se aplicaron varias concentraciones de barro de arcilla del 10 al 100% y manteniendo la microemulsión de silicona constante al 90 % en todas las muestras. El acabado se realizó en dos fases: primero, se efectuó un cationizado con hidróxido de sodio a 40 °C durante 15 minutos, y luego se llevó a cabo el agotamiento a 40 °C durante 30 minutos, incorporando productos auxiliares como glicerina, ácido cítrico y humectante, los cuales fueron adicionados en frío antes del proceso.

Los resultados mostraron que la concentración de arcilla del 80 % permitió obtener el mayor incremento de temperatura, alcanzando un valor máximo de 33,7 °C. (Guamán, 2017)

1.2 Marco legal

1.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Como se menciona en los artículos 26 y 348 de la Constitución de la República del Ecuador, donde hace referencia a la sección educativa como un derecho gratuito con inversión estatal, para cualquier tipo de persona (Asamblea Constituyente, 2013):

Art. 26.- La educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado. Constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad e inclusión social y condición indispensable para el buen vivir.

Las personas, las familias y la sociedad tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo.

Art. 348.- La educación pública será gratuita y el Estado la financiará de manera oportuna, regular y suficiente. La distribución de los recursos destinados a la educación se regirá por criterios de equidad social, poblacional y territorial, entre otros.

El Estado financiará la educación especial y podrá apoyar financieramente a la educación fisco misional, artesanal y comunitaria, siempre que cumplan con los principios de gratuidad, obligatoriedad e igualdad de oportunidades, rindan cuentas de sus resultados educativos y del manejo de los recursos públicos, y estén debidamente calificadas, de acuerdo con la ley. Las instituciones educativas que reciban financiamiento público no tendrán fines de lucro.

La falta de transferencia de recursos en las condiciones señaladas será sancionada con la destitución de la autoridad y de las servidoras y servidores públicos remisos de su obligación.

1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

El presente trabajo de investigación está relacionada con los lineamientos de Investigación de la UTN-CTEX, fortaleciendo el desarrollo económico de la comunidad (Universidad Técnica del Norte, 2022):

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

1.2.3 Decreto 2393 del Registro Oficial No. 565:01-11-1986. Resolución No.005-2016: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.

Según el Decreto Ejecutivo 2393 del artículo 11, menciona las obligaciones de los empleadores de entidades, empresas públicas y privadas, que se deben cumplir a los lineamientos y normas para prevenir los riesgos que afecten la salud física y bienestar, en el cual la empresa debe ofrecer vestidos adecuados para el trabajo, manteniendo el lugar de trabajo y maquinarias en perfectas condiciones, en el cual la empresa debe ofrecer servicios médicos gratuitos realizando visitas periódicas a los trabajadores para detectar dolencias físicas o psicofísicas, porque si un trabajador en su actividad sufre alguna lesión , enfermedad según el inciso 2 del artículo 3 del decreto ejecutivo 4217, el patrono deberá ubicarse en otra sección. También el dueño debe instruir sobre los riesgos, prevención y las formas de trabajo a través de capacitaciones periódicas, otorgándole al trabajador ejemplar del reglamento y normas relacionadas con la prevención y cuidado tanto del área así como de los peligros a los que se expone, dando también un ejemplar sobre las normas de higiene, capacitando al personal nuevo y antiguo para que adopte responsabilidad y seriedad del área de trabajo, prohibiendo áreas que exponen alta peligrosidad (Secretaria Técnica de la circunscripción territorial especial Amazónica, 2020).

1.3 Marco conceptual

1.3.1 La influencia del tejido plano en un acabado.

El tejido plano se caracteriza por el entrelazado perpendicular de hilos de urdimbre y trama, formando una estructura estable y resistente. Esta construcción influye en procesos posteriores ya que la densidad afecta directamente a la capacidad de absorción en la aplicación de tratamientos específicos (Gómez, 2024).

El ligamento juega un papel importante, dado que las estructuras cerradas normalmente dificultan la impregnación de sustancias, mientras que las más abiertas facilitan su absorción. El tafetán es un ligamento simple, con hilos entrelazados de manera compacta, uniforme y su estructura cerrada, en consecuencia, el baño de acabado puede penetrar menos en la fibra, lo que puede afectar el agotamiento, fijación del producto y requerir mayores concentraciones de producto o un proceso de aplicación más prolongado. Sin embargo, esta densidad también significa que la tela ofrece una mayor cobertura contra los rayos UV de manera natural (Ochoa y Moncada, 2020).

Además, el grosor del hilo influye en la uniformidad del acabado, siendo los hilos más gruesos menos propensos a recibir tratamientos homogéneos. La composición de la fibra es otro factor clave, ya que las fibras naturales, como el algodón, absorben mejor los productos químicos en comparación con las fibras sintéticas, sin embargo, si la tela tiene hilos finos, podrías necesitar optimizar el tiempo de agotamiento o usar un pretratamiento para mejorar la fijación del acabado (Scozzina, 2019).

1.3.2 Propiedades del algodón

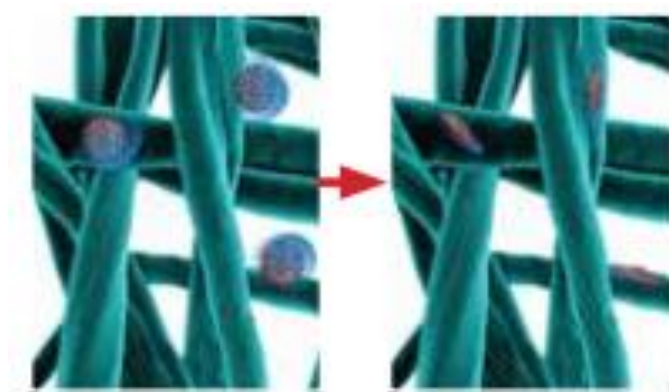
El algodón está compuesto principalmente por celulosa, ésta es un biopolímero compuesto por moléculas de glucosa. Además, estas fibras contienen proteínas, azúcares, cera y sustancias pécticas (Ondarse, 2024).

El algodón desmotado, es decir, fibra que ha sido separada de la semilla mediante el proceso de desmote, acondicionado bajo la norma ISO 139, manteniéndose a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $65\% \pm 4\%$ de humedad relativa tiene las siguientes propiedades:

Una absorción de humedad del 7% en condiciones estándar, que puede aumentar hasta un 24-27% en ambientes con 95% de humedad relativa, son altamente hidrófilas lo que significa que tienen una gran capacidad de absorción de agua; gracias a esta propiedad es ampliamente utilizada en la elaboración de mascarillas. Esto se debe a que algunos virus envolventes necesitan protección contra la humedad para mantenerse infecciosos, sin embargo, el algodón absorbe rápidamente las gotitas de virus de los viriones envolventes (Ver **Figura 3**) y en consecuencia acelera su evaporación y elimina la protección contra la humedad provocando que los viriones sean vulnerables a la sequedad y la desecación (Kranthi et al., 2020).

Figura 3

Absorción de gotas de virón en tejido de algodón.



Fuente: (Kranthi et al., 2020)

El algodón posee una alta resistencia térmica y puede soportar temperaturas de hasta 218°C sin sufrir daños, sin embargo, si a los 120°C se lo expone de manera prolongada adquiere un tono amarillento y al alcanzar los 290°C entra en un proceso de descomposición. Se desintegra al estar en contacto con ácidos diluidos calientes o concentrados fríos. Al entrar en contacto con soluciones cáusticas experimenta hinchazón sin embargo no presenta daños en su estructura (Scozzina, 2019).

1.3.3 La radiación en los tejidos textiles.

La exposición directa o indirecta de los tejidos a la radiación UV puede causar algunos efectos, entre los que se encuentran:

La degradación de las fibras; especialmente las sintéticas como el poliéster y el nylon, así como las naturales como el algodón y la seda. Esto se debe a la ruptura de los enlaces poliméricos, lo que reduce la resistencia del tejido y provoca fragilidad. La exposición prolongada a la luz solar puede hacer que los colores de la tela se desvanezcan con el tiempo; acelera la degradación de los colorantes utilizados en los textiles, causando cambio de tonalidad y ocurre debido a la absorción de energía UV, que rompe los enlaces químicos de los colorantes. Los rayos UV pueden descomponer los tintes, haciendo que los colores se vuelvan más claros y apagados; a este proceso se lo conoce como fotodegradación (Sánchez, 2020)

Con el tiempo, los tejidos expuestos a la radiación pierden resistencia a la tracción y elongación, lo que reduce su vida útil. Esto sucede porque la radiación UV degrada la celulosa del algodón, reduciendo su capacidad de soportar esfuerzos mecánicos. Cuando la lona es nueva, resiste mejor los tirones, pero después de una exposición prolongada, si se intenta estirar, se romperá con menos esfuerzo (Arluna, 2020).

También puede afectar la elasticidad de ciertos materiales como elastano, presentes en prendas como trajes de baño, ropa deportiva y otras. Con el tiempo, la exposición al sol puede hacer que estas prendas pierdan su forma original y se vuelvan menos ajustadas (Limpe, 2019).

1.3.4 Acabado por agotamiento.

Un acabado por el método de agotamiento es un proceso que se realiza en húmedo, debido a que el sustrato es sumergido en un baño que está compuesto por agua con productos disueltos en el que ocurre una reacción entre el apresto y el tejido (Lozano, 2020). El objetivo es otorgar nuevas propiedades al tejido o a su vez mejorar las iniciales; el conferir propiedades funcionales le dan un valor agregado al mismo (Irshad et al., 2023).

Para este método se utilizan factores como; el volumen del baño o relación de baño (RB) que indica la cantidad de materia por volumen de disolución. Es muy común emplear la terminología de concentración en gramos por litro (g/L) o mililitros por litro (ml/l). Y se debe controlar la temperatura, tiempo y pH del baño. Para ello se debe establecer una curva de procesos donde se indica en el eje ordenadas la temperatura del baño y en el eje de abscisas el tiempo del proceso (Lozano, 2020).

En el proceso de agotamiento, los productos químicos se absorben y penetran en la fibra de manera gradual con una distribución homogénea del acabado en toda la fibra, evitando problemas como manchas o irregularidades en el tratamiento. Permite una mayor afinidad y fijación del acabado en comparación con otros métodos. Esto es especialmente útil en acabados como, suavizado, antimicrobiano, repelencia al agua, entre otros, donde la interacción química entre el acabado y la fibra es fundamental para la durabilidad del efecto (Pourang et al., 2022).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Tipos de investigación

La investigación se clasifica de acuerdo con el objeto de estudio, al tiempo del mismo, al objetivo planteado y a los procedimientos implicados a partir de formas estructuradas de conocimiento de hechos significativos (Daen, 2021)

2.1.1 Investigación experimental

La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo en determinadas condiciones, estímulos o tratamientos. Dentro de esta investigación se encuentran dos variables: independientes y dependientes (Rodríguez, 2020). En el presente estudio la experimentación se llevará a cabo mediante la aplicación de soya en diferentes concentraciones, siendo esta misma la variable independiente, mediante un proceso de microencapsulado por el método de agotamiento en el que el tejido se sumerge en la solución que contiene la soya y otros productos auxiliares durante un tiempo y temperatura establecida.

2.1.2 Investigación analítica

Es un proceso cognitivo que implica descomponer un objeto en partes para estudiarlas en forma individual; tiene diferencias específicas, que determinan el campo de la realidad del que se ocupan y de los objetivos que se buscan en una investigación (Huilcapi y Gallegos, 2020). La investigación analítica se enfocará en analizar e interpretar los resultados obtenidos en la fase experimental, dado que con esta información se realizará un análisis estadístico detallado para identificar la normalidad, tendencia, y otros, entre las diferentes dosificaciones aplicadas al sustrato textil, para ello se utilizarán herramientas como Microsoft Excel y Past 4.

2.2 Técnicas de investigación

Son procedimientos y herramientas empleadas para recolectar, analizar e interpretar datos. De acuerdo con Rodríguez, (2020) estas técnicas se aplican según la naturaleza del fenómeno estudiado y el enfoque metodológico adoptado.

2.2.1 Revisión bibliográfica

Esta técnica consiste en la recopilación y análisis de información obtenida de fuentes académicas y científicas para fundamentar una investigación. Su aplicación se orientó a analizar la viabilidad de la soya como agente protector UV en telas; para ello se realizó una revisión de estudios previos sobre la composición de la soya, sus propiedades fotoprotectoras, y otros antecedentes relevantes.

2.2.2 Análisis instrumental

Implica el uso de equipos de medición especializados para evaluar las propiedades físicas o químicas de un material u otros aspectos (Sampieri et al., 2022). Para la ejecución del acabado protector UV, se utilizarán varios equipos entre los que se encuentran; un autoclave, un fotoradiómetro, un túnel de secado y Wascator para lavado de las muestras.

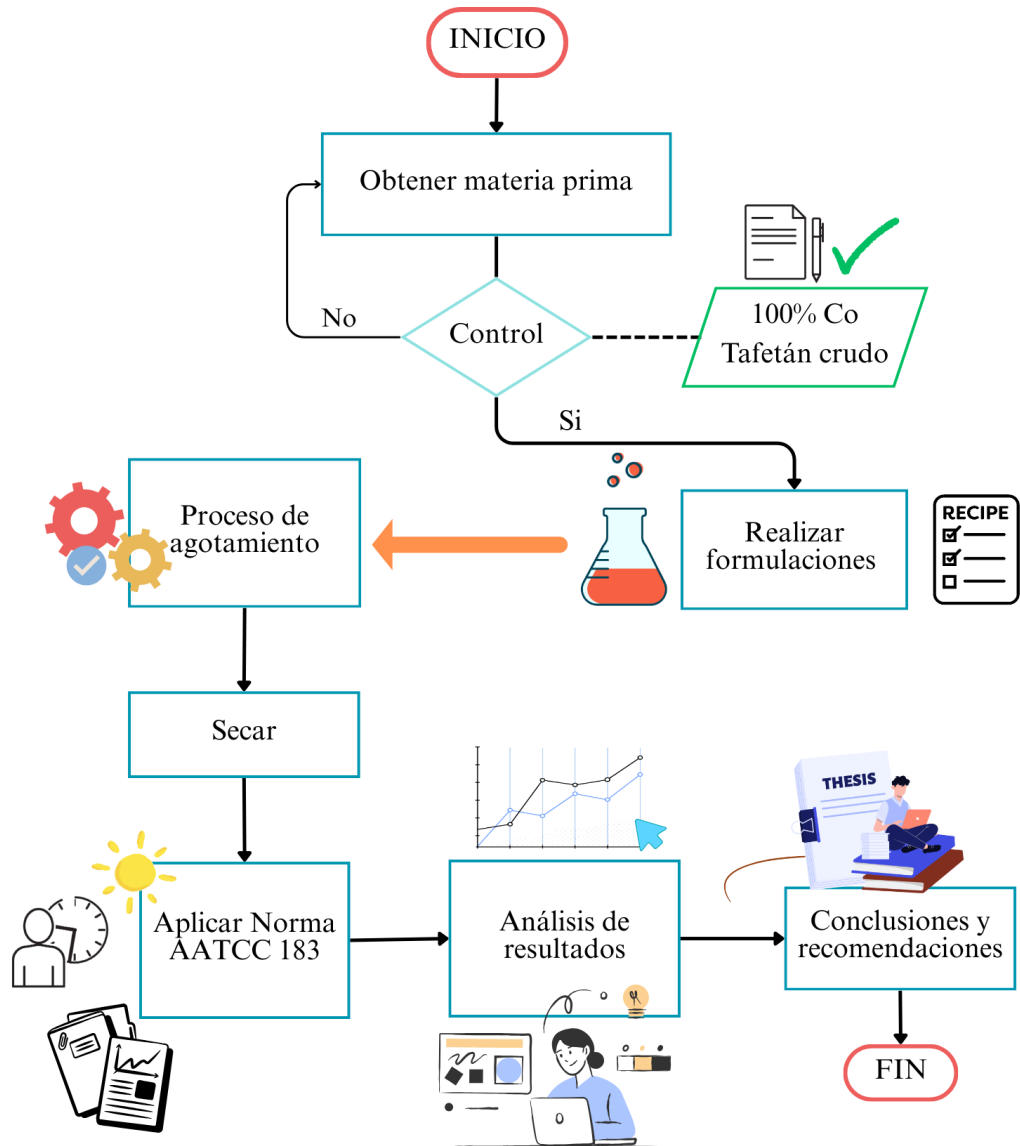
2.3 Flujogramas

2.3.1 Flujograma general

La **Figura 4** resume el proceso de desarrollo de un acabado protector UV a base de soya, iniciando desde la obtención de la materia prima y finalizando en la redacción de conclusiones y recomendaciones.

Figura 4

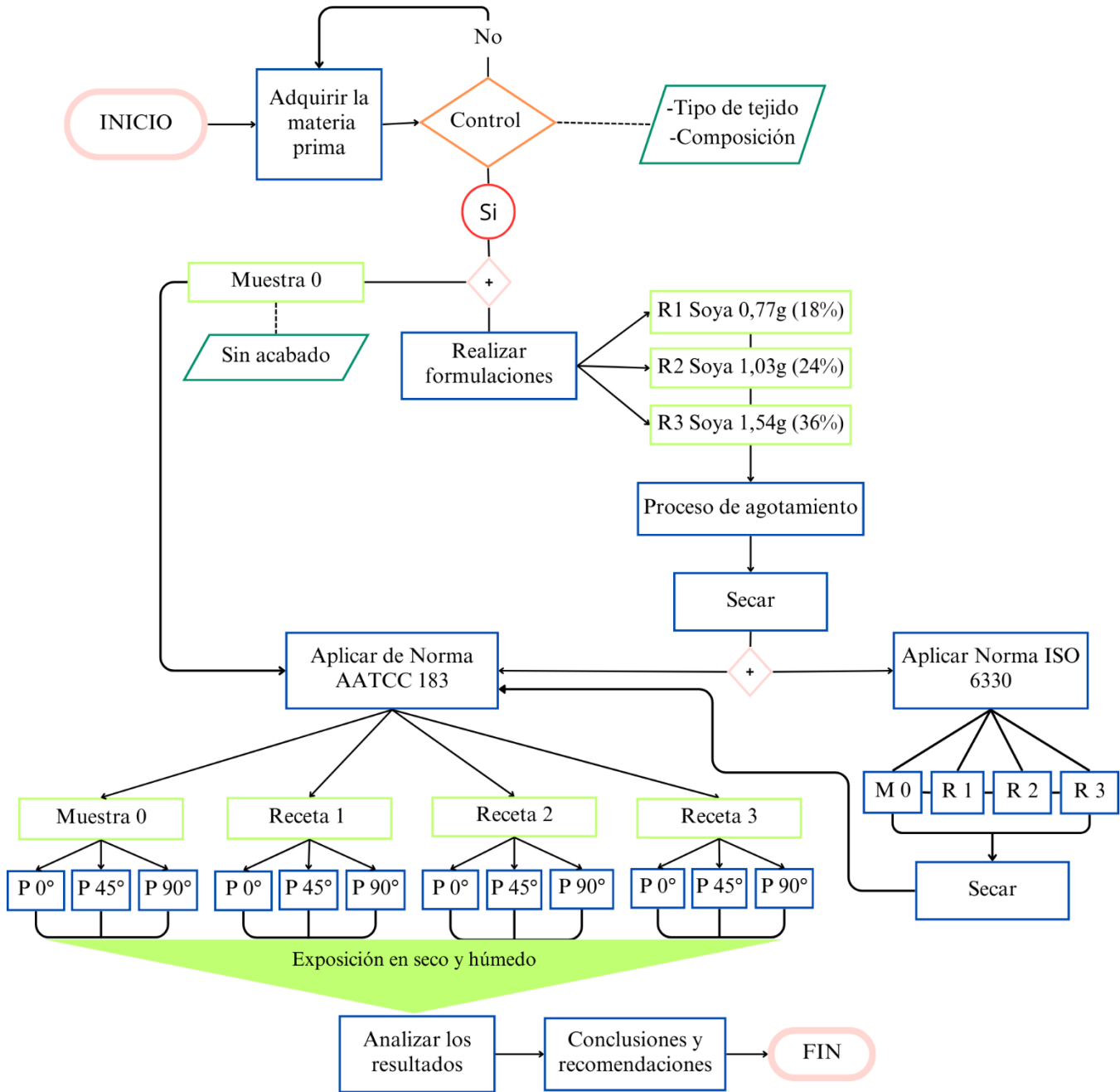
Representación gráfica general del proceso



Fuente: Propia

2.3.2 Flujograma muestral

Figura 5
Representación gráfica muestral del proceso



Nota: la letra "R" corresponde a la inicial de "Receta" y el número que la acompaña identifica a cada una de las 3 recetas formuladas con diferentes concentraciones de soya. La letra "M"


corresponde a la inicial de muestra. De igual manera, "P" indica la posición angular de la muestra, y el número a su derecha representa el ángulo de orientación. Fuente: Propia

2.4 Materiales y equipos

2.4.1 Tejido tafetán

Para este estudio se utilizó un tejido plano tafetán crudo 100% algodón; la **Tabla 1** muestra sus principales características.

Tabla 1
Especificaciones del tejido

Característica	Descripción	Gráfico
Composición	100% algodón	
Tipo de ligamento	Tafetán	
Ancho del tejido	1,5 m	
Densidad urdimbre	68 hilos/pulg	
Densidad trama	62 pasadas/pulg	
Título urdimbre	24 Ne	
Título trama	20 Ne	

2.4.2 Harina de soya.

La harina de soya es un producto derivado de la molienda de granos de soya; es rica en proteínas (aproximadamente 40%), isoflavonas y otros compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes (del Castillo & Benavent, n.d.).

Figura 6
Harina de soya



Fuente: Autor

2.4.3 Microemulsión de silicona.

Este producto se utilizó con la finalidad de encapsular la harina de soya y facilitar su incorporación al tejido durante el proceso de agotamiento.

Tabla 2

Características de la microemulsión de silicona.

Característica	Descripción
Nombre comercial	Fabsoft
Aspecto físico	Líquido viscoso de incoloro a amarillo
pH de la solución	5 ±1
Compatibilidad	Compatible con productos catiónicos, aniónicos y no iónicos
Estabilidad	Estable a ácidos y álcalis diluidos

Fuente: Adaptado de (Chemicals, 2025)

2.4.4 Autoclave de laboratorio IR Dyer

Es una máquina de teñido por vasos de precipitación de acero inoxidable con alta tecnología de calentamiento por infrarrojos (Ver **Tabla 3**) y un disco giratorio que gira 360°. Y

uno de los tubos posee un sensor que mide la temperatura mediante una sonda de precisión (Rapid, 2025).

Tabla 3
Especificaciones del equipo IR Dyer

Ítem	Característica	Descripción
1	Fuente de calor	Calefacción por infrarrojos.
2	Gradiente de temperatura	5 °C/min
3	Temperatura máxima de trabajo	140°C
4	Sistema de refrigeración	Aire circulante
5	Volumen del recipiente de tinte	150 mL.
6	Número de posiciones de recipientes	24
7	Consumo de energía	4 o 6 KW

Fuente: Adaptado de (Rapid, 2025)

Figura 7
Equipo IR Dyer



Fuente: Autor

2.4.5 Túnel de secado

Es una máquina que se utiliza para secar y/o termofijar las muestras de tejido, para ello se debe tomar en cuenta dos parámetros: la temperatura y la velocidad, mismos que se establecen de acuerdo con el tipo de material y acabado realizado.

Figura 8

Túnel de secado disponible en la CTEX



Fuente: Autor

2.4.6 Fotoradiómetro

Es un instrumento portátil que sirve para medir la iluminación, la luminancia, el PAR y la irradiación en las zonas de espectro VIS-NIR, UVA, UVB y UVC gracias a las sondas de medición intercambiables.

Tabla 4

Parámetros de radiación UV

Tipo de onda	Longitud de onda	Nivel de absorción
UV-A	315-399 nm	No absorbida por la capa de ozono
UV-B	280-314 nm	Mayormente absorbida por la capa de ozono
UV-C	100-279 nm	Completamente absorbida por la capa de ozono


Fuente: Adaptado de (CDC, 2023)

Electrical4U, (2024) explica las magnitudes luminosas que examina el fotoradiómetro:

- Luminancia (L): mide la intensidad luminosa que puede ser captada por la vista del ser humano tomando en cuenta el ángulo, tiene por unidad de medida a la candela por metro cuadrado (cd/m²).
- Iluminancia (E): evalúa el flujo de luminosidad que afecta a una superficie por metro cuadrado. Su unidad de medida es el Lux.
- Irradiancia: mide la cantidad de energía radiante que admite una superficie y sus unidades son los vatios o watts por metro cuadrado (W/m²).

Tabla 5

Unidades de medida del fotoradiómetro

Medida	Unidad	Gráfico
Irradiancia (ΦE)	W/m ²	
Luminancia (L)	cd/m ²	
Iluminancia (E)	Lux-lx	

Fuente: Adaptado de (Electrical4U, 2024)

2.4.7 Wascator

Es una máquina de lavado normalizada para laboratorios textiles y cumple con los requisitos de normas europeas. Simula un lavado doméstico, que sirve para procesos de determinación de encogimiento, estabilidad dimensional, aspecto después del lavado como la permanencia de un acabado (James Heal, 2025).

Figura 9

Wascator



Fuente: Autor

2.5 Normas de referencia

2.5.1 Norma AATCC 183: método de prueba de la transmitancia o bloqueo de los rayos UV sobre los tejidos.

La norma describe un procedimiento estandarizado para medir la capacidad de un tejido de bloquear o transmitir radiación UV a través del tejido. En el presente estudio, se aplicará esta norma para conocer el grado de efectividad de la soya como agente protector UV. Los valores obtenidos permitirán comparar las diferentes concentraciones de soya aplicadas y determinar cuál proporciona la mejor protección frente a la radiación UV.

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

Esta norma establece los métodos estandarizados para el lavado y secado de los textiles, lo que permite evaluar la solidez del acabado después de varios ciclos de lavado. En el estudio, se aplicó para evaluar los cambios en el tejido después de este proceso en función de los resultados iniciales y, en consecuencia, conocer si el acabado es permanente o no permanente.

2.6 Procedimiento

2.6.1 Identificación de fibra

Este procedimiento se realizó dado que la tela utilizada en este estudio no presenta una ficha técnica que especifique la composición del tejido. Para este proceso se aplicó la norma AATCC 20: Análisis de fibra – Método cualitativo (Darong, 2024).

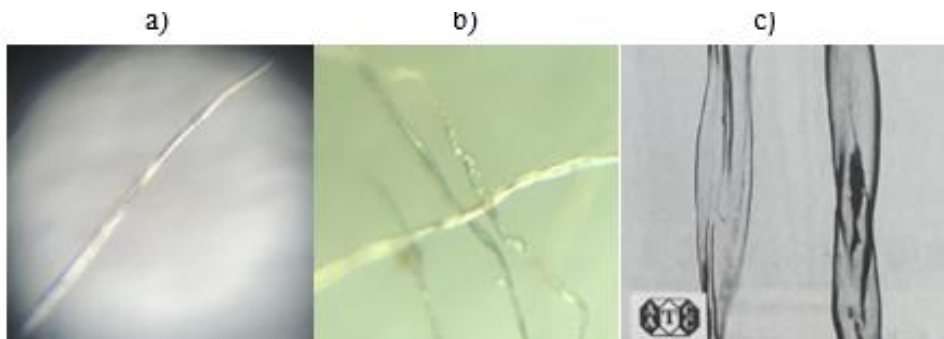
a) Observación microscópica

El ensayo con microscopio es útil para caracterizar la morfología de la fibra en una vista longitudinal y la apariencia de la fibra. Inicialmente se debe extraer la fibra a partir de los hilos, tanto de urdimbre como de trama y seguir el siguiente proceso:

- Colocar la fibra en el portaobjetos uno a la vez.
- Elegir el lente de observación.
- Tomar fotografías de la vista microscópica
- Analizar su apariencia y comparar las fotografías con las imágenes de referencia estandarizadas que proporciona la norma.

Figura 10

Vista microscópica longitudinal del hilo de algodón.



Nota: la imagen a) corresponde a la vista microscópica de la fibra del hilo de trama, la b) pertenece a la fibra del hilo de urdimbre y la c) es la fotografía de referencia estandarizada que indica la norma. Fuente: Propia

En la **Figura 10** se observa que las fibras analizadas presentan una morfología de cinta aplanada, con torsiones naturales a lo largo de la fibra y grosor irregular, características propias de la fibra de algodón cuando es observada microscópicamente en sentido longitudinal.

b) Prueba método pirométrico

Este método consiste en quemar una parte del tejido con el fin de identificar su composición, mediante la evaluación de diversas características y comportamiento del material durante y después de su exposición a la flama, como se especifica en la **Tabla 6**.

Tabla 6

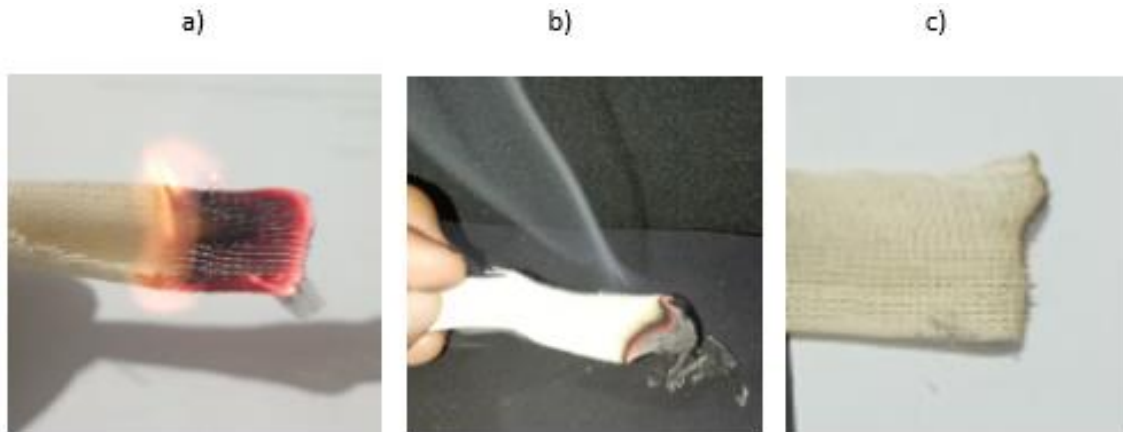
Resultados de la prueba de combustión

Parámetros observados	Resultado
Reacción al acercarse a la flama	Arde rápidamente con una flama estable
Comportamiento al retirar de la flama	El tejido continúa quemándose
Color de la flama	Naranja rojizo
Color de humo	Gris claro a blanquecino
Olor que percibe	Similar al papel o madera quemada
Aspecto del residuo	Ceniza fina y gris
Textura del residuo	Suave, ligero y fácil de deshacer

Fuente: Propia

Figura 11

Prueba de combustión



Nota: la imagen a) corresponde a la reacción del tejido al entrar en contacto con la flama; la b) muestra el estado de la tela después de extinguirse la llama y la imagen c) su condición final luego de apagarse completamente. Fuente: Propia.

En función de los resultados obtenidos a través de la prueba de observación microscópica longitudinal de la fibra, así como su comportamiento en el método pirognóstico se determinó que el tejido es 100% algodón.

2.6.2 Proceso de desengomado

El proceso de desengomado se realizó con la finalidad de eliminar la película de goma que cubre la superficie de la tela para que esta tenga una correcta absorción de los productos en los procesos posteriores de tintura y microencapsulado, para este procedimiento se utilizó la máquina de prelavados, en una relación de baño 1:7 (por cada 1 kg de teja se aplica 7 litros de agua), y los productos utilizados fueron detergente y humectante.

Tabla 7

Receta de desengomado

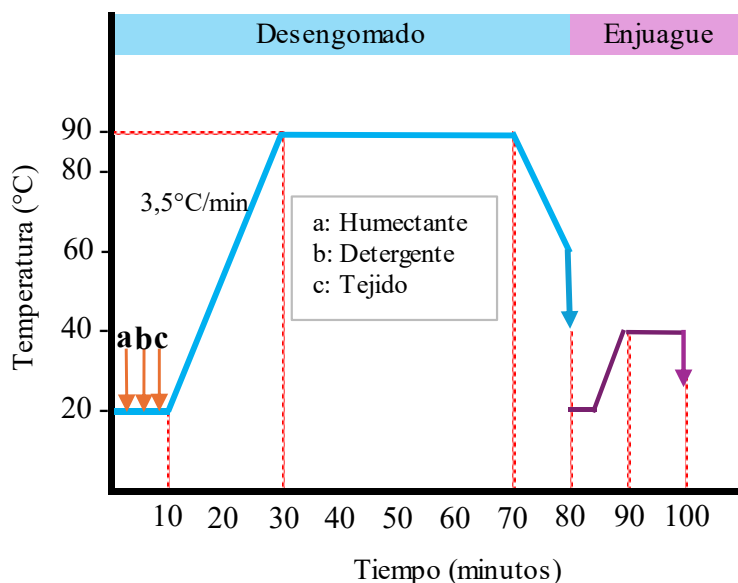
Material: 100% algodón		
Peso de la muestra:	350g	R:B= 1:7
Volumen:	2,45 L	
Producto	g/L	Cantidad
Detergente	1 g/L	0,35g
Humectante	1,5 g/L	0,52g

Fuente: Propia.

En la **Figura 12** se muestra la curva de proceso para el desengomado de la tela, la cual inicia a temperatura ambiente, se maneja una gradiente de 3,5°C/min, al alcanzar una temperatura de 90°C se mantiene por 45 minutos y finalmente se realiza un enjuague a 40°C durante 10 minutos. Todas las curvas de procesos presentadas en este trabajo de investigación fueron elaboradas en Microsoft Excel.

Figura 12

Curva del proceso de desengomado



Fuente: Propia

2.6.3 Desarrollo del proceso de teñido

La tintura se llevó a cabo en la máquina IR Dyer, utilizando un colorante reactivo Drimaren naranja K3R. La **Tabla 8** muestra los productos y cantidades utilizados en este proceso. Y la **Figura 13** indica la curva del proceso.

En todas las recetas formuladas se aplicó un mismo procedimiento de cálculo, basado en el peso del tejido (los colorantes) y la relación de baño establecida (para los auxiliares).

Para los productos dosificados en g/L la cantidad requerida se determinó multiplicando la concentración indicada por el volumen del baño:

$$C_{\text{álcali}} = 2 \frac{g}{L} \times 0,0328 L = 0,065 g$$

En el caso de los productos presentados en porcentaje (%) la cantidad a aplicar se calculó en función del peso del tejido, aplicando la relación porcentual correspondiente:

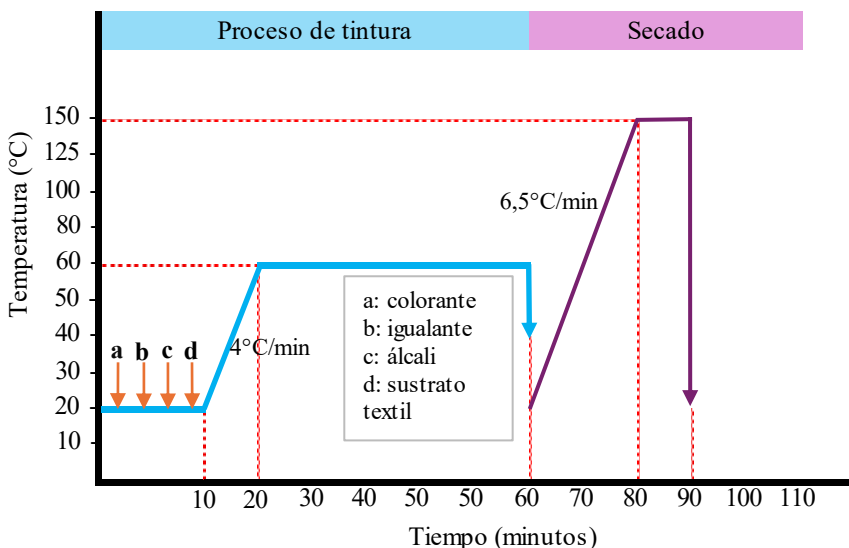
$$C_{\text{colorante}} = \frac{3 \times 3,28}{100} = 0,098 g$$

Tabla 8
Receta para tintura

Material: 100% algodón			
Peso de la muestra (g)	3,28	R:B= 1:10 (g:mL)	
Volumen (mL)	32,8		
Producto	g/L	Porcentaje	Cantidad
Colorante		3%	0,098 g
Álcali	2 g/L		0,065 g
Igualante	1 g/L		0,32 g
Sal textil	40 g/L		1,31 g

Fuente: Propia

Figura 13
Curva de tintura



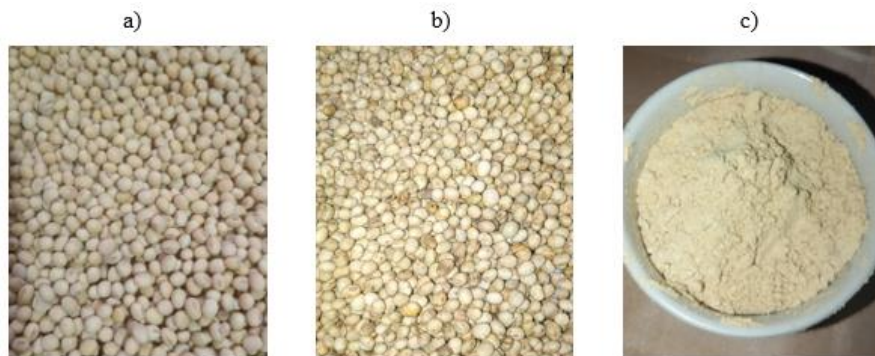
Fuente: Propia

2.6.4 Obtención de la harina de soya

La harina de soya resulta de la molienda de la semilla de soya, para ello se tomó en consideración las etapas del procesamiento dispuestas por CPM (2025), en las que incluyen: La limpieza del grano con el objetivo de eliminar cualquier tipo de impureza como piedras, polvo o granos en mal estado; después de seleccionar el grano, se debe tostar, con el fin de reducir su contenido de humedad y facilitar el descascarado, que consiste en separar la cáscara del grano; también se debe aspirar para retirar residuos restantes; una vez el grano está en óptimas condiciones, se procede a moler y finalmente se debe pasar por una malla fina o colador con el propósito de separar el polvo grueso del fino para obtener una harina homogénea. El residuo resultante puede ser molido cuantas veces sea necesario para aprovechar al máximo los granos de soya.

Figura 14

Preparación de harina de soya



Nota: La imagen a) muestra los granos de soya limpios y sin impurezas. En la imagen b) se muestran los granos luego de ser tostados. Finalmente, la imagen c) corresponde a la harina de soya. Fuente: Autor

2.6.5 Preparación de la receta para microencapsulado

Para este trabajo se elaboraron tres recetas diferentes, en las que su variable independiente fue la concentración de soya, (ver **Tabla 9**, **Tabla 10** y **Tabla 11**), mientras que la microemulsión de silicona se aplicó 25% en todas las recetas, por último, 2g/L de ácido acético con la finalidad de ajustar el pH del baño.

Tabla 9

Concentraciones receta 1

Material: 100% algodón			
Peso de la muestra:	4,3g	R:B= 1:10 (g:mL)	
Volumen:	43 mL		
Producto	g/L	Porcentaje	Cantidad
Microemulsión		25%	1,075 g
Soya		18%	0,774g
Ácido acético	2 g/L		0,086g

Fuente: Propia

Tabla 10*Concentraciones receta 2*

Material: 100% algodón			
Peso de la muestra: 4,3 g		R: B= 1:10 (g:mL)	
Volumen: 43 mL			
Producto	g/L	Porcentaje	Cantidad
Microemulsión		25%	1,075 g
Soya		24%	1,032 g
Ácido acético	2 g/L		0,086 g

Fuente: Propia

La **Tabla 11** **Tabla 10** corresponde a la tercera y última receta, en la que el porcentaje de concentración de soya es mayor a las recetas anteriores.

Tabla 11*Concentraciones receta 3*

Material: 100% algodón			
Peso de la muestra (g): 4,3g		R: B= 1:10 (g:mL)	
Volumen: 43 mL			
Producto	g/L	Porcentaje	Cantidad
Microemulsión		25%	1,075 g
Soya		36%	1,548 g
Ácido acético	2 g/L		0,086 g

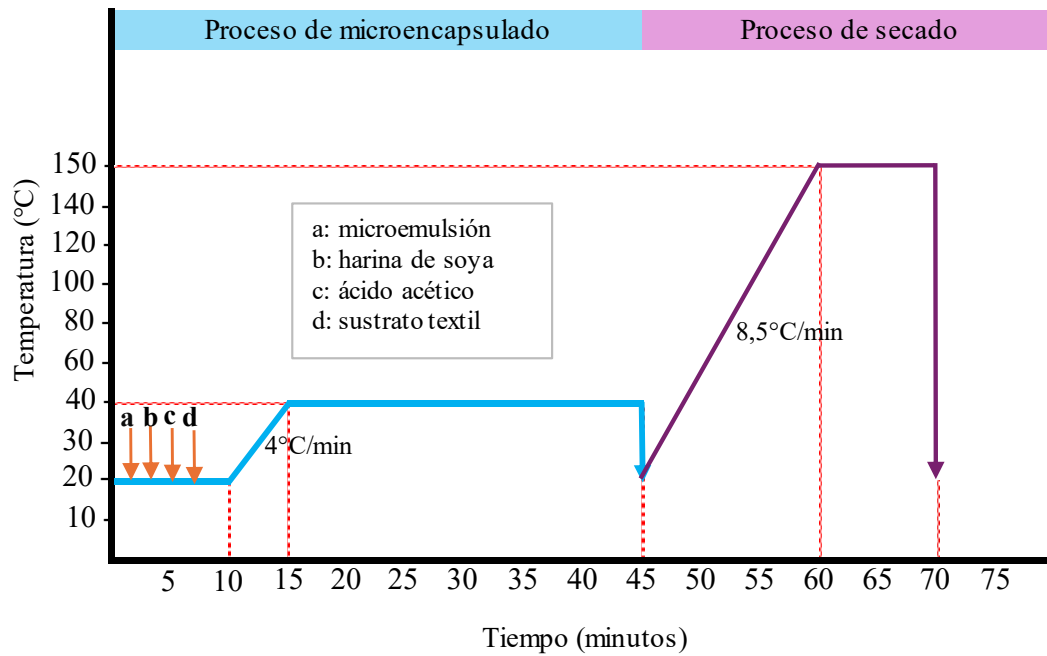
Fuente: Propia

2.6.6 Aplicación del acabado por agotamiento

El proceso de acabado por agotamiento se llevó a cabo en la máquina IR Dyer. La curva de proceso se muestra en la **Figura 15**, donde se indica la temperatura y tiempo de tratamiento del microencapsulado y de secado.

Figura 15

Curva de proceso del microencapsulado

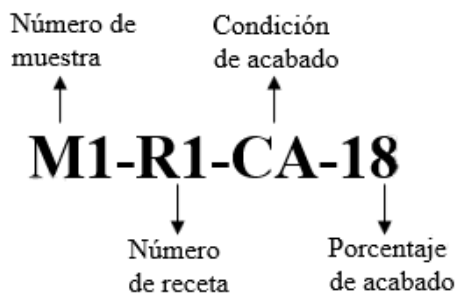


Fuente: Propia

Para cada concentración de soya se prepararon tres probetas, dando un total de nueve muestras. La **Figura 16** presenta el esquema de codificación empleado para identificar cada una de estas, considerando el número de muestra, el número de receta, la condición de acabado (presencia o no del mismo) y el porcentaje aplicado.

Figura 16

Código de muestras



Fuente: Propia

2.7 Pruebas de laboratorio

2.7.1 Medición de la protección UV: Prueba de transmisión o bloqueo de la radiación ultravioleta a través de los tejidos Norma AATCC 183

Esta prueba se realizó a todas las probetas analizadas, incluyendo las muestras con acabado y las muestras base sin acabado. De acuerdo con American Association of Textile Chemists and Colorists [AATCC], (2024) se deben realizar las pruebas en seco y húmedo, para lo cual establece el siguiente procedimiento:

a) Método de pruebas en seco.

- Cortar probetas de mínimo 50x50mm
- Acondicionar las probetas en una atmósfera estandarizada de $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $65 \pm 2\%$ HR (humedad relativa) durante un tiempo de 4 horas, evitando la manipulación de estas.
- Colocar las probetas a una orientación determinada, posición inicial 0°
- Posteriormente en un ángulo de 45°
- Finalmente, a 90° con respecto a la posición inicial

b) Método de pruebas en húmedo.

Para este método, las muestras se colocaron de forma plana en un recipiente con agua destilada durante 30 minutos. El sustrato se cubrió en su totalidad y se agitó paulatinamente para conseguir una humectación homogénea. Este proceso se realizó de forma individual para cada una de las probetas (Ver **Anexo 6**).

Una vez que la muestra se encontró en estado húmedo, se llevó a cabo el mismo proceso descrito en el literal a) correspondiente al método de prueba en seco.

2.7.2 Prueba de solidez al lavado: Procedimientos de lavado y secado en el hogar para pruebas textiles Norma ISO 6330.

Esta norma se utilizó para someter al tejido a un proceso de lavado, que simula un ciclo de lavado doméstico, con la finalidad de evaluar la permanencia o desprendimiento del acabado aplicado y, en consecuencia, determinar la efectividad del acabado.

De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización [ISO], (2022) el lavado se realiza en una lavadora tipo A de tambor horizontal y carga frontal. Se emplearon contrapesos tipo 1, considerando que el material corresponde a un tejido 100% algodón y detergente de referencia tipo 3; el procedimiento a seguir se describe a continuación.

- a) Colocar las muestras en la lavadora juntamente con el contrapeso (1kg)
- b) Colocar en 20 ± 1 gramos de detergente antes de iniciar el ciclo de lavado
- c) Establecer las condiciones de lavado ingresando el método 3N en el programa de la lavadora, mismo que indica condiciones de lavado normales: $30 \pm 3^{\circ}\text{C}$ de temperatura, 100 mm de nivel de agua y 15 minutos de lavado sin enfriamiento.
- d) Secar al aire libre
- e) Evaluar y comparar resultados.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Tabla de resultados de medición UV.

Para la medición de la radiación ultravioleta se consideran dos espectros, que son: UV-A y UV-B, y para ello se utilizó un fotoradiómetro. Antes de realizar las mediciones, se establecieron parámetros ambientales conforme a la norma AATCC 183, y otros criterios técnicos que se muestran en la **Tabla 12**, con el propósito de mantener condiciones controladas durante todas las mediciones y asegurar la validez de los resultados.

Tabla 12

Consideraciones para la evaluación de la radiación UV

Parámetros	Valores
Temperatura ambiente	22 - 23°C
Hora de medición	12:00 pm – 14:00 pm
Irradiancia UV-A (W/m ²)	2,3262 - 19,2016
Irradiancia UV-B (W/m ²)	0,22173 - 0,81173

Fuente: Propia

Los datos consignados de irradiancia de la **Tabla 12** están expresados en W/m², es decir, vatios por metro cuadrado, esta unidad mide la intensidad de la radiación solar que incide sobre una superficie específica, representando la cantidad de energía solar recibida y corresponden al promedio de 10 mediciones sin colocar la tela; con el propósito de contar con un valor único que sintetice los resultados obtenidos. Y con el fin de expresar estos mismos resultados en términos de porcentaje de protección del acabado y facilitar el análisis de los datos, se utilizó la fórmula

descrita por ASTM Internacional, (2023) tomando como referencia los valores de irradiancia obtenidos sin la presencia del tejido.

$$\% \text{ protección UV} = \left(1 - \frac{\text{Exposición con muestra}}{\text{Exposición sin muestra}}\right) \times 100$$

$$\% \text{ protección UV} = \left(1 - \frac{0,6162}{19,2016}\right) \times 100 = 96,79$$

Tabla 13

Resultados de medición de irradiancia en seco antes del lavado.

Unidad de medida (W/m ²)	UV-A			UV-B		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°
M01-R0-SA	0,6162	1,6300	0,4053	0,0192	0,0921	0,0075
Porcentaje de protección	96,79	91,51	97,89	97,63	88,65	99,08
M1-R1-CAS-18	0,4702	1,33	0,3685	0,0116	0,0532	0,0048
Porcentaje de protección	97,55	93,07	98,08	98,57	93,45	99,41
M1-R2-CAS-24	0,3152	1,27	0,2931	0,0103	0,0401	0,0047
Porcentaje de protección	98,36	93,39	98,47	98,73	95,06	99,42
M1-R3-CAS-36	0,2955	1,217	0,2181	0,0091	0,0358	0,0044
Porcentaje de protección	98,46	93,66	98,86	98,88	95,59	99,46

Nota: los valores presentados frente a cada código corresponden a las mediciones obtenidas con el fotoradiómetro y se expresan en W/m²; debajo de cada uno se presenta el valor correspondiente al porcentaje de protección UV.

Tabla 14*Resultados de medición de irradiancia en húmedo antes del lavado*

Unidad de medida (W/m ²)	UV-A			UV-B			
	Posición Codificación	0°	45°	90°	0°	45°	90°
M01-R0-SA		0,6741	1,6996	0,4404	0,0252	0,0961	0,0077
Porcentaje de protección		96,49	91,15	97,71	96,90	88,16	99,05
M1-R1-CAS-18		0,549	1,4011	0,4176	0,0176	0,0608	0,0057
Porcentaje de protección		97,14	92,70	97,83	97,83	92,51	99,30
M1-R2-CAS-24		0,4682	1,3627	0,3778	0,0145	0,0526	0,005
Porcentaje de protección		97,56	92,90	98,03	98,21	93,52	99,38
M1-R3-CAS-36		0,3715	1,2964	0,3254	0,0121	0,0482	0,0047
Porcentaje de protección		98,07	93,25	98,31	98,51	94,06	99,42

Fuente: Propia

La **Tabla 15** y **Tabla 16** presentan los resultados de irradiancia obtenidos en las muestras que fueron sometidas a un proceso de lavado, con el objetivo de evaluar la durabilidad del acabado.

Tabla 15*Resultados de medición de irradiancia en seco después del lavado*

Unidad de medida (W/m ²)	UV-A			UV-B			
	Posición Codificación	0°	45°	90°	0°	45°	90°
M02-R0-SA		0,6204	1,6399	0,4162	0,0187	0,0929	0,0076
Porcentaje de protección		96,77	91,46	97,83	97,70	88,56	99,06
M2-R1-CAS-18		0,5199	1,4923	0,4101	0,0139	0,056	0,0058
Porcentaje de protección		97,29	92,23	97,86	98,29	93,10	99,29

M2-R2-CAS-24	0,3687	1,3662	0,3689	0,0118	0,0457	0,0056
Porcentaje de protección	98,08	92,88	98,08	98,55	94,37	99,31
M2-R3-CAS-36	0,3018	1,2831	0,3034	0,0087	0,0392	0,0049
Porcentaje de protección	98,43	93,32	98,42	98,93	95,17	99,40

Fuente: Propia

Tabla 16

Resultados de medición de irradiancia en húmedo después del lavado

Unidad de medida (W/m ²)	UV-A			UV-B		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°
M02-R0-SA	0,6702	1,6812	0,4448	0,0249	0,0954	0,0075
Porcentaje de protección	96,51	91,24	97,68	96,93	88,25	99,08
M2-R1-CAS-18	0,5811	1,5391	0,4333	0,0176	0,0677	0,0055
Porcentaje de protección	96,97	91,98	97,74	97,83	91,66	99,32
M2-R2-CAS-24	0,5208	1,4561	0,4106	0,0149	0,0558	0,0053
Porcentaje de protección	97,29	92,42	97,86	98,16	93,13	99,35
M2-R3-CAS-36	0,4463	1,3354	0,3713	0,0144	0,0502	0,005
Porcentaje de protección	97,68	93,05	98,07	98,23	93,82	99,38

Fuente: Propia

Para calcular el porcentaje real de protección UV que proporciona el acabado aplicado, se tomó como referencia el porcentaje obtenido en las muestras sin acabado M01-R0-SA (sin lavado) y M02-R0-SA (lavado). Esos valores se utilizaron como la base para comparar los resultados obtenidos en las muestras tratadas con las distintas recetas.

En este contexto, el efecto del acabado se estableció a partir de la diferencia entre el porcentaje de protección UV de la muestra tratada y el correspondiente a la muestra sin acabado. De este modo, la diferencia obtenida representa el valor neto de protección UV atribuible exclusivamente al acabado aplicado.

Por ejemplo, la muestra sin acabado tiene un porcentaje de protección de 96,79% mientras que la muestra tratada con la receta M1-R1-CAS-18 alcanza 97,55 %. Por lo tanto, el aporte real del acabado se calcula de la siguiente manera:

$$97,55 - 96,79 = 0,76\%$$

Tabla 17

Porcentaje de protección UV de las muestras sin lavado

Codificación	Medición en seco						Medición en húmedo					
	UV-A			UV-B			UV-A			UV-B		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
M01-R0-SA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M1-R1-CAS-18	0,76	1,56	0,19	0,94	4,79	0,33	0,65	1,55	0,12	0,94	4,35	0,25
M1-R2-CAS-24	1,57	1,87	0,58	1,10	6,41	0,34	1,07	1,75	0,33	1,32	5,36	0,33
M1-R3-CAS-36	1,67	2,15	0,97	1,24	6,94	0,38	1,58	2,10	0,60	1,61	5,90	0,37

Fuente: Autor

Tabla 18

Porcentaje de protección UV de las muestras lavadas

Codificación	Medición en seco						Medición en húmedo					
	UV-A			UV-B			UV-A			UV-B		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
M02-R0-SA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M2-R1-CAS-18	0,52	0,77	0,03	0,59	4,55	0,22	0,46	0,74	0,06	0,90	3,41	0,25
M2-R2-CAS-24	1,31	1,43	0,25	0,85	5,81	0,25	0,78	1,17	0,18	1,23	4,88	0,27
M2-R3-CAS-36	1,66	1,86	0,59	1,23	6,62	0,33	1,17	1,80	0,38	1,29	5,57	0,31

Fuente: Propia

3.2 Discusión de resultados

En esta sección se discuten los resultados obtenidos a través de los ensayos realizados con el propósito de interpretar su comportamiento bajo las distintas condiciones evaluadas. Asimismo, se considera la consistencia de los datos y su representación gráfica para sustentar la validez de los resultados y su relación con los objetivos planteados en la investigación.

3.2.1 Normalidad de los datos

El análisis de normalidad de los datos se realizó en el software Past 4; con el objetivo de determinar si los valores tienen una distribución normal, es decir, que los datos se encuentren distribuidos de manera uniforme.

De acuerdo con (Malato, 2025) la prueba de Shapiro-Wilk evalúa si un conjunto de datos se distribuye normalmente y es más eficaz en conjuntos de datos pequeños o en muestras de tamaño pequeño; cuando el valor p es mayor a 0,05 indica que el conjunto de datos se distribuye normalmente, si el valor p es menor al indicado, quiere decir que los datos no tienen una distribución normal.

Figura 17

Normalidad de la protección UV en muestras sin lavado

	Medición en seco						Medición en húmedo					
	UV-A			UV-B			UV-A			UV-B		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Shapiro-Wilk W	0,8981	0,8445	0,9616	0,8202	0,8484	0,7406	0,9958	0,8434	0,9634	0,9283	0,8277	0,8661
p(normal)	0,4215	0,2089	0,7888	0,1437	0,2209	0,0314	0,9851	0,2054	0,8001	0,5845	0,1619	0,2828

Fuente: Propia

Figura 18*Normalidad de la protección UV en muestras lavadas*

	Medición en seco						Medición en húmedo					
	UV-A			UV-B			UV-A			UV-B		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Shapiro-Wilk W	0,9538	0,9749	0,8792	0,9854	0,8644	0,8984	0,9975	0,9982	0,9375	0,8339	0,8993	0,7899
p(normal)	0,7399	0,8713	0,3354	0,9329	0,2764	0,4232	0,9917	0,9945	0,639	0,1782	0,4277	0,0853

Fuente: Propia

De acuerdo con los resultados reflejados en la **Figura 17** y **Figura 18** en este análisis estadístico, todos los valores p(normal) fueron mayores a 0,05 lo que indica que los datos tienen una confiabilidad mayor al 95%, es decir una distribución normal.

3.2.2 Análisis de varianza

Este análisis expresado mediante el coeficiente de variación permite analizar la uniformidad de la protección de las muestras bajo diferentes condiciones de medición UV.

Figura 19*Coefficiente de variación de la protección UV en muestras sin lavar*

	Medición en seco						Medición en húmedo					
	UV-A			UV-B			UV-A			UV-B		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mín	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	1,67	2,15	0,97	1,24	6,94	0,38	1,58	2,1	0,6	1,61	5,9	0,37
Sum	4	5,58	1,74	3,28	18,14	1,05	3,3	5,4	1,05	3,87	15,61	0,95
Median	1,165	1,715	0,385	1,02	5,6	0,335	0,86	1,65	0,225	1,13	4,855	0,29
Coeff. var	78,132	68,868	99,011	68,322	69,65	67,173	81,049	68,76	100,23	72,447	68,669	69,898

Nota: para el análisis se toma en cuenta los valores de la última fila que corresponde al coeficiente de variación. Fuente: Propia

Figura 20

Coefficiente de variación de la protección UV en muestras lavadas

	Medición en seco						Medición en húmedo					
	UV-A			UV-B			UV-A			UV-B		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	1,66	1,86	0,59	1,23	6,62	0,33	1,17	1,8	0,38	1,29	5,57	0,31
Sum	3,49	4,06	0,87	2,67	16,98	0,8	2,41	3,71	0,62	3,42	13,86	0,83
Median	0,915	1,1	0,14	0,72	5,18	0,235	0,62	0,955	0,12	1,065	4,145	0,26
Coeff. var	86,203	79,969	125,148	77,425	69,620	70,593	82,258	81,530	108,149	69,618	71,556	67,742

Fuente: Propia

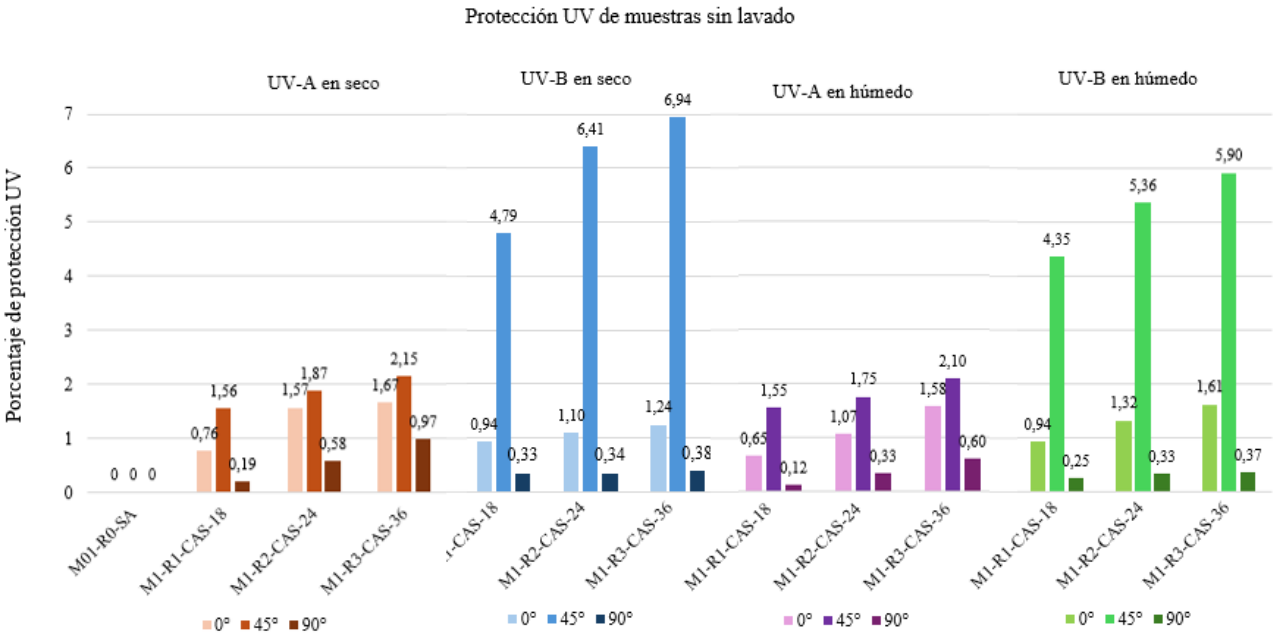
Como se observa en la **Figura 19** y **Figura 20** el coeficiente de variación presentó un valor máximo de 125,14 y un valor mínimo de 67,74 lo que indica una baja uniformidad y alta dispersión de los datos. Estos resultados evidencian que variables como el estado del tejido (seco y húmedo), el ángulo de incidencia y el espectro evaluado (UV-A y UV-B) influyen de manera significativa en la variabilidad de la protección UV.

3.2.3 Representación gráfica

Para la elaboración de la **Figura 21** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se utilizaron los datos de la **Tabla 17** y **Tabla 18**, respectivamente.

Figura 21

Protección UV de muestras sin lavar



Fuente: Propia

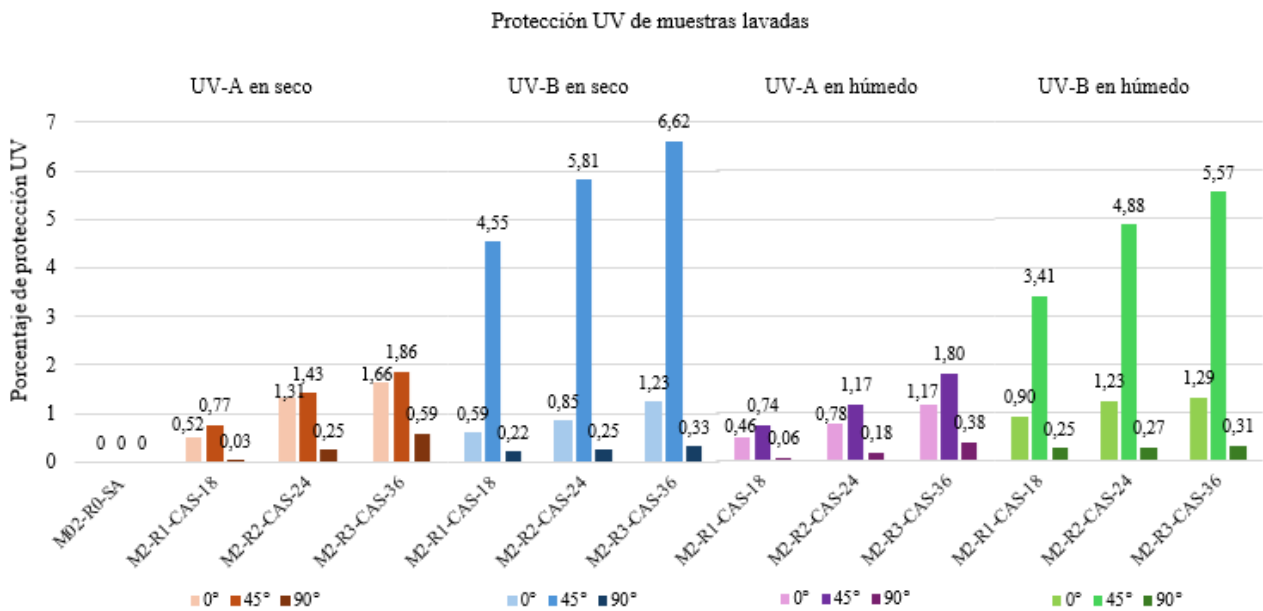
La M01-R0-SA es la muestra base, la cual no se le aplicó ningún acabado, por lo que el porcentaje de protección UV atribuible al acabado es nulo. En contraste, en las muestras con acabado se observa una relación directa entre la concentración de soya empleada en la receta y el nivel de protección.

Los mejores resultados se obtuvieron en la muestra M1-R3-CA-36 en estado seco, tratada con la tercera receta correspondiente a la mayor concentración de soya (36%). Alcanzó el mayor porcentaje registrado, con un valor de 6,94% durante la medición de radiación UV-B en un ángulo de incidencia de 45°. Siguiendo lo establecido por la norma AATCC 183 se realizó la medición en el mismo espectro y ángulo de incidencia, a una muestra tratada con la misma receta, pero en estado húmedo la cual presentó un valor de 5,90% de protección lo que

representa una reducción de 1,07% respecto al estado seco, evidenciando que la presencia de humedad disminuye de manera parcial la efectividad del acabado fotoprotector.

Por otra parte, los porcentajes de protección frente a la radiación UV-A resultaron inferiores en comparación a los obtenidos para UV-B lo que indica una mayor transmitancia de la radiación UV-A a través del tejido, tanto en estado seco como en estado húmedo.

Figura 22
Protección UV de muestras lavadas



Fuente: Propia

De las muestras tratadas en el Wascator la que representa mayor porcentaje es la M2-R3-CA-36 frente a la radiación UV-B en un ángulo de incidencia de 45° alcanzando un valor de 6,62%, mientras que la muestra en estado húmedo presentó un valor de 5,57% lo que refleja que la humedad afecta en un mínimo porcentaje de 1,05% el rendimiento del acabado, cantidad semejante a las muestras sin lavar. No obstante, cuando la muestra M2-RE-CAS-36 fue expuesta a radiación UV-B con un ángulo de incidencia de 90° el porcentaje de protección disminuyó

considerablemente, registrándose valores de 0,33% en estado seco y 0,31% en estado húmedo, evidenciando que el ángulo de incidencia también influyó en la capacidad de bloqueo del tejido.

En condiciones reales de uso la tela no permanece en una posición fija, por lo que la medición a diferentes ángulo permite simular escenarios de exposición más cercanos a la realidad, donde la radiación puede influir de forma perpendicular u oblicua modificando la transmitancia UV y, en consecuencia, el porcentaje de protección.

En conjunto, los resultados de la **Figura 21** y **Figura 22** evidenciaron que el acabado a base de soya aplicado en el tejido incrementa la protección frente a la radiación ultravioleta, siendo este efecto más notable en el espectro UV-B, es así que, el mayor porcentaje de protección corresponde a la muestra M1-R3-CAS-36 en estado seco (sin lavar) con un valor de 6,94%; durante la medición de radiación UV-B en un ángulo de incidencia de 45°, por otro lado, la muestra M2-RE-CAS-36 en estado seco (lavada) evaluada en el mismo ángulo de incidencia y espectro UV-B tuvo un valor de 6,62% presentando una reducción aproximada de 0,32%, demostrando que el proceso de lavado influyó en parte la reducción del porcentaje de protección, lo que indica que ha existido un desprendimiento parcial del acabado. No obstante, las muestras continúan presentando valores de protección UV-B superiores a los de la muestra base, lo que evidencia que la soya en combinación con la microemulsión de silicona permanece encapsulada en la estructura del tejido. Este comportamiento confirma que el acabado es semipermanente.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- A partir de los resultados obtenidos se concluye que la aplicación del acabado a base de soya al 18%, 24% y 36%, mediante el método de agotamiento, con una relación de baño 1:10 y pH controlado entre 5 y 6, sobre un tejido tafetán 100% algodón generó un aumento en la protección UV del material textil. Así mismo, se determinó que el acabado aplicado actúa como agente fotoprotector evidenciándose una relación directa entre la concentración de soya utilizada y el porcentaje de protección UV alcanzado.
- Los resultados obtenidos mediante el fotoradiómetro bajo condiciones controladas de medición (horario de exposición de 12:00 a 14:00 y temperatura ambiente de 24°C) durante los días de ensayo; evidenciaron un mejor desempeño de protección frente a la radiación UV-B en las muestras evaluadas conforme a la norma AATCC 183; los resultados obtenidos en estado seco y húmedo muestran un valor máximo de protección de 6,94% en condición seca y de 5,90% en condición húmeda, a un ángulo de incidencia de 45°, lo que representa una disminución de 1,04%. Esta variación confirma que la presencia de humedad afecta parcialmente el desempeño del acabado; sin embargo, no anula su efecto fotoprotector. Estos valores corresponden a las muestras tratadas con la tercera formulación, correspondiente a la mayor concentración de soya (36%), identificándola como la formulación más eficiente del estudio.
- Con el fin de evaluar la permanencia del acabado, todas las muestras tratadas con diferentes porcentajes de soya fueron sometidas a un proceso de lavado controlado. En este sentido, se realizó un análisis comparativo de las muestras M1-R3-CA-36 (sin lavar) y M2-R3-CA-36 (lavada) tratadas con la tercera formulación evaluadas en el

espectro UV-B y a un ángulo de incidencia de 45°, registrando un porcentaje de protección de 6,52% tras el lavado. Este resultado fue comparado con el de la muestra no lavada, que presentó un valor de 6,94%, evidenciándose una variación mínima de 0,42%. Este comportamiento confirma que el tratamiento conserva una capacidad fotoprotectora significativa luego del lavado, lo que permite clasificarlo como un acabado semipermanente.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda profundizar en el desarrollo y evaluación de nuevas formulaciones, incorporando nuevos agentes fijadores que ayuden a una mayor interacción y retención del acabado en la estructura textil, con la finalidad de mejorar la permanencia frente al proceso de lavado.
- Realizar nuevos trabajos investigativos orientados a evaluar la durabilidad del acabado aplicado sobre el textil, considerando un mayor número de ciclos de lavado, con el fin de analizar su persistencia en un largo plazo.
- Se recomienda aplicar este acabado a base de soya en diferentes tipos de tejidos, con el fin de evaluar su funcionalidad y comportamiento en materiales distintos al algodón, lo que permitirá ampliar su campo de aplicación y potencial uso en el sector textil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEDV, A. E. de D. y V. (2016). *La diferencia entre rayos UVA y rayos UVB*. <https://aedv.fundacionpielsana.es/prevencion/la-diferencia-entre-rayos-uva-y-rayos-uvb/>
- Aguilar, S., Valencia, S., & Galindo, M. (2020). *Desarrollo del recubrimiento para protección a los rayos UV del acabado del cuero para la industria automotriz*. www.ecorfan.org
- American Association of Textile Chemists and Colorists [AATCC]. (2024). *TM183-TM 183 Transmittance or Blocking of UV Radiation through Fabric*. <https://members.aatcc.org/store/tm183/579/>
- American Cancer Society. (2024). *Cómo proteger su piel de los rayos UV*. <https://www.cancer.org/content/dam/CRC/PDF/Public/9427.00.pdf>
- Arluna, P. (2020). *FIBRAS TEXTILES – Parte 2 – CARACTERÍSTICAS y PROPIEDADES*. <https://www.santistaworkwear.com.ar/fibras-textiles-parte-2-caracteristicas-y-propiedades/>
- Asamblea Constituyente. (2013, December 19). *Constitución del Ecuador*. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/TRANSP-NORMAS_CONSTITUCIONALES.pdf
- ASTM Internacional. (2023). *Standard Test Method for Determining the Attenuation Properties in a Primary X-ray Beam of Materials Used to Protect Against Radiation Generated During the Use of X-ray Equipment 1*. <https://doi.org/10.1520/F2547-18R23>
- Aveeno®. (2024). *Positively Radiant® Face Moisturizer Broad Spectrum SPF 15*. <https://www.aveeno.com/products/positively-radiant-daily-face-moisturizer-broad-spectrum-spf-15>
- Bae, S., Kim, M. C., Kim, J. Y., Cha, H. H., Lim, J. S., Jung, J., Kim, M. J., Oh, D. K., Lee, M. K., Choi, S. H., Sung, M., Hong, S. B., Chung, J. W., & Kim, S. H. (2020). Effectiveness of Surgical and Cotton Masks in Blocking SARS-CoV-2: A Controlled Comparison in 4 Patients. In *Annals of Internal Medicine* (Vol. 173, Issue 1, pp. W22–W23). <https://doi.org/10.7326/M20-1342>
- Bustamante, R. (2017). *FUNDAMENTOS DEL DISEÑO EN EL TEJIDO PLANO*. <https://aptpperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>
- CDC. (2023, June 3). *Radiación UV*. <https://www.cdc.gov/spanish/nceh/especiales/radiacionuv/index.html>
- Chemicals, S. (2025). *FABSOFT*.
- Chugá, V. (2013). *ACABADO A BASE DE MICROEMULSIÓN DE SILICONA COMO RETARDANTE DE FUEGO EN LAS PRENDAS DE VESTIR* [Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1052/1/04_IT_103_TRABAJO_DE_GRADO.pdf
- Chugá-Chamorro, V., Naranjo-Toro, M., Godoy-Collaguazo, O., & Basantes-Andrade, A. (2025). Sustainable Treatments in Denim Fabric: A Systematic Review of Environmental Impact. *Sustainability* 2025. <https://doi.org/10.3390/SU172310469>
- Concentrol. (2023, July 17). *Las emulsiones de silicona: características y aplicaciones*. <https://concentrol.com/es/las-emulsiones-de-silicona-caracteristicas-y-aplicaciones/>
- Curbelo, M., Díaz, D., Bernardez, Y., & Suárez, A. (2018). *Cáncer de piel no melanoma y radiaciones ultravioletas Non-melanoma skin cancer and ultraviolet radiation* (Vol. 12, Issue 1). <https://revfcd.sld.cu/index.php/fdc/article/view/114/95>

- Daen, S. (2011). TIPOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. *Revista de Actualización Clínica Investiga Boliviana*, 9, 621–624.
- Dalpizol, B., Lehr, ; Eduarda, Alves, G. B., Rodrigues, F., Daniela, ;, & Bernardi, M. (2020). PROPIEDADES FUNCIONAIS DA SOJA. *FAG JOURNAL OF HEALTH (FJH)*, 2(3), 394–401. <https://doi.org/10.35984/FJH.V2I3.230>
- Darong. (2024). *AATCC 20 Análisis cualitativo de fibra* . <https://es.darongtester.com/aatcc-20/>
- del Castillo, B., & Benavent, M. (n.d.). *Componentes de la soja como ingredientes funcionales en lácteos*.
- Electrical4U. (2024). *Irradiance and Illuminance*. <https://www.electrical4u.com/irradiance-and-illuminance/>
- Gilaberte, Y., & González, S. (2010). Novedades en fotoprotección. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 101(8), 659–672. <https://doi.org/10.1016/j.ad.2010.04.003>
- Gómez Guamán, L. P. (2024). *Mejoramiento del proceso de acabado textil antiarrugas en tejido plano polialgodón*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/35009>
- Google Maps. (2025). *Ingeniería Textil UTN*. https://www.google.com/maps/place/Ingenieria+Textil+UTN/@0.3780043,-78.1259402,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e2a3b4573ee6185:0xacc8e286efad45!8m2!3d0.3779989!4d-78.1233653!16s%2Fg%2F11gcf02kzn?entry=tu&g_ep=EgoyMDI1MDEyMi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Grupo Pochteca. (2024). *Lecitina de soya en cosmética: beneficios y aplicaciones*. <https://guatemala.pochteca.net/lecitina-de-soya-en-cosmetica-transformando-a-la-industria/>
- Guamán, K. (2017). *UTILIZACIÓN DEL BARRO DE ARCILLA PROVENIENTE DE LA EMPRESA PÚBLICA SANTA AGUA DE CHACHIMBIRO COMO FUENTE TÉRMICA EN CAMISETAS ALGODÓN/POLIÉSTER* [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7355>
- Hegglin, M. (2014). *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014 Update*. https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/34739/1/2014%20Twenty%20Questions_Final.pdf
- Hodrisage. (2020). *Pliance Protector Solar | Hidrisage*. <https://www.hidrisage.com/pliance-protector-solar>
- Huilcapi, S. I., & Gallegos, D. N. (2020). *Importancia del diagnóstico situacional de la empresa* *Importance of the situational diagnosis of the company*. <https://www.revistaespacios.com>
- Imana Shahrin, T., & Mohammad, A. (2021). Coating of ZnO Nanoparticle on Cotton Fabric to Create a Functional Textile with Enhanced Mechanical Properties. *Polymers* , 13(16), 2701. <https://doi.org/10.3390/POLYM13162701>
- James Heal. (2025). *Wascator Lavadora europea normalizada*. <https://www.jamesheal.com/es/instrument/wascator>
- Li, Z., Zhang, Y., Xia, W., Tang, Y., & Li, Q. (2023). Producing natural-colored super-powerful antibacterial cotton with plasma-assisted fiber surface modification: a green and effective cotton process for medical and healthcare applications. *Materials Advances*, 4(3), 932–939. <https://doi.org/10.1039/D2MA00701K>
- Limpe, P. (2019). *EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE TEXTILES ECOLOGICOS DE ALGODÓN, FUNCIONALIZADO CON NANOPARTICULAS DE PLATA CARBOXIMETILQUITOSANO (NPsAgCMQ)* .

- <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c9d7b911-e743-46e6-a638-4a41bec49e9f/content>
- Lozano, C. M. (2020). *Estudio de diferentes procesos innovadores de agotamiento en Autoclave para una mayor calidad de tintura y su posible implantación teórica en la industrial textil*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/154850/Men%C3%A9ndez%20-%20Estudio%20de%20diferentes%20procesos%20innovadores%20de%20agotamiento%20para%20una%20mayor%20calidad%20de%20ti...pdf?sequence=1#:~:text=Por%20tanto%20denominamos%20tintura%20por,colorante%20y%20la%20materia%20textil>
- Malato, G. (2025). *Introducción a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*. <https://builtin.com/data-science/shapiro-wilk-test>
- Mínguez García, D. (2022). *Adhesión de nanofibras a distintos tejidos de calada*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/184145>
- Miranda, E., Moeller, G., Osnelda, M., & Becerra, K. (2018). *II-193-TRATAMIENTO DE UN COLORANTE AZO EMPLEADO EN LA INDUSTRIA TEXTIL PRODUCTORA DE MEZCLILLA UTILIZANDO A LA PEROXIDASA DE SOYA*. https://abes-dn.org.br/anaiseltronicos/21_Download/TrabalhosCompletosPDF/II-193.pdf
- Ochoa, A., & Moncada, J. (2020). Las propiedades físicas del algodón y el poliéster y su influencia en la calidad del hilo pamp 65/35 NE=36/1. *Univerddad Nacional Del Callao*, 130. <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4582/LAS PROPIEDADES FISICAS DEL ALGODÓN Y EL POLIÉSTER Y SU INFL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ondarse, D. (2024). Algodón: qué es, su origen, usos y características. <https://Humanidades.Com/>. <https://humanidades.com/algodon/>
- Organización Internacional de Normaliza (ISO). (2022). *Procedimientos de lavado y de secado domésticos para los textiles (ISO 6330:2012)*. In *Une-E Iso 6330*.
- Pérez, J. (2006). *MANUAL DE PATOLOGÍA GENERAL* (Sexta Edición). MASSON S.A. <https://books.google.com.ec/books?id=HdOrVw-0h0UC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Pourang, A., Tisack, A., Ezekwe, N., Torres, A. E., Kohli, I., Hamzavi, I. H., & Lim, H. W. (2022). Effects of visible light on mechanisms of skin photoaging. *Photodermatology Photoimmunology and Photomedicine*, 38(3), 191–196. <https://doi.org/10.1111/PHPP.12736>
- Rapid. (2025). *IR DYER*. <http://www.xmrapid.com/productinfo/877130.html>
- Rodríguez Sanchez, Y. (2020). *Metodología de la investigacion* (L. Pereyra Zetina, Ed.). Klik. https://books.google.com/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n.html?hl=es&id=x9s6EAAAQBAJ
- Ruiz, L., & Rey, S. M. (2009). *ESTUDIO FORMAL Y COMPOSITIVO DE FILMS ADHESIVOS NO TÓXICOS EMPLEADOS EN LA PROTECCIÓN Y CONSOLIDACIÓN DEL ESTRATO PICTÓRICO: ANÁLISIS DE LA PÉRDIDA DE MASA Y RANGO DE DUREZA*.
- Ruiz, P. (2023). Tejidos con protección solar y baja coloración a partir de extractos de residuos orgánicos. *Repositorio Institucional UPV*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/196968/Ruiz%20-%20Tejidos%20con%20proteccion%20solar%20y%20baja%20coloracion%20a%20partir%20de%20extractos%20de%20residuos%20organicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saha, B., Saha, A., Das, P., Kakati, A., Banerjee, A., & Chattopadhyay, P. (2024a). A comprehensive review of ultraviolet radiation and functionally modified textile fabric with

- special emphasis on UV protection. *Heliyon*, 10.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40027>
- Saha, B., Saha, A., Das, P., Kakati, A., Banerjee, A., & Chattopadhyay, P. (2024b). A comprehensive review of ultraviolet radiation and functionally modified textile fabric with special emphasis on UV protection. *Heliyon*, 10(22).
<https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E40027>
- Sampieri, R. H., Fernández, C., & Baptista, M. (2022). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Sexta). MCGRAW-HILL.
https://uniclanet.unicla.edu.mx/assets/contenidos/254857_DOC_2023-03-01_18%3A46%3A18.pdf
- Sánchez, M. (2020). *Consulta el índice de radiación ultravioleta al salir de casa*.
<https://cuidateplus.marca.com/belleza-y-piel/cuidados-cuerpo/2020/07/17/consulta-indice-radiacion-ultravioleta-salir-casa-173938.html>
- Scozzina, E. (2019). *Calidad de Materiales Textiles: Determinaciones instrumentales de las propiedades físicas de la fibra de algodón desmotada*.
- Secretaría Técnica de la circunscripción territorial especial Amazónica. (2020). *Reglamento de de Higiene y seguridad*. https://www.secretariadelamazonia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/08/reglamento_higiene_y_seguridad_aprobado_por_el_mdt-21082020.pdf
- Universidad Técnica del Norte. (2022). *Convocatoria Investiga UTN 2022*.
<https://www.utn.edu.ec/investiga2022/>
- Vera, M. (2023). *DESARROLLO DE UN ACABADO CON EXTRACTO DE HELECHO (THELYPTERIS PALUSTRIS) EN TEJIDO PLANO 100% ALGODÓN PARA DETERMINAR LA PROPIEDAD DE BLOQUEO UV* [Repositorio UTN].
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14730/2/04 IT 347 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14730/2/04_IT_347_TRABAJO_GRADO.pdf)
- World Health Organization. (2025). *Cáncer de piel*. <https://www.iarc.who.int/cancer-type/skin-cancer/>

ANEXOS

Anexo 1

Ficha técnica de la microemulsión de silicona



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

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

Phone +91 22 42184218 Fax +91 22 42184350

Email tcnktg@sarex.com URL www.sarex.com

PRODUCT LITERATURE

FABSOFT (CONC)

Product Information

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

Key Features & Benefits

Key Features

Concentrated

Versatile

Benefits

Economical micro emulsion

Applied by padding and by exhaust in garment drum machine

General Characteristics

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

Application

Padding process

Dosage* : 3-8 g/l
Pick-up : 65-70%
Bath pH : 5.0-6.0
Drying : 130-160 deg.C

Exhaust process

Dosage* : 0.3-0.8%
Bath pH : 5.0-6.0
Bath Temp.: 30-40 deg.C
Time : 20-30 mins.

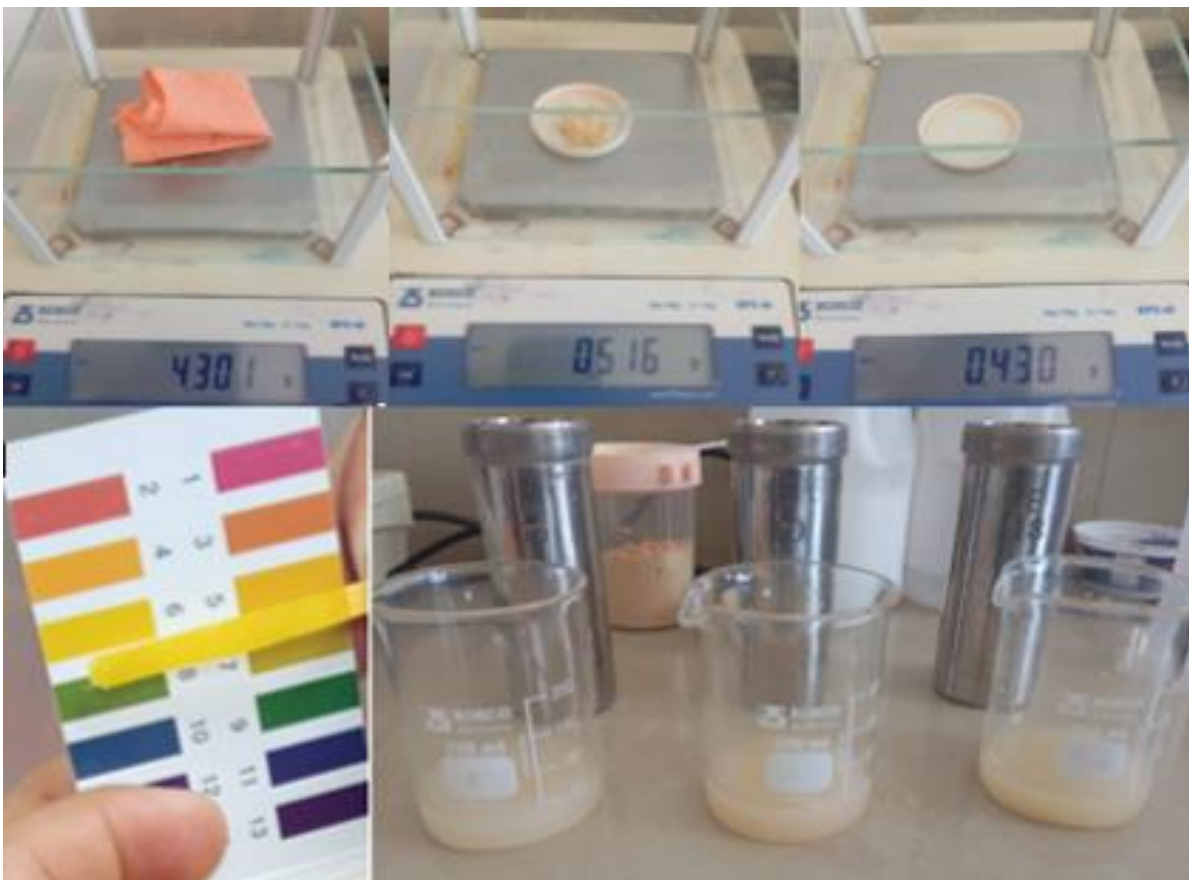
Anexo 2

Desengomado y secado de la tela



Anexo 3

Formulación de las recetas del acabado



Anexo 4

Microencapsulado por el método de agotamiento



Anexo 5

Secado de las muestras con acabado



Anexo 6

Medición de la radiación UV a través del tejido

