



**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**

**“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FORMACIÓN DE PILLING DE  
UN TEJIDO PLANO POLIÉSTER/ALGODÓN - 65/35 APLICANDO DIÓXIDO**

**DE TITANIO.”**



**AUTOR:** Córdova Maldonado Jina Paulina

**DIRECTOR:** MSc. Naranjo Toro Marco Francisco

Ibarra-Ecuador

**2025**

**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 sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004208235		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Córdova Maldonado Jina Paulina		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Benito Juárez S/N y Shirys -Atuntaqui-Imbabura		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:jpcordovam@utn.edu.ec">jpcordovam@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	.....	<b>TELF. MÓVIL</b>	0998753655

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“Evaluación de la resistencia a la formación de pilling de un tejido plano poliéster/algodón - 65/35 aplicando dióxido de titanio.”
<b>AUTOR(ES):</b>	Córdova Maldonado Jina Paulina
<b>FECHA:</b>	16 de septiembre de 2025
<b>CARRERA/PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>GRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Textil
<b>DIRECTOR:</b>	MSc. Naranjo Toro Marco Francisco

## CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 2 días del mes de julio de 2025

**EL AUTOR**



.....

Córdova Maldonado Jina Paulina

# CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 16 días del mes de febrero del 2025

MSc. Naranjo Toro Marco Francisco

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.

*(f)*.....

*MSc. Naranjo Toro Marco Francisco*

C.C: 170687046-4

## APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del Trabajo de Integración Curricular “Evaluación de la resistencia a la formación de pilling de un tejido plano poliéster/algodón – 65/35 aplicando dióxido de titanio” elaborado por Córdova Maldonado Jina Paulina, previo a la obtención del título del Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f).....

Director

*MSc. Naranjo Toro Marco Francisco*

C.C: 170687046-4

(f).....

Asesor

*MSc. Lara Castro Lenin Omar*

C.C:1002748125

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo de grado se la dedico a toda mi familia, especialmente a mi madre, María Córdova, quien me ha apoyado en todo momento, con sus consejos diarios, su amor incondicional y su fe en mí, me han permitido alcanzar uno de mis más grandes sueños. Este logro es tanto mío como suyo.*

*Córdova Maldonado Jina Paulina*

## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, quiero manifestar mi agradecimiento a la Virgen María y mi hermana Blanca Montalvo, quienes, desde el cielo me han cuidado y guiado por el camino correcto.*

*Agradezco profundamente a mi Madre, quien, a pesar, de las dificultades hizo todo lo posible por asegurar mi educación y bienestar. Su esfuerzo y dedicación han sido fundamentales en mi vida. También quiero reconocer a mis hermanos Jorge Montalvo, Gabriela Montalvo y Pamela Montalvo, quienes desde pequeños me han enseñado los valores, la dedicación al trabajo honesto, humildad y respeto hacia uno y a los demás, siendo también gran apoyo para mi madre.*

*Finalmente, agradezco al MSc. Marco Naranjo, director de investigación, por su valiosa guía y por ayudarme a despejar las inquietudes que surgieron durante el desarrollo del proyecto de titulación. Asimismo, reconozco el constante apoyo del MSc. Lara Omar, asesor, quien me orientó pacientemente en la corrección de errores a lo largo de este proceso.*

*Córdova Maldonado Jina Paulina*

## RESUMEN

En la presente investigación se estudia la formación de pilling en un tejido plano Pes/Co 65/35, cuyo efecto genera problemas al sector textil, afectando negativamente la apariencia y la durabilidad del sustrato. Por ello, este trabajo se centra en aplicar el dióxido de titanio como elemento principal para evaluar la resistencia a la generación de bolitas.

Este proceso se llevó a cabo a varios ensayos experimentales con diferentes concentraciones como 15%, 18% y 21% a una R/B de 1/5. Los resultados fueron sometidas a pruebas de pilling y análisis estadísticos, utilizando equipos de laboratorio como microscopio (evaluar intersticios), autoclave (ensayo de acabado) y el Martindale (ensayo – pilling), con el fin de determinar si el tratamiento tuvo algún efecto sobre el tejido.

Los resultados evidencian que al incrementar la concentración del aditivo mejora la adherencia del  $TiO_2$ , resistiendo la formación de bolitas en las cuatro fases de ciclos, lo que permitió finalizar en la última etapa con datos de nivel 1 (pilling muy severo) en todas las concentraciones. Dando lugar a definirlo como un acabado no permanente. Asimismo, la prueba de normalidad en cambio confirmó la confiabilidad de la receta mediante la distribución normal de los datos, aunque el coeficiente de variación muestre la moderada dispersión de estas con respecto a la media.

Para finalizar con lo propuesto, se determina que el dióxido de titanio es resistente al pilling de forma temporal aplicado en el tejido estudiado. En cambio, los intersticios evaluados no intervienen en gran medida a la formación de bolitas, lo que sugiere para aplicaciones posteriores en el sector textil.

**Palabras clave:** Tejido, sustrato textil, dióxido de titanio, poliéster, algodón, Martindale

## ABSTRACT

In this research, the formation of pilling in a woven fabric composed of Pes/Co 65/35 is studied, as this phenomenon generates issues within the textile sector, negatively affecting the fabric's appearance and durability. Therefore, this study aims to apply titanium dioxide as the primary element to assess the resistance to pilling formation.

This process involved several experimental trials using different concentrations of 15%, 18%, and 21% at a liquor ratio (L/R) of 1:5. The treated samples were subjected to pilling tests and statistical analyses using laboratory equipment such as a microscope (to evaluate interstices), an autoclave (for finishing tests), and a Martindale (pilling test), thereby determining whether the applied finish had any effect on the fabric.

Regarding the results, it was observed that increasing the additive concentration improved the adhesion of TiO<sub>2</sub>, enhancing resistance to pilling across all four test cycles. However, in the final stage, all concentrations resulted in a pilling grade of 1 (very severe pilling), indicating that the finish is non-permanent. Additionally, the normality test confirmed the reliability of the formulation through the normal distribution of data, although the coefficient of variation showed moderate dispersion relative to the mean.

In conclusion, titanium dioxide provides temporary resistance to pilling when applied to the studied fabric. Furthermore, the evaluated interstices do not significantly contribute to pilling formation, suggesting potential applications for the textile industry in future studies.

**Keywords:** Textile substrate, titanium dioxide, polyester, cotton, Martindale.

## **LISTA DE SIGLAS**

**Pes/Co.** Poliéster/Algodón

**TiO<sub>2</sub>.** Dióxido de titanio

**PES.** Poliéster

**CO.** Algodón

**R/B o R: B.** Relación de baño

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
Problema de investigación.....	1
Justificación.....	2
Objetivos.....	3
Objetivo general .....	3
Objetivos Específicos .....	3
Características del sitio del proyecto .....	3
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
1.1. Estudios previos.....	4
1.1.1. Características de la fibra de poliéster y algodón .....	4
1.1.2. Aplicaciones de Dióxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> ).....	6
1.1.3. Intersticios en los tejidos de calada .....	7
1.1.4. Estudios a la resistencia al Pilling .....	8
1.2. Marco Legal.....	8
1.2.1. Constitución de la República del Ecuador.....	8
1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	9
1.3. Marco Conceptual.....	9
1.3.1. Acabado .....	9

1.3.2.	Tejido plano .....	10
1.3.3.	Pilling .....	10
1.3.4.	Formación de pilling.....	10
1.3.5.	Dióxido de titanio (TiO <sub>2</sub> ).....	12
CAPÍTULO II.....		13
MÉTODOS Y MATERIALES .....		13
2.1.	Enfoque de la investigación.....	13
2.2.	Tipo de investigación.....	13
2.2.1.	Investigación cuantitativa .....	13
2.3.	Técnicas de investigación a aplicar .....	14
2.3.1.	Análítica .....	14
2.3.2.	Comparativa .....	14
2.4.	Diagrama de flujo del proceso.....	15
2.4.1.	Diagrama de flujo general (proceso de acabado) .....	15
2.4.2.	Diagrama de muestra .....	16
2.5.	Equipos y materiales.....	17
2.5.1.	Sustrato textil.....	17
2.5.2.	Propiedades (TiO <sub>2</sub> ) .....	19
2.5.3.	Microscopio .....	19
2.5.4.	Equipo Martindale .....	20
2.5.5.	Equipo de agotamiento .....	22
2.6.	Procedimiento .....	23

2.6.1.	Normas .....	23
2.6.2.	Evaluación microscópica del tejido .....	25
2.6.3.	Elaboración de recetas e incorporación en el tejido .....	26
CAPÍTULO III .....		28
3.	RESULTADOS .....	28
3.1.	Probetas para el uso en el ensayo .....	28
3.2.	Datos para el proceso de aplicación del acabado .....	29
3.3.	Resultados -Análisis del tejido .....	30
3.3.1.	Análisis de gráficos estadísticos .....	35
3.4.	Normalidad .....	36
3.4.1.	Análisis de resultados- estadística descriptiva.....	37
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		41
Conclusiones.....		41
Recomendaciones .....		42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		43
ANEXOS .....		49

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Propiedades de la fibra de poliéster .....	5
<b>Tabla 2</b> Propiedades de la fibra de algodón .....	6
<b>Tabla 3</b> Evaluación visual del ensayo .....	25
<b>Tabla 4</b> Materiales de ensayo.....	26
<b>Tabla 5</b> Receta de acabado 1 .....	26
<b>Tabla 6</b> Receta de acabado 2.....	27
<b>Tabla 7</b> Receta de acabado 3.....	27
<b>Tabla 8</b> Cantidad total a aplicar -Ensayo 2 .....	29
<b>Tabla 9</b> Tejido sin acabado – Intersticios-Muestra 0 .....	30
<b>Tabla 10</b> Tejido con acabado.....	31
<b>Tabla 11</b> Resultados del ensayo Martindale de la muestra 0 sin acabado.....	32
<b>Tabla 12</b> Resultado de la muestra 1-Receta 1 .....	33
<b>Tabla 13</b> Resultado de la muestra 2 - Receta 2 .....	34
<b>Tabla 14</b> Resultado de la muestra 3- Receta 3 .....	34
<b>Tabla 15</b> Test Normalidad- Ensayo 2.....	37
<b>Tabla 16</b> Test de Variación.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación del sitio del proyecto.....	3
<b>Figura 2</b> Fibra de poliéster.....	4
<b>Figura 3</b> Fibra de algodón .....	5
<b>Figura 4</b> Intersticios del tejido.....	7
<b>Figura 5</b> Tejidos sometidos a ensayos de frotación.....	8
<b>Figura 6</b> Pilling en la superficie del tejido.....	10
<b>Figura 7</b> Proceso de formación de pilling .....	12
<b>Figura 8</b> Proceso de acabado y evaluación.....	16
<b>Figura 9</b> Proceso de acabado muestral .....	17
<b>Figura 10</b> Tejido Pes/Co - 65/35% .....	18
<b>Figura 11</b> Partes del microscopio .....	20
<b>Figura 12</b> Equipo Martindale .....	21
<b>Figura 13</b> Autoclave .....	22
<b>Figura 14</b> Tabla de Categoría.....	24
<b>Figura 15</b> Curva de acabado- método de agotamiento .....	29
<b>Figura 16</b> Muestra 0-Resultado final a los 7000 ciclos .....	32
<b>Figura 17</b> Análisis cuantitativo -grado pilling.....	35
<b>Figura 18</b> Análisis cuantitativo- Ensayo 2.....	36

## ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Evidencias de ensayo práctico .....	49
<b>Anexo 2</b> Ensayo de acabado.....	49
<b>Anexo 3</b> Secado.....	50
<b>Anexo 4</b> Ensayo Microscopio .....	50
<b>Anexo 5</b> Ensayo Martindale .....	50
<b>Anexo 6</b> Ficha técnica del tejido poliéster/algodón – 65/35 .....	51
<b>Anexo 7</b> Ficha técnica de Dióxido de titanio .....	52

# INTRODUCCIÓN

## Problema de investigación

La generación de pilling en la superficie del tejido es un fenómeno inevitable, influenciado por diversos factores como la naturaleza de la fibra, su longitud, título del hilo y la densidad del sustrato. Según (Nashwa, 2021) la industria textil ha desarrollado diversas estrategias para mitigar este efecto. Uno de los desafíos radica en la calidad incierta de la materia prima, la cual influye directamente en el rendimiento posterior, es decir, durante el proceso de hilado.

Solé (2012) explica los dos métodos principales de hilado practicados en la industria textil: la hilatura de anillos y el sistema open-end. En el primero, el hilo obtenido se caracteriza por su uniformidad, finura y una mayor torsión; mientras que, el segundo, su estructura es más abierta, contiene una mayor proporción de fibras cortas y presenta una menor torsión. Para Sekulska et al. (2020) complementan esta idea al señalar que los hilos obtenidos mediante procesos de hilatura de alta producción y baja calidad utilizados en el telar genera fibras enmarañadas en la superficie del sustrato. Esta secuencia, presente en la prenda, tiende a provocar el desprendimiento de fibras, las cuales, al acumularse sobre la superficie del sustrato, le confiere una apariencia envejecida, desgastada y poco atractiva.

Por tal motivo, este estudio busca que las telas sean resistentes a la formación de pilling mediante un acabado adecuado, asimismo de reducir los intersticios presentes en el tejido plano. En este contexto, se plantea la siguiente inquietud: ¿Es posible que el dióxido de titanio aplicado en un tejido plano Pes/Co - 65/35 pueda conferir la propiedad de resistencia al pilling y disminuir las distancias de los orificios del sustrato?

## **Justificación**

El presente estudio tiene como objetivo analizar el comportamiento de los intersticios estructurales en el tejido plano mediante la implementación de  $\text{TiO}_2$ , con la finalidad de reducir la formación de pilling. La investigación se enfoca en examinar la relación del aditivo con el sustrato y su capacidad para minimizar la presencia de fibras sobresalientes, un problema común en la industria textil, explorando así alternativas para mitigar este fenómeno.

El sustrato seleccionado es un tejido plano poliéster/algodón 65/35, de uso común en el sector textil por su equilibrio entre confort y durabilidad (Yilma et al., 2021). Sin embargo, la ausencia de un acabado adecuado puede comprometer sus propiedades estéticas, favoreciendo la generación de pilling.

Con el incremento de la demanda de textiles de alto desempeño, las exigencias de calidad también han aumentado (Orellana et al., 2022). La aplicación  $\text{TiO}_2$ , aunque poco explorada en el sector textil, podría representar una alternativa innovadora para la funcionalización de sustratos, mejorando su resistencia y prolongando su vida útil.

La acumulación de fibras sobresalientes en la parte superficial del sustrato, además de afectar la apariencia estética, también disminuye la vida útil, lo que genera la necesidad de reemplazarlo con mayor frecuencia (Kasem et al., 2007). Si la aplicación del  $\text{TiO}_2$  lograra reducir la formación de bolitas, aumentaría el ciclo de vida del tejido y podría contribuir a la sostenibilidad ambiental. Se espera que este estudio proporcione datos relevantes sobre los comportamientos y cambios en la estructura del textil, los cuales podrían tener relevancia en la industria.

## Objetivos

### Objetivo general

Evaluar la resistencia a la formación de pilling de un tejido plano poliéster/algodón – 65/35 aplicando dióxido de titanio.

### Objetivos Específicos

- Investigar sobre las propiedades, usos y aplicaciones del dióxido de titanio para una evaluación del comportamiento de resistencia al pilling en un sustrato textil.
- Desarrollar diferentes recetas para el proceso de acabado en base al género textil planteado para un análisis de la resistencia al pilling a escala de laboratorio, centrándose en la reducción de los de intersticios entre los hilos de urdimbre y trama.
- Determinar la medida de resistencia al pilling con la influencia de dióxido de titanio en el tejido plano Poliéster/Algodón - 65/35 en el equipo Martindale tomando como referencia la norma ISO 12945-2.

### Características del sitio del proyecto

#### Figura 1

*Ubicación del sitio del proyecto*



Fuente: Google Maps (2025)

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Estudios previos

En esta sección del capítulo se describe las partes involucradas y relacionadas al trabajo de investigación, como; artículos científicos, estudios, análisis académicos realizados y evaluados previamente.

#### 1.1.1. Características de la fibra de poliéster y algodón

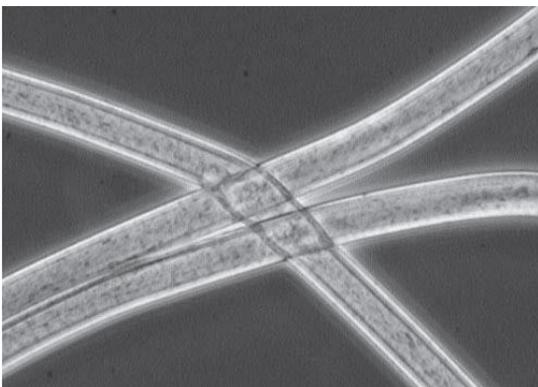
##### **Poliéster**

El poliéster es un material sintético derivada del petróleo. A través de diversos procesos, se puede producir fibras o filamentos (**Figura 2**), que luego se transforman en hilos o tejidos para distintos usos.

Las fibras de poliéster son muy apreciadas debido a sus propiedades físicas y funcionales. En la **Tabla 1** se presentan sus características principales.

##### **Figura 2**

*Fibra de poliéster*



Nota: Se presenta una vista microscópica de la fibra. Fuente: Guzmán (2021).

## Tabla 1

### *Características de poliéster*

---

#### Aspectos físicos

---

- Rigidez: Le confiere al tejido estabilidad dimensional.
  - Finura y longitud: esta se obtiene dependiendo del proceso a desarrollar, estas fibras son destinadas para diversos productos.
  - Resistencia a la tracción: cuando se mantiene el estirado aumenta el peso molecular por tal razón aumenta la resistencia.
  - Resistencia a la abrasión
  - Formación al pilling: Cuando son de forma cortada generan y mantienen las pelusas en la superficie del sustrato textil por motivo de la electricidad estática.
- 

Fuente: (Guzmán, 2021, p.25).

## Algodón

Es una fibra proveniente de una planta llamada *gossypium*. Estas fibras se encuentran en las semillas, como se muestra en la **Figura 3**. Igualmente, cabe añadir que las fibras de algodón se desarrollan en climas tropicales, subtropicales y semidesérticos (Ávila et al., 2014).

### Figura 3

#### *Fibra de algodón*



Fuente: Córdoba (2005)

En el sector textil, el algodón es una de las materias primas más valoradas y ampliamente producidas, debido a su versatilidad. Se utiliza en gran variedad de productos, como camisetas, sacos y jeans, así como artículos destinados al hogar, incluyendo cobijas, toallas, manteles, entre otros (Rodríguez & Merlos, 2020). En la **Tabla 2** se recopila las características principales que aporta al tejido textil.

**Tabla 2**

*Características de la fibra de algodón*

---

Aspectos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Son transpirables: al ser de origen natural permite que el aire pueda trascender y fluir.</li><li>• Hidrófilo: Es una fibra que tiene gran capacidad de absorber la humedad.</li><li>• Suave: Da un tacto suave al tejido.</li><li>• Encogimiento: Esta al ser natural tiene tendencia al encogimiento cuando se someten al proceso lavado.</li><li>• Durabilidad: Son resistentes puesto que soportan los lavados continuos y las elevadas temperaturas.</li></ul>

---

**Fuente:** (Sykam et al., 2021).

### **1.1.2. Aplicaciones de Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>)**

A lo largo de los años, el dióxido de titanio ha sido uno de los minerales utilizadas en el ámbito textil, gracias a sus características y beneficios que aporta al tejido. Según Betancur et al. (2016), el TiO<sub>2</sub> aporta propiedades como protección UV, actividad foto catalítica para la descomposición de contaminantes ambientales y eliminación de bacterias. También, contiene propiedades eléctricas que confiere al sustrato superhidrofilicidad (absorbe agua con gran facilidad) o superhidrofobicidad (no absorbe agua), otorgándole características de autolimpieza o anti-empañamiento.

En otras aplicaciones del TiO<sub>2</sub>:

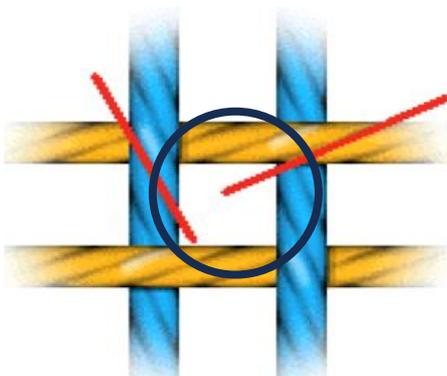
Para Parkin & Palgrave (2005) lograr tejidos con propiedades de autolimpieza debe presentar hidrofiliidad. Dicha propiedad se genera gracias a la fotocatalisis, donde las gotas de agua se forman como hojas debido a la disminuci3n de los 1ngulos de contacto en presencia de la luz solar. A este proceso se lo denomina fotoexcitaci3n, puesto que, al actuar como semiconductor oxida al ox3geno de la superficie del material, formando espacios que debe ser llenado mediante la humedad absorbida. Esto genera grupo hidroxilo en la superficie, haciendo que esta se vuelva hidrof3lica. (p.3)

### 1.1.3. Intersticios en los tejidos de calada

En los sustratos textiles de calada, debido a la estructura formada por la uni3n de la urdimbre y la trama presente en la **Figura 4**, y seg3n la densidad de los hilos, existe ciertos orificios que lo conforman, los cuales pueden favorecer la formaci3n de pilling en la superficie. Esto significa que, si un tejido tiene menor densidad, su estructura ser1 m1s abierta, lo que incrementa la tendencia a formar bolitas. (Sol3, 2014).

#### Figura 4

*Intersticios del tejido*



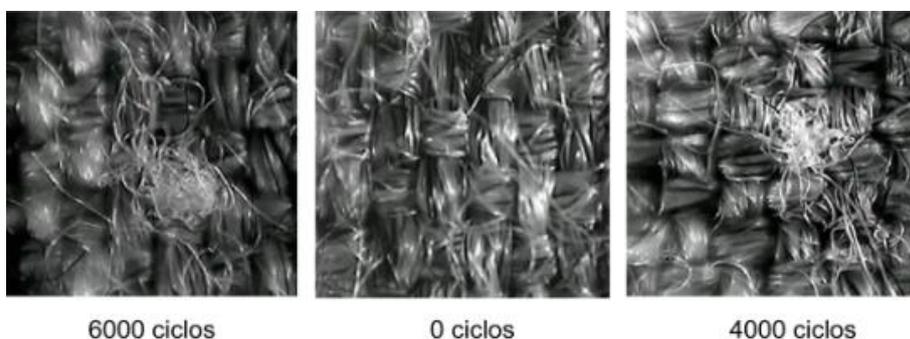
Fuente: (Bustamante, 2017)

#### 1.1.4. Estudios a la resistencia al Pilling

Para evaluar la propensión de un tejido a formar bolitas, existen varios métodos de ensayo. Uno de ellos consiste en someter al sustrato a un proceso de frotación utilizando el equipo Martindale, presente en la **Figura 5**. Según Pantoja (2017) este método es óptimo y confiable por los resultados que proporciona; además, es rápido y presenta una alta productividad en cuanto a ensayos.

#### Figura 5

*Tejidos sometidos a ensayos de frotación*



Fuente: (Justo, 2019)

## 1.2. Marco Legal

### 1.2.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (2018) establece los siguientes artículos en relación con la tecnología y el deporte:

“Art. 24 indica: “Las personas tienen derecho a la recreación y al esparcimiento, a la práctica del deporte y al tiempo libre” (pág. 17).

“Art. 340 menciona: “El sistema se compone de los ámbitos de la educación, salud, seguridad social, gestión de riesgos, cultura física y deporte, hábitat y vivienda, cultura, comunicación e información, disfrute del tiempo libre, ciencia y tecnología, población, seguridad humana y transporte” (pág. 170).

## **1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte**

Para el desarrollo de la investigación se toma en cuenta 10 líneas de investigación en vigencia que indica la Universidad Técnica del Norte (2023):

1. Producción industrial y tecnología sostenible.
2. Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.
3. Biotecnología, energía y recursos naturales renovables.
4. Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sustentable.
5. Salud y bienestar integral.
6. Gestión, calidad de la educación, procesos pedagógicos e idiomas.
7. Desarrollo artístico, diseño y publicidad.
8. Desarrollo social y del comportamiento humano.
9. Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico.
10. Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética)”

Según la investigación expuesta en las líneas establecidas para la carrera de textiles se orienta en la línea nueve:

9. Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico.

## **1.3. Marco Conceptual**

### **1.3.1. Acabado**

El acabado es un proceso que se realiza después de que el tejido ha salido del telar, con la finalidad de darle o conferirle ciertas características en su apariencia tacto o comportamiento, según el entorno o la finalidad de su uso (Brañez, 2022).

### 1.3.2. Tejido plano

También llamada tejido de calada, caracterizada por tener en su estructura hilos en sentido longitudinal, conocidos como urdimbre, que se entrelazan con hilos en forma horizontal, llamados trama (Freire, 2019).

### 1.3.3. Pilling

En la **Figura 6** se muestra un conjunto de fibras cortas en forma de bolitas que se encuentran sobre la superficie del tejido, provocando daños tanto al sustrato como a su estética. Solé (2014) indica que este fenómeno confiere al textil un aspecto envejecido e indeseable, disminuyendo significativamente su vida útil

#### **Figura 6**

*Pilling en la superficie del tejido*



Fuente: (Coldea & Vlad, 2017).

### 1.3.4. Formación de pilling

Existen varias causas que provocan la aparición del pilling en los textiles, donde se consideran tres aspectos principales; la fibra, el hilo y el tejido. En cada una de ellas existen diferentes parámetros que influyen en la formación de bolitas. A continuación, se detallan dichas especificaciones y una representación en la **Figura 7**:

- Fibra (Naturaleza)

Este parámetro indica que los materiales de origen sintético tienden a formar mayor cantidad de pilling en comparación con las fibras naturales. Esto se debe a que presentan una superficie más lisa y rígida, con propiedades electrostáticas que, al ser frotadas, incrementan el desgaste del material, facilitando así la formación de bolitas superficiales. (Carrion, 2022).

- Hilo (título del hilo)

Cuando el hilo tiene un título menor, las fibras por sección serán menor. Es decir, existe una relación directa con la masa lineal y las fibras, dando a conocer que a mayor título mayor tendencia a formar bolitas (Kumpikaitė et al., 2021).

- Tejido (plano o calada)

El número de hilos y pasadas por centímetro influye significativamente en la aparición del pilling. La existencia de la densidad necesaria o la gran cantidad de hilos por metro cuadrado (gramaje) reducirá el efecto de fibras sobresalientes (Korzeniewska et al., 2020).

- Fibra (longitud)

Por otro lado, cuanto más corta sea la longitud de la fibra, mayor será su tendencia a desviarse hacia la superficie del sustrato textil, dando paso a la aparición de bolitas (Pocoroba, 2006).

- Fibra (Rizado)

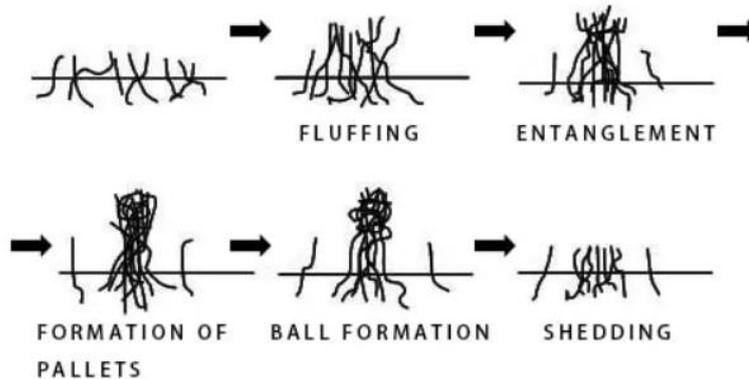
Cuando las fibras tienen menor rizado, estas no cohesionan dando lugar a desviarse hacia la parte superior del tejido. Es decir, a mayor rizado eleva el coeficiente de fricción (dificultad con la que dos superficies se deslizan una sobre la otra) minimizando la formación del pilling (Califonseca, 2021).

- Hilo (torsión)

Rosero (2023) afirma que, a mayor número de torsiones, el porcentaje de fibras sobresalientes disminuye y favorece una mayor cohesión entre ellas.

**Figura 7**

*Proceso de formación de pilling*



Fuente: (TESTEX, 2025)

### 1.3.5. Dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)

El TiO<sub>2</sub> es anfotérico (reacciona como ácido o como base), lo que lo hace químicamente muy estable. Asimismo, no es tóxico ni para el medio ambiente ni para los seres humanos. Posee un fuerte poder oxidante y no es atacado por la mayoría de los agentes orgánicos e inorgánicos. Asimismo, es un semiconductor sensible a la luz, que absorbe radiación electromagnética cerca de la región Ultravioleta Visible (UV). (Betancur et al., 2016, p. 5)

## CAPÍTULO II

### MÉTODOS Y MATERIALES

#### 2.1. Enfoque de la investigación

Esta parte de la investigación abarca un conjunto de diferentes estructuras, planteamientos y controles destinados a resolver un problema (Acosta, 2023).

En este caso, el trabajo va enfocado a la investigación experimental, en la que se manipulan variables y se observan sus efectos sobre otras variables (Ramos, 2021).

Es decir, este trabajo de investigación, al centrarse en la intervención o manipulación directa del aditivo en el sustrato textil, y en el desarrollo de los efectos de diferentes recetas de acabado (uso de  $\text{TiO}_2$ ), resulta adecuado para la operación de este proyecto. Su finalidad es obtener la propiedad deseada mediante el control de condiciones y descartes de las variables realizadas.

#### 2.2. Tipo de investigación

Para Medina et al. (2023) la investigación es una herramienta principal cuyo elemento se utiliza como soporte para obtener un conocimiento profundo mediante la información adquirida sobre el tema de análisis (p.11).

En este contexto, este presente trabajo describe los diferentes tipos de investigación que se emplearán.

##### 2.2.1. Investigación cuantitativa

La investigación cuantitativa se refiere a la obtención de datos reales y numéricos, de aquellos que se pueden analizar, identificar, comparar, relacionar y cuantificar. De la misma manera, permite realizar descripciones neutras y completas (Monje, 2011).

Los datos reales de este trabajo son aquellos obtenidos mediante el uso del equipo Martindale, el cual proporciona los ciclos de abrasión que permiten medir el pilling de forma numérica. Estos datos serán analizados para determinar si existen diferencias significativas entre las muestras tratadas con aditivos y aquella sin tratamiento.

### **2.3. Técnicas de investigación a aplicar**

#### **2.3.1. Analítica**

La investigación analítica, también denominada de análisis, implica el uso de habilidades mentales aplicadas a todas las partes posibles relacionándolas con diferentes variables de los resultados obtenidos. Asimismo, consiste en una valoración de hechos y de datos vinculados con el estudio a realizar (Alina et al., 2020).

Esta modalidad hace referencia a la capacidad del investigador para recopilar información y, mediante el análisis, verificar qué datos provenientes de fuentes bibliográficas, libros y revistas científicas pueden contribuir al desarrollo del trabajo en cuestión.

#### **2.3.2. Comparativa**

Según (Masseroni & Domínguez, 2010):

“La investigación comparativa se basa en la idea de un cuidadoso análisis de las diferencias o semejanzas entre los componentes de los casos, el cual permite explicar el funcionamiento de aquello que queremos analizar, al tiempo que muestra sus causas y resultados” (p. 10).

Este enfoque no solo facilita la realización de análisis comparativos, sino que también permite identificar las diferencias y semejanzas entre las muestras sometidas al proceso de acabado. Los resultados se determinarán a partir de dichas comparaciones,

asegurando que cada muestra cumpla con las condiciones adecuadas para alcanzar los resultados esperados.

## **2.4. Diagrama de flujo del proceso**

Se define como una herramienta de apoyo que facilita la representación del desarrollo del proceso a elaborar. También, contiene instrucciones e información relevante mediante las cuales se realizan estudios orientados a localizar áreas de mejora y establecer una guía de trabajo (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2022).

El diagrama de flujo, tanto general como muestral, es una representación gráfica que permite analizar las variaciones y relaciones de una serie de acciones orientadas al cumplimiento de un objetivo específico. Esta herramienta de trabajo facilita la visualización y comprensión clara de los pasos implementados, contribuyendo a la optimización del flujo de proceso.

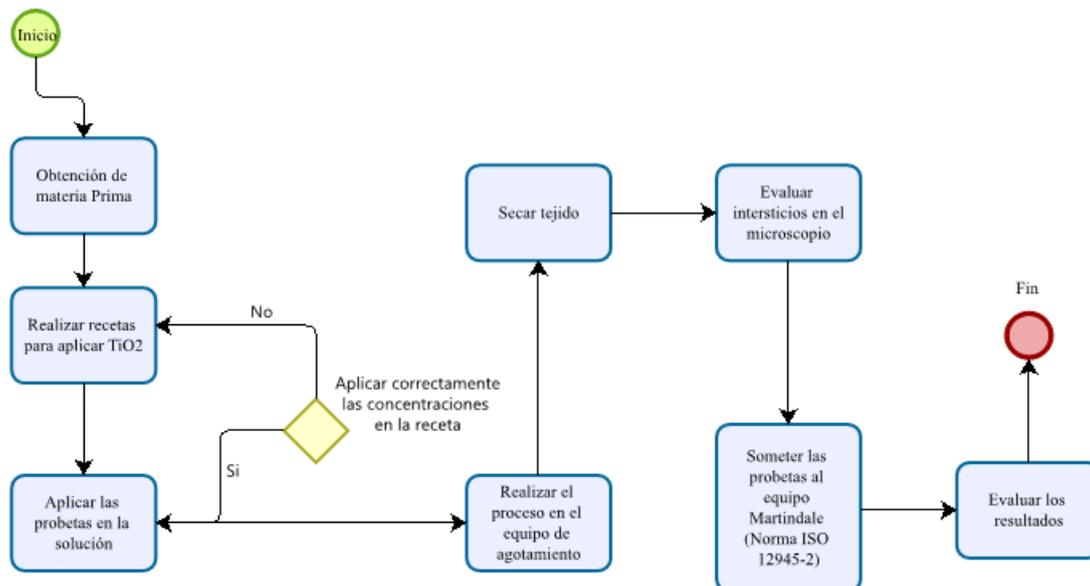
### **2.4.1. Diagrama de flujo general (proceso de acabado)**

Un flujograma general es una ilustración gráfica de un proceso de trabajo orientado al logro de un objetivo propuesto. Su utilidad radica en la capacidad de simplificar tareas complejas, facilitando su comprensión. A su vez, contribuye a que la actividad se desarrolle de manera fluida y sin contradicciones (Asana, 2024).

A continuación, en la **Figura 8**, se presenta el desarrollo de proceso de acabado con dióxido de titanio, partiendo desde la obtención de la materia prima - poliéster/algodón con su respectiva composición hasta la ejecución del ensayo con el equipo Martindale y la obtención de los resultados a evaluar.

**Figura 8**

*Proceso de acabado y evaluación*



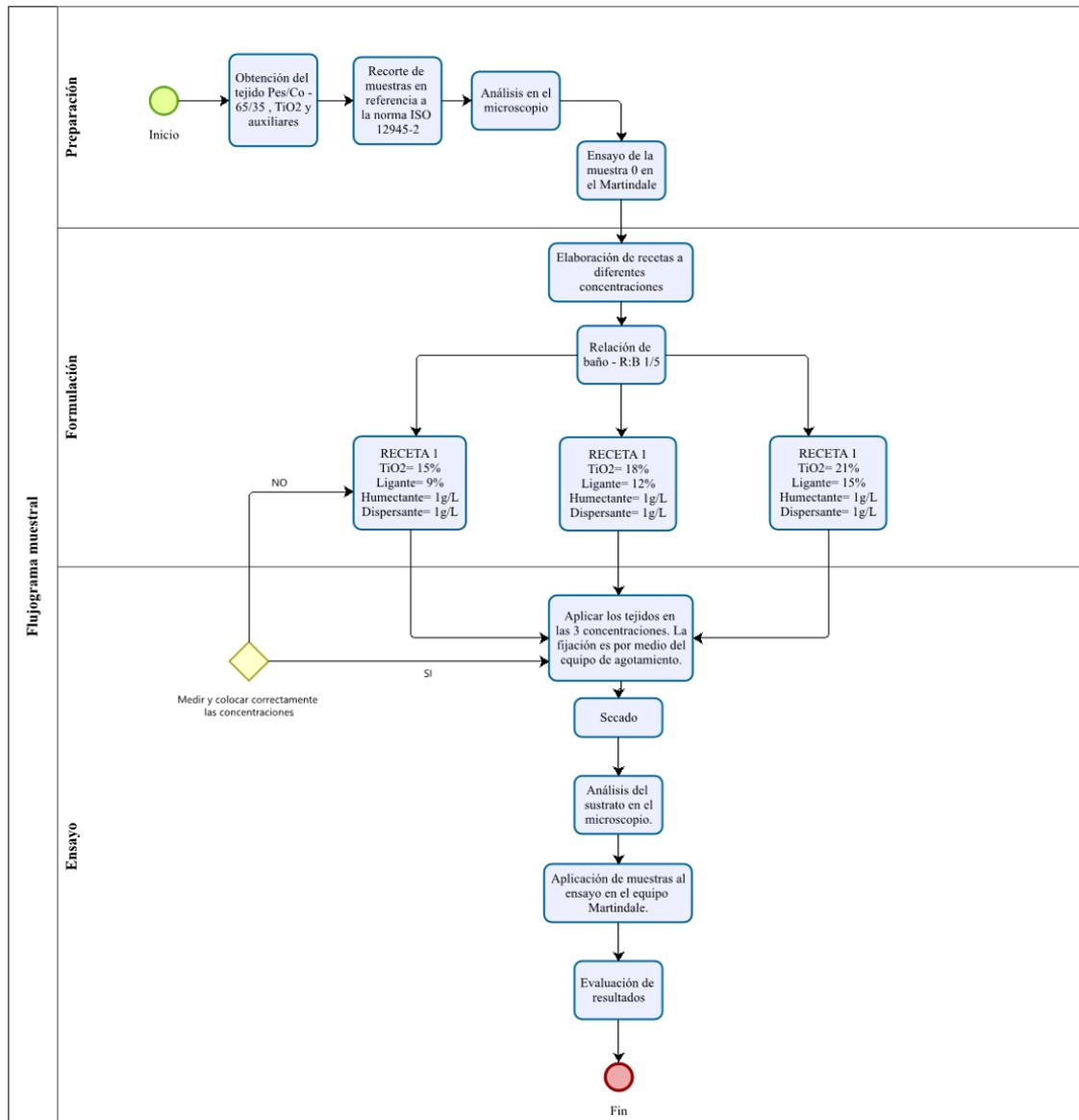
**Fuente:** Autoría propia

#### 2.4.2. Diagrama de muestra

De manera similar, en la **Figura 9** se presenta las distintas disposiciones de los pasos a seguir, detallando información específica sobre el proceso de acabado, incluidas las dosificaciones y concentraciones del aditivo principal y los auxiliares. Sumado a ello, se incorpora una figura de decisión que permite adoptar medidas alternativas en caso de fallas durante el tratamiento, con el objetivo de garantizar su fluidez. De este modo, se busca lograr una mayor resistencia a la formación de pilling en las probetas del sustrato textil plano de composición poliéster/algodón 65 /35.

**Figura 9**

*Proceso de acabado muestral*



Powered by  
brazgr  
Modeler

**Fuente:** Autoría propia.

## 2.5. Equipos y materiales

Por consiguiente, para el desarrollo del trabajo de la implementación de TiO<sub>2</sub> en el tejido es necesario de los materiales y equipos a continuación:

### 2.5.1. Sustrato textil

## **Tejido plano poliéster/ algodón - 65/35%**

El hilo del tejido es una mezcla de poliéster con algodón presentada en la **Figura 10**, cuya combinación confiere al sustrato textil una serie de ventajas, como la durabilidad, la resistencia a las arrugas y al encogimiento. Cabe señalar que, esta mezcla es una de las más conocidas y comercializadas para la elaboración de prendas, ya que facilita el secado y permite conservar la apariencia en color y brillo. Sin embargo, una de las desventajas de la fibra de poliéster es su tendencia a formar pilling, debido al desgaste por frote con superficies ásperas (Wang & Salmon, 2022).

Característica:

- Es suave al tacto
- Los tejidos pueden estar conformados por ligamentos como: tafetán, sarga, satín y sus derivados.
- La estructura está conformada por hilos en sentido longitudinal denominada urdimbre con hilos en sentido horizontal llamada trama.

### **Figura 10**

*Tejido Pes/Co - 65/35%*



Fuente: Propia

### 2.5.2. Propiedades (TiO<sub>2</sub>)

Como se ha mencionado, el TiO<sub>2</sub> posee una excelente resistencia a la corrosión, así como buena estabilidad térmica y química, sumado a un bajo costo (Mhadhbi et al., 2023). Por ello, este material se utiliza ampliamente en diversas industrias, como alimentaria, cosmética y textil, gracias a las múltiples propiedades que ofrece en distintos campos de aplicación e investigación.

Además;

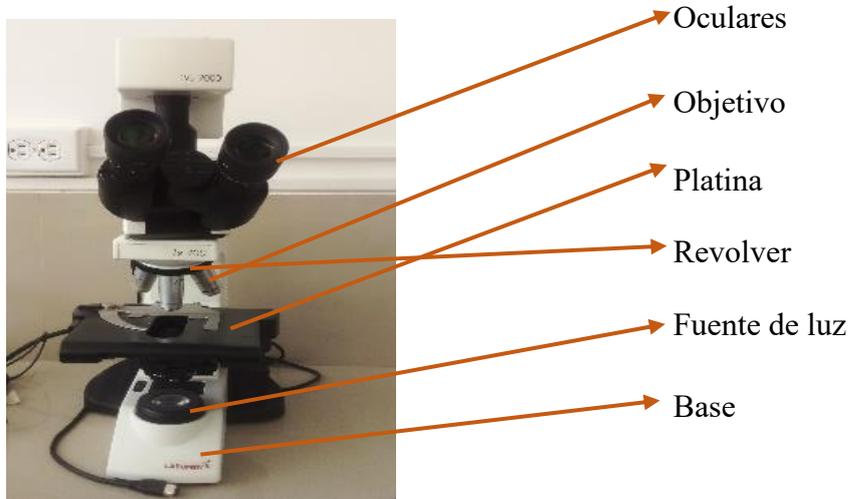
El TiO<sub>2</sub> existe en tres formas minerales: anatasa, rutilo y Brookita. El de tipo anatasa tiene una estructura cristalina que corresponde al sistema tetragonal y se utiliza principalmente como fotocatalizador bajo irradiación UV y el TiO<sub>2</sub> de tipo rutilo también tiene una estructura cristalina tetragonal. Este tipo de Titania se utiliza principalmente como pigmento blanco en pinturas. El de tipo brookita tiene una estructura cristalina (ortorrómbica). Se prefiere el TiO<sub>2</sub> en forma de anatasa por su elevada actividad fotocatalítica. (Choudhary Preeti, 2019, p. 3)

### 2.5.3. Microscopio

Tal como su nombre lo indica, el prefijo “micro” hace referencia a las pequeñas dimensiones que puede tener cierto material. Por ello, este instrumento permite al observador ver fácilmente aquellos cuerpos difíciles de observar a simple vista, es decir, aquellos con dimensiones inferiores a 250  $\mu\text{m}$  (micrómetro). Actualmente, esta herramienta cuenta con luces, cámaras y una alta intensidad óptica, lo cual facilita la visualización y reduce la fatiga ocular (Delgadillo et al., 2021). En la **Figura 11** se puede apreciar las partes importantes del microscopio.

## Figura 11

### Partes del microscopio



Fuente: Propia

#### 2.5.4. Equipo Martindale

El principio de funcionamiento del equipo Martindale se basa en el frotamiento de las muestras contra el mismo material textil, de acuerdo con el sistema de frotación continua. El tejido es sometido a un movimiento de dos direcciones y un determinado número de ciclos. Los resultados de este proceso serán evaluados a través del ojo del observador, comparándolos con imágenes de las normas establecidas. Este equipo es empleado para ensayos de calidad y la determinación de la tolerancia al pilling, siendo aplicable tanto a tejidos de calada como de punto (Enríquez O, 2024).

Este equipo (**Figura 12**) está compuesto por una placa base que acciona mecánicamente las mesas de pilling. Este movimiento se divide en dos partes -interior y exterior- provocando que la placa guía se desplace horizontalmente, generando de esta manera la figura Lissajous (movimiento circular). Mediante el paso del tiempo este movimiento forma elipses que eventualmente se transforman en líneas rectas, repitiéndose el mismo patrón (ISO, 2000).

## Partes del equipo:

### a) Mesa Pilling:

En esta parte del equipo está constituido por una tabla de perforación, un anillo de sujeción y un mecanismo que permite fijar el anillo de forma segura.

### b) Placa guía de porta muestras

Constituida por una placa metálica que incorpora tres guías correspondientes a las unidades de accionamiento. Estas guías están diseñadas para garantizar un movimiento uniforme y suave de la placa del porta muestras (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2000).

### c) Porta espécimen

En esta sección se ubican el porta muestras, el anillo y el husillo guía porta muestras, los cuales, en conjunto, tiene una masa de  $155 \pm 1$  gramos.

d) **Pieza de carga:** en forma de disco y material de acero inoxidable con una masa de  $260 \pm 1$  gramos.

## Figura 12

### *Equipo Martindale*



Fuente: (TesTex, 2022)

### 2.5.5. Equipo de agotamiento

El equipo de agotamiento es ampliamente utilizado en procesos de tintura en húmedo, debido a su buen funcionamiento en términos de adherencia y afinidad de los aditivos presentes en la solución hacia el tejido, asimismo, de requerir un menor consumo de agua (Lozano, 2020). Por esta razón son escogidas para procesos de acabados, especialmente en trabajos de laboratorio (**Figura 13**).

Característica:

- Transfiere el aditivo de la solución hacia el sustrato textil.
- El material y el baño está en movimiento.
- Temperatura a más de 100 °C
- Cumplen parámetros como tiempo, temperatura, velocidad, peso y gradiente.
- Contienen vasos, discos de rotación, pantalla táctil.

**Figura 13**

*Autoclave*



Fuente: Propia

## **2.6. Procedimiento**

### **2.6.1. Normas**

La norma utilizada en esta investigación es la ISO 12945-2, la cual se refiere a la evaluación de la resistencia al pilling. Este método es fundamental dentro de la industria textil, ya que permite determinar la calidad y durabilidad de los tejidos textiles.

Según lo establecido en dicha norma (ISO, 2000) se aplica lo siguientes procedimientos:

#### **Muestras**

- Cortar probetas de ensayo de medida 140 mm de diámetro
- Cortar probetas para la parte superior de  $(90 \pm 1)$  de diámetro.
- Marcar el revés del tejido y la dirección de la longitud del tejido.
- Si en el tejido no se puede identificar la cara derecha el ensayo se realizará a los dos lados.

#### **Recomendaciones de la muestra**

- Tomar muestras de distintas partes específicamente a lo ancho del tejido.
- Es importante cortar la muestra alternadamente de manera que no abarque los hilos de la misma área.
- Eludir las partes con rugosidades o distintas deformaciones.
- Es negado cortar las probetas próximo al orillo.

A continuación, se utiliza la tabla de categorías ilustrada en la **Figura 14** tomada la norma ISO 12945-2 para determinar el grado de resistencia del tejido.

## Figura 14

### Tabla de Categoría

Tabla A.1 - Categorías de ensayo de pilling

Categoría	Tipo de tejido	Tipo abrasivo	Peso de carga	Fase de evaluación	Número de frotación
1	Tapicería	Tejido abrasivo de lana	415 - 2	1	500
				2	1 000
				3	2 000
				4	5 000
2*	Tejidos (excepto tejidos para tapicería)	Tejido bajo prueba (cara/cara) o tejido de lana	415 - 2	1	125
				2	500
				3	1 000
				4	2 000
				5	5 000
				6	7 000
3-	Tejidos de punto (excepto tapicería tejidos)	tejido de punto sometido a prueba (cara/cara) o tejido de lana	155 - 1	1	125
				2	500
				3	1 000
				4	2 000
				5	5 000
				6	7 000
<p>Para las categorías 2 y 3, la duración mínima de la prueba será de 2.000 roces de pilling. La prueba podrá darse por terminada antes de los 7 000 frotamientos de picado si se observa un grado 4-5 o superior en una fase de evaluación acordada.</p> <p>NOTA Los ensayos han demostrado que se produce una mejor correlación entre la prueba y el rendimiento de desgaste continuando hasta 7 000 FUBS debido a que las pastillas que están presentes a 2 000 frotamientos pueden ser eliminadas por 7 000</p>					

**Fuente:** (ISO, 2000)

Como se presenta en la **Figura 14**, la categoría numeral 2 se toma como referencia para la evaluación de la resistencia al pilling, de acuerdo con el tipo de tejido cuyo material a utilizar es de calada.

- Evaluación

Luego de haber concluido el ensayo en el quipo Martindale verificar según la **Tabla 3** los resultados que presentan los tejidos de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla 3***Evaluación visual del ensayo*

Grado	Descripción
5	Ninguna alteración
4	Leve pelusa superficial parcialmente formados.
3	Pelusado superficial y píldorado moderado. La superficie del espécimen se recubre de bolitas de tamaño y densidad variables.
2	Pelusas y picaduras bien definidas en la superficie. Píldoras de tamaño y densidad variables que cubre mayor parte de la superficie de la muestra.
1	Pelusa concentrada y/o relleno severo. Píldoras con tamaño y densidad variables que cubre el orificio de la superficie del espécimen.

Nota: Adaptado de la **Figura 14** Fuente: (ISO, 2000)

### 2.6.2. Evaluación microscópica del tejido

#### Preparación del equipo

- Asegurar que el equipo este limpio y en funcionamiento.
- El área debe estar limpio y ordenado con iluminación necesaria.
- En caso de necesitar pinzas, portaobjetos y cubreobjetos mantenerlos a un lado del equipo.

#### Condiciones del microscopio

- Para una mejor observación acercar el tejido con el tornillo macrométrico
- Seleccionar el aumento adecuado. Es recomendable iniciar desde los objetivos de 4x o 10x.
- La iluminación del microscopio debe estar enfocado hacia el objetivo.

### 2.6.3. Elaboración de recetas

Para dar inicio al experimento, en la **Tabla 4** se muestran los materiales a utilizar en el ensayo.

**Tabla 4**

*Materiales de ensayo*

<b>Auxiliares</b>	<b>Equipos</b>	<b>Otros</b>
Dispersante	Martindale	Vaso precipitado
Humectante	Microscopio	Agitador
Ligante	Balanza	Pipeta
	Agotamiento	

Fuente: Propia

Para el siguiente desarrollo del ensayo se presenta las siguientes recetas presentadas en las **Tablas 5, 6 y 7**.

**Tabla 5**

*Receta de acabado 1*

<b>Aditivo</b>	<b>Auxiliares</b>	<b>Dosificación</b>	<b>R/B</b>
TiO <sub>2</sub>		<b>15%</b>	
	Dispersante	<b>1g/L</b>	<b>1/5</b>
	Humectante	<b>1g/L</b>	
	Ligante	<b>9%</b>	

Nota: En esta tabla, la relación de baño (R/B) se mantiene constante, mientras que la concentración del elemento principal aumenta.

**Tabla 6***Receta de acabado 2*

<b>Aditivo</b>	<b>Auxiliares</b>	<b>Dosificación</b>	<b>R/B</b>
TiO <sub>2</sub>		<b>18%</b>	
	Dispersante	<b>1g/L</b>	<b>1/5</b>
	Humectante	<b>1g/L</b>	
	Ligante	<b>12%</b>	

Nota: Los auxiliares se mantiene constantes con el objetivo de analizar y evaluar como el TiO<sub>2</sub> podría afectar el rendimiento del acabado para reducir el pilling.

**Tabla 7***Receta de acabado 3*

<b>Aditivo</b>	<b>Auxiliares</b>	<b>Dosificación</b>	<b>R/B</b>
TiO <sub>2</sub>		<b>21%</b>	
	Dispersante	<b>1 g/L</b>	<b>1/5</b>
	Humectante	<b>1 g/L</b>	
	Ligante	<b>15%</b>	

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS

En este apartado se presentan los hallazgos obtenidos a partir de las pruebas cuantitativas desarrolladas en el laboratorio con el equipo Martindale, siguiendo los lineamientos de la Norma ISO 12945-2 para evaluar la resistencia al pilling de un tejido plano tratado con dióxido de titanio. Los valores generados por el equipo son analizados detalladamente para determinar la cantidad de ciclos en los que el tejido con acabado presenta cambios en su superficie. El análisis de los resultados ofrece una comprensión más precisa y completa del comportamiento del sustrato frente a la formación de bolitas.

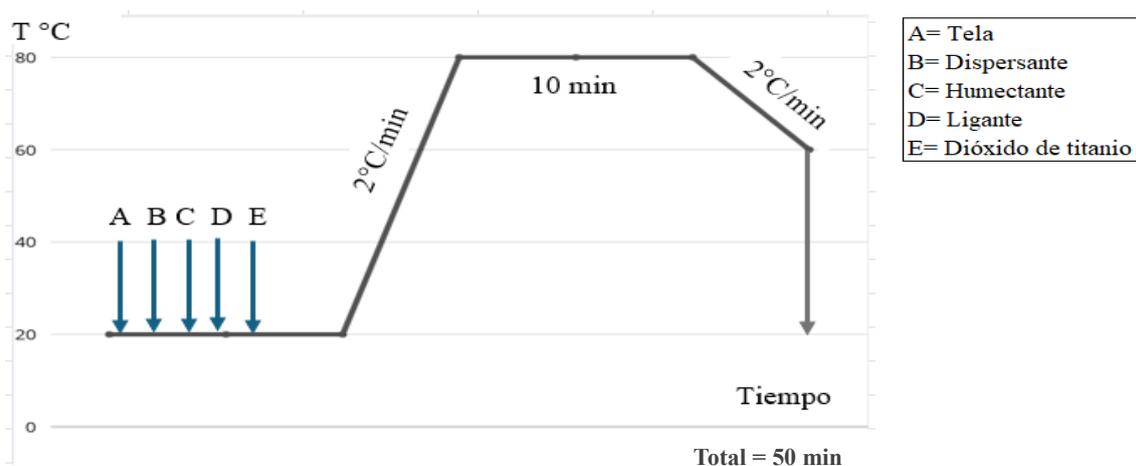
#### 3.1. Probetas para el uso en el ensayo

El proceso de acabado comienza con la preparación del primer conjunto de elementos, compuesto por los sustratos o probetas del tejido Pes/Co – 65/35. Estas muestras se cortaron en forma cuadrada con dimensiones de 25cm\*25 cm, asegurando un área útil y suficiente para los ensayos. Esto es especialmente importante porque, al someter las muestras a factores como tiempo y temperatura en una solución, pueden experimentar encogimiento, reduciendo su dimensión inicial. Posteriormente se utilizó una troqueladora para cortar las probetas en un tamaño estándar de 154 mm de diámetro, facilitando su manipulación y evaluación.

En la **Figura 15** se muestra la curva de proceso para el acabado con dióxido de titanio, empleado como agente para mejorar la resistencia al pilling. Este tratamiento se aplicó a tres recetas con diferentes concentraciones. Los detalles específicos se presentan a continuación.

**Figura 15**

*Curva de acabado- método de agotamiento*



### 3.2. Datos para el proceso de aplicación del acabado

Para este apartado se llevaron a cabo dos corridas de ensayos, en la primera configuración, no se consigue ninguna mejoría al respecto de la formación de pilling, pudiendo evidenciarse la misma apariencia que la muestra base (M<sub>0</sub>), es por esta razón que se realizó un segundo experimento (**Tabla 8**) en la que se aumentaron las concentraciones de dióxido de titanio y de ligante, en este caso, el resultado ya es notorio y se deja establecida la formulación.

**Tabla 8**

*Cantidad total a aplicar -Ensayo 2*

<b>RECETAS -ENSAYO 2</b>			
<b>Relación de baño</b>	<b>1/5</b>		
Peso de la muestra	12.53		
Volumen del agua	62.65		
<b>Auxiliares</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Ligante	1.13 g	1.50 g	1.88 g
Dispersante	0.06 mL	0.06 mL	0.06 mL
Humectante	0.06 mL	0.06 mL	0.06 mL
Dióxido de titanio	1.88 g	2.26 g	2.63 g

### 3.3. Resultados -Análisis del tejido

Con base a la formulación planteada y el acabado procesado se observa y analiza a la tela poliéster/algodón - 65/35 en el microscopio, con la finalidad de definir y evaluar los intersticios presentes antes y después del tratamiento, en los objetivos 4x y 10x, donde se visualizan de mejor manera la estructura del tejido.

Se realizó un ajuste en el tornillo macrométrico, estableciendo una medida de 73 para obtener el primer enfoque de la posición vertical de la muestra. Posteriormente, se utilizó el tornillo micrométrico, configurándolo al valor 27, con el objetivo de lograr una nitidez más precisa del tejido.

En las fotografías del sustrato, tomadas con dos aumentos y presentadas en la **Tabla 9**, bajo la iluminación media intensa de una fuente de luz visible, se evidencian intersticios de tamaños heterogéneos en las probetas sin tratar. Sumado a ello, se presta atención a las fibras que sobresalen de la estructura del hilo, lo que indica una clara propensión a la formación de pilling.

**Tabla 9**

*Tejido sin acabado – Intersticios-Muestra 0*

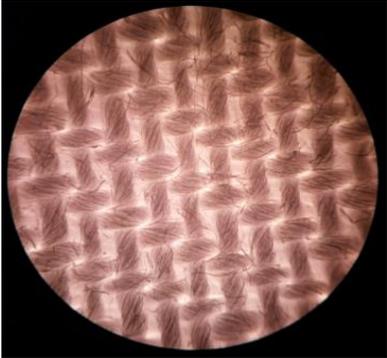
Objetivo 4x	Objetivo 10x
	

A continuación, la siguiente tabla muestran los resultados tras la aplicación del  $\text{TiO}_2$  en los mismos objetivos, para observar si existe una reducción significativa en los intersticios y la resistencia a la generación de bolitas del sustrato.

Según la evidencia presentada en la **Tabla 10**, no se observaron cambios en los intersticios del tejido bajo los aumentos 4x y 10x, independientemente del acabado aplicado a las tres recetas mediante el proceso de agotamiento. Esto sugiere que, durante el tratamiento la solución se difundió y se absorbió eficazmente en las fibras del sustrato gracias a la circulación y al contacto continuo mediante el control de tiempo, temperatura y movimiento, sin disminuir los orificios del sustrato.

**Tabla 10**

*Tejido con acabado*

Objetivo 4x	Objetivo 10x
	

Nota: Con el objetivo 10x se evaluó al tejido bajo un nivel reducido de luz, manteniendo las mismas configuraciones en las medidas del tornillo macrométrico y micrométrico.

Una vez evaluados los intersticios del tejido, este fue enviado al proceso de evaluación de pilling (**Figura 16**) utilizando el equipo Martindale. En consecuencia, la muestra 0, correspondiente al sustrato sin acabado, se sometió a dicho equipo para analizar el comportamiento a través de los 5 niveles de ciclos establecidos, obteniéndose los resultados que se detallan a continuación en la **Tabla 11**.

**Figura 16**

*Muestra 0-Resultado final a los 7000 ciclos*



Nota: La muestra 0 al igual que las tres probetas tratadas tienen un resultado de grado de pilling 1, definiéndose como muy severo.

**Tabla 11**

*Resultados del ensayo Martindale de la muestra 0 sin acabado*

Nº	Ciclos	NOTA	GRADO
1	500	3	Pelusas moderadas y superficiales en el tejido.
2	1000	1	
3	2000	1	Pilling de tamaño y densidad variables que cubre
4	5000	1	toda la superficie del espécimen. (Muy severo)
5	7000	1	

Se observa que, tras someter a la probeta sin acabado al proceso de frotación en el equipo Martindale, presentó un pilling moderado durante el primer ciclo. Sin embargo,

en los siguientes ciclos, se evidenció una formación más pronunciada, alcanzando niveles muy severos.

En cambio, los resultados presentados en la **Tabla 12** permiten comparar la sección “nota” con la **Tabla 11**, puesto que en esta última los valores obtenidos tras 5 ciclos reflejan una resistencia muy baja, y en la tabla 12 los resultados a los tres ciclos indican mayor resistencia. A su vez, en esta última, se observa una mejor secuencia en disminución de los valores conforme aumentan los ciclos.

**Tabla 12**

*Resultado de la muestra 1-Receta 1*

<b>TiO<sub>2</sub></b>		15%	
<b>Ligante</b>		9%	
<b>Nº</b>	<b>Ciclos</b>	<b>NOTA</b>	<b>GRADO</b>
1	500	4	Pelusa superficial y parcialmente formada.
2	1000	3	Pelusas definidas en la parte superficial del sustrato
3	2000	3	Pelusa densa en la superficie y/o relleno severo.
4	5000	2	Pílling de tamaño y densidad variables que cubre
5	7000	1	toda la superficie del espécimen. (Muy severo)

De acuerdo con la **Tabla 13** las fases de ciclos planteados, muestra una mayor resistencia en los numerales 1 y 2 con calificaciones que reflejan ligera pelusilla, estas disminuyen progresivamente hasta alcanzar el grado 1, similar a lo observado en la **Tabla 12**.

**Tabla 13***Resultado de la muestra 2 - Receta 2*

	<b>TiO<sub>2</sub></b>		18%
	<b>Ligante</b>		12%
<b>Nº</b>	<b>Ciclos</b>	<b>NOTA</b>	<b>GRADO</b>
1	500	4	Ligera pelusilla superficial parcialmente formado.
2	1000	4	Ligera pelusilla superficial parcialmente formado
3	2000	3	Pilling definido en la parte superficial del sustrato.
4	5000	2	Pelusa densa en la superficie y/o relleno severo
5	7000	1	Pilling de tamaño y densidad variables que cubre toda la superficie del espécimen.

En comparación con la **Tabla 12**, la **Tabla 14** muestra una mejor resistencia. Los valores del primer ciclo se mantienen en una calificación de 5, indicando ausencia de cambios en la superficie del sustrato. Asimismo, se evidencia una ligera modificación en los ciclos 1000 y 2000, donde el grado de pilling permanece constante en 4. Sin embargo, hacia el final del ciclo, se observa un cambio abrupto de un grado 3 a 1.

**Tabla 14***Resultado de la muestra 3- Receta 3*

	<b>TiO<sub>2</sub></b>		21%
	<b>Ligante</b>		15%
<b>Nº</b>	<b>Ciclos</b>	<b>NOTA</b>	<b>GRADO</b>
1	500	5	Ningún cambio.
2	1000	4	Ligera pelusilla parcialmente formado
3	2000	4	Ligera pelusilla parcialmente formado
4	5000	3	Pilling definido en la parte superficial del sustrato.
5	7000	1	Píldoras de tamaño y densidad variables que cubre toda la superficie del espécimen. (Muy severo)

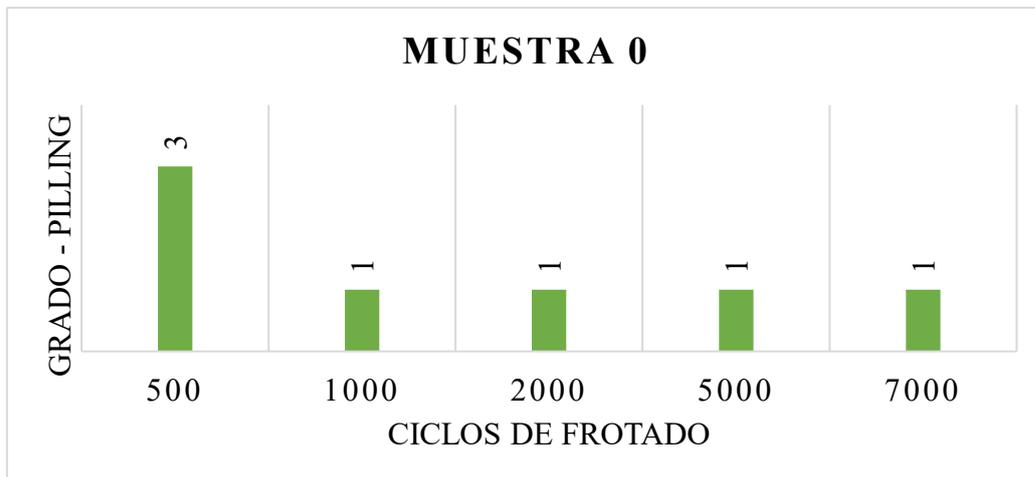
### 3.3.1. Análisis de gráficos estadísticos

En esta parte se organiza los datos obtenidos del apartado anterior con el fin de facilitar la comprensión mediante gráficos estadísticos.

Para el apartado de la **Figura 17** se presenta que, tras 500 ciclos, el grado de pilling es 3, lo que indica un nivel moderado de generación de bolitas en la parte superficial del tejido. A medida que aumenta el número de ciclos, el tamaño y la densidad de las bolitas incrementan evidenciando poca resistencia, alcanzando un resultado final de 1.

**Figura 17**

*Análisis cuantitativo -grado pilling*

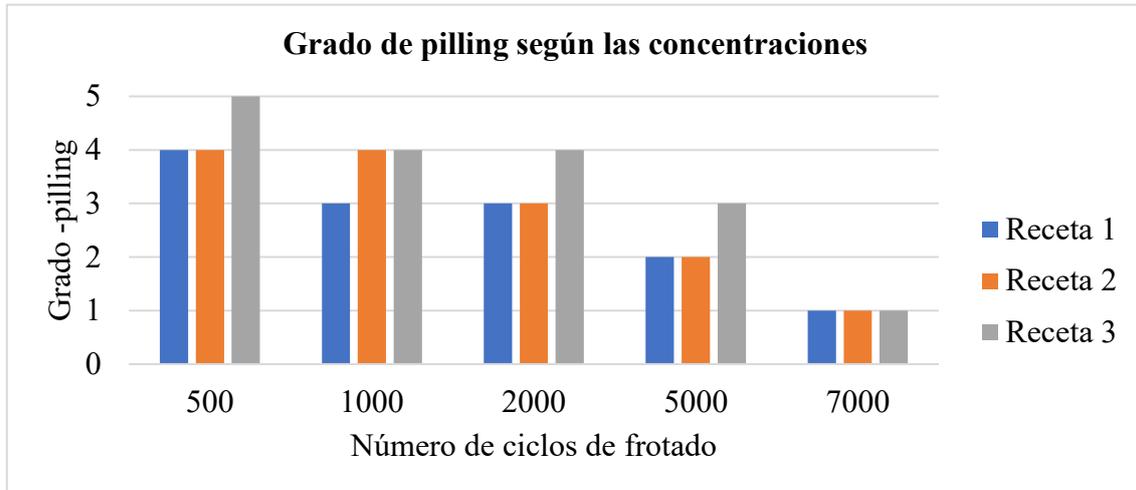


Nota: Los grados de pilling se califica del 1 al 5, siendo 1 como pilling muy severo y 5 sin pilling.

En el gráfico estadístico de la **Figura 18** se observa un cambio significativo en el grado de pilling según las diferentes recetas y concentraciones. La receta 3, muestra un mejor desempeño inicial, evidenciando mayor resistencia en los primeros 500 ciclos de frotado en comparación con las otras recetas. Sin embargo, conforme aumenta el número de ciclos, la resistencia disminuye progresivamente, en todas, alcanzando el grado 1 en la última fase.

**Figura 18**

*Análisis cuantitativo- Ensayo 2*



### 3.4. Normalidad

La prueba de normalidad también llamada distribución de Gauss se caracteriza por la forma en cómo se distribuyen varios valores numéricos de las variables continuas, tiene un grado de significancia de 0.05, cuyo dato se utiliza para analizar si tienen valores atípicos (Juárez, 2021) .

#### Prueba de Shapiro Wilk

Se caracteriza por ser paramétrica cuya función es medir la correlación de los datos y cuál de estos son normales. Verifica qué valores son críticos y determina si alguno se desvía significativamente, utilizando muestras máximas de 50 (Luzuriaga et al., 2023).

Después de realizar la prueba de normalidad de los resultados tomados del ensayo Martindale, se analiza en la **Tabla 15** , la existencia de la distribución normal de los datos, puesto que ningún elemento es inferior a los 0.05 del valor límite y cabe señalar que, no se encuentra una desviación de esta distribución, dando la confianza total para aplicar las recetas implementadas en este trabajo.

**Tabla 15***Test Normalidad- Ensayo 2*

Test de Normalidad de muestras con dióxido de titanio			
	M1	M2	M3
<b>Ligante</b>	<b>9%</b>	<b>12%</b>	<b>15%</b>
<b>Dióxido de Titanio</b>	<b>15%</b>	<b>18%</b>	<b>21%</b>
<b>N</b>	5	5	5
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9609	0,902	0,9141
<b>p(normal)</b>	0,814	0,4211	0,4925
<b>Anderson-Darling A</b>	0,2318	0,2886	0,3264
<b>p (normal)</b>	0,6205	0,4537	0,3534
<b>p (Monte Carlo)</b>	0,07306	0,5183	0,4164
<b>Lilliefors L</b>	0,2371	0,2213	0,2538
<b>p (normal)</b>	0,4731	0,585	0,3651
<b>p (Monte Carlo)</b>	0,4699	0,6029	0,3663
<b>Jarque-Bera JB</b>	0.2887	0.5021	0.5531
<b>p (normal)</b>	0.8656	0.778	0.7584
<b>p (Monte Carlo)</b>	0.8653	0.545	0.455

Fuente: Propia

**3.4.1. Análisis de resultados- estadística descriptiva**

- Min: Valor inferior del grado de pilling
- Max: Valor máximo del grado.
- Mean: Promedio del conjunto de datos obtenidos.
- Std. Error: Indica el valor que puede diferir la media de las muestras tomadas de la misma población.
- Varianza: Evalúa cuanto se distancia los datos de acuerdo con la media.
- Stand. Dev: Mide el valor total de la desviación del grupo de datos en la relación a la media.

- Median: Es el dato que ocupa la parte central de todos los datos.
- Coeff. Var: Evalúa la variabilidad del alejamiento de los datos en función de la media.

Esta **Tabla 16** muestra el valor mínimo del grado de pilling que llega a tener el tejido durante el ensayo y el máximo que llega a resistir el sustrato durante los ciclos de frotación. Con respecto a la media indican que se encuentran cerca de la mitad del valor superior, donde se puede interpretar como moderada a baja.

Además, al tener los datos de la varianza y la desviación estándar presentados en esta tabla, se interpreta que estos valores están alejados moderadamente de la media, es decir, existe cierta inconsistencia en el proceso de acabado y es necesario buscar mayor precisión.

Mientras que en la parte de coeficiente de variación de las tres recetas se analiza que tales resultados están muy dispersos de la media, aunque los grados de la receta de los primeros ciclos mostrase resistencia, se encuentra una variación moderada de las condiciones del experimento.

Es decir, aunque la prueba de normalidad mostró que los datos siguen una distribución normal, hay una sección donde se analiza la dispersión alejada de los resultados con respecto a la media, interpretándose al proceso del ensayo con cierta variabilidad.

**Tabla 16***Test de Variación*

Muestras con dióxido de titanio - Ensayo 2			
	M1	M2	M3
<b>Ligante</b>	<b>9%</b>	<b>12%</b>	<b>15%</b>
<b>Dióxido de Titanio</b>	<b>15%</b>	<b>18%</b>	<b>21%</b>
<b>N</b>	5	5	5
<b>Min</b>	1	1	1
<b>Max</b>	4	4	5
<b>Sum</b>	13	14	17
<b>Mean</b>	2.6	2.8	3,4
<b>Std. error</b>	0,509902	0,5830952	0,678233
<b>Variance</b>	1.3	1.7	2.3
<b>Stand. dev</b>	1.140175	1.30384	1.516575
<b>Median</b>	3	3	4
<b>Coeff. var</b>	43.8529	46.56573	44.60515

### 3.5. Discusión de resultados

El acabado aplicado en la receta 1 presentado en la **Tabla 5** muestra que las concentraciones de dióxido de titanio de 15% y ligante 9% con una relación de baño 1:5, no mostraron diferencias estadísticamente significativas en los intersticios del sustrato textil, según el análisis microscópico. Sin embargo, los resultados obtenidos mediante el equipo Martindale evidenciaron mejoras temporales en la resistencia al pilling durante los tres primeros ciclos, alcanzando grados mayores en comparación al tejido sin tratar.

En la receta 2, cuyos resultados se encuentran en la **Tabla 13**, genera el mismo valor negativo en los intersticios. No obstante, en términos de resistencia al pilling, se obtuvo un grado 4 en los ciclos iniciales, lo que indica la presencia de pelusas ligeras sobre la superficie del tejido, mejorando levemente en comparación con la Receta 1.

Por su parte, los resultados de la receta 3, muestra similitud con las anteriores en cuanto a la estructura del tejido, de acuerdo con las imágenes presentadas, no se identificaron diferencias significativas en los orificios formados por los hilos de urdimbre y trama. Sin embargo, en lo referente al grado de pilling (**Tabla 14**), esta mostró una mejora notable. Durante los ciclos iniciales, los grados incrementaron mostrando mayor resistencia a la formación de pilling, esto fue por el aumento de la concentración del aditivo principal en el ensayo. Pese a estas mejoras iniciales, al finalizar los 7000 ciclos, el tejido presentó un daño muy severo en la superficie.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Como resultado, tras analizar diversas fuentes bibliográficas sobre las propiedades del dióxido de titanio, se identificó una notable carencia de estudios enfocados en su impacto de resistencia al pilling en tejidos. Aunque se reportan investigaciones relacionadas con la mejora de otras propiedades, estos antecedentes resultaron valiosos para estructurar los procedimientos de aplicación del  $\text{TiO}_2$  en el sustrato textil poliéster/algodón - 65/35. Esto representa un avance significativo en la exploración de acabados funcionales destinados a mejorar el desempeño y la durabilidad de materiales textiles.
- De acuerdo con las recetas desarrolladas para el proceso de acabado, se concluye que el aumento de la concentración del aditivo empleado en la Receta 3 mejoró la adherencia del  $\text{TiO}_2$  al sustrato. No obstante, no se alcanzó una fijación permanente, ya que las moléculas del aditivo terminaron en la etapa de difusión, generando un acabado temporal. Este tratamiento demostró ser efectivo para mejorar la resistencia del tejido a la formación de pilling. Sin embargo, se verificó que la reducción de los intersticios no tuvo influencia significativa en los resultados obtenidos.
- La aplicación de dióxido de titanio en concentraciones de 15%, 18% y 21% permitió evaluar la resistencia al pilling, según las evaluaciones cuantitativas realizadas. Los valores mínimos clasificados como “muy severos” (nota 1) y máximos como “sin formación de pilling” (5), siendo la receta 3 la que demostró mejor desempeño. Sin embargo, el coeficiente de variación del 44.60% evidencia una alta variabilidad en los resultados, lo que señala inconsistencias en el procedimiento de la fase de acabado.

## Recomendaciones

- Debido a la carencia de estudios sobre este tema, se recomienda, realizar investigaciones adicionales sobre el impacto del dióxido de titanio en la resistencia al pilling.
- Se sugiere la necesidad de explorar alternativas en la formulación y en la utilización de otros métodos de acabado para evaluar si estas disminuyen los intersticios y mejoran la resistencia al pilling.
- Estos hallazgos sugieren que futuras investigaciones podrían centrarse en optimizar las condiciones de aplicación de las recetas durante el ensayo, con el fin de obtener evidencias con menor variabilidad y, de este modo, garantizar resultados más uniformes y permanentes.
- Tras los resultados obtenidos se recomienda explorar aplicaciones que combinen resistencia al pilling con beneficios adicionales como repelencia a líquidos, protección UV, permitiendo desarrollar textiles multifuncionales y con mayor valor agregado

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta. (2023). *Revista Latinoamericana Ogmios Licencia: CC BY NC*.  
<https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i8.084>
- Alina, I., Somano, K. Q., Alberto, C., & León, M. (2020). *Métodos teóricos de investigación: análisis-síntesis, inducción-deducción, abstracto-concreto e histórico-lógico*.
- Asana. (2024, February 17). *¿Qué es un diagrama de flujo y cómo hacerlo?* .  
<https://asana.com/es/resources/what-is-a-flowchart>
- Attar, R. M. S., Alshareef, M., Snari, R. M., Alaysuy, O., Aldawsari, A. M., Abu-Melha, S., & El-Metwaly, N. M. (2022). Development of novel photoluminescent fibers from recycled polyester waste using plasma-assisted dyeing toward ultraviolet sensing and protective textiles. *Journal of Materials Research and Technology*, 21, 1630–1642. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.09.115>
- Betancur, C., Hernández Montes, V., & Buitrago Sierra, R. (2016). Nanopartículas para materiales antibacterianos y aplicaciones del dióxido de titanio Nanoparticles for antibacterial materials and titanium dioxide applications. In *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas* (Vol. 35, Issue 4). <http://scielo.sld.cu>
- Brañez. (2022). *El acabado textil*.
- Bustamante. (2017, July 31). *Fundamentos del diseño en el tejido plano*.  
<https://aptpperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>
- Califonseca. (2021). *“Propiedades físicas de la fibra de vicuña (Vicugna vicugna) en Perú y Bolivia.”*

Carrion. (2022). *Escola D'enginyeria de Terrassa eet materials pel disseny de productes tèxtils.*

Choudhary Preeti. (2019). *Titanium Dioxide Nanomaterials.*

Coldea, & Vlad. (2017, January). *(Study regarding the physical-mechanical properties of knits for garments – pilling performance.*  
[https://www.researchgate.net/publication/319010367\\_Study\\_regarding\\_the\\_physical-mechanical\\_properties\\_of\\_knits\\_for\\_garments\\_-\\_pilling\\_performance](https://www.researchgate.net/publication/319010367_Study_regarding_the_physical-mechanical_properties_of_knits_for_garments_-_pilling_performance)

Constitución de la República del Ecuador. (2018). Constitución de la República del Ecuador. In *Registro Oficial* (Vol. 449, Issue 20). [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)

Córdoba. (2005). *El sector del algodón y la industria textil.*

Enríquez O. (2024). *“Acabado con concha de nácar en tejido jersey 100% poliéster corte algodono para reducir el pilling”.*

Freire. (2019). *Experimentación de bases textiles a partir de la incorporación de metales.*

Google Maps. (2025).

<https://www.google.com.ec/maps/place/Carrera+de+Ingenier%C3%ADa+en+Textiles/@0.3780201,->

[78.123518,19z/data=!4m1!1m7!3m6!1s0x8e2a3b38f9cd91ed:0x961fee2a0b1df71!2sCarrera+de+Ingenier%C3%ADa+en+Textiles!8m2!3d0.3779638!4d-](https://www.google.com.ec/maps/place/Carrera+de+Ingenier%C3%ADa+en+Textiles/@0.3780201,-78.123518,19z/data=!4m1!1m7!3m6!1s0x8e2a3b38f9cd91ed:0x961fee2a0b1df71!2sCarrera+de+Ingenier%C3%ADa+en+Textiles!8m2!3d0.3779638!4d-)

[78.1236011!16s%2Fg%2F11qr6fv13n!3m5!1s0x8e2a3b38f9cd91ed:0x961fee2a0b1df71!8m2!3d0.3779638!4d-](https://www.google.com.ec/maps/place/Carrera+de+Ingenier%C3%ADa+en+Textiles/@0.3780201,-78.1236011!16s%2Fg%2F11qr6fv13n!3m5!1s0x8e2a3b38f9cd91ed:0x961fee2a0b1df71!8m2!3d0.3779638!4d-)

[78.1236011!16s%2Fg%2F11qr6fv13n?hl=es&entry=tту&g\\_ep=EgoyMDI1MDIxM C4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com.ec/maps/place/Carrera+de+Ingenier%C3%ADa+en+Textiles/@0.3780201,-78.1236011!16s%2Fg%2F11qr6fv13n?hl=es&entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDIxM C4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D)

Guzmán, O. (2021). *Datos de identificación: Tecnología textil.*

- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2022). *Guía para la elaboración de diagramas de flujo 2 Contenido*.
- Jiménez-Delgadillo, D. N., Mariel-Cárdenas, J., Sánchez-Meraz, W., Gutiérrez-Cantú, F. J., & Oliva-Rodríguez, R. (2021). Magnificación en la terapia endodóncica mediante el microscopio operatorio. *Revista de La Asociación Dental Mexicana*, 78(3), 176–180. <https://doi.org/10.35366/100076>
- Jose Avila, A. M., Avila, J. M. S., Martinez, D. H., & Jose, F. S. R. (2014). *Cultivo de algodón*.
- Juárez. (2021). *Sistema de información gerencial para el proceso de administración de ventas en el área Gerencia de Negocios Telefónica de Teleatento del Perú S.A.C.*
- Kasem, M. H., Riva, A., De, E., Hilados, L., Características, Y., Los, D. E., De, T., & Parte, A. (2007). *Estructura de los hilados y características de los tejidos de algodón. Parte 1: Efecto de la estructura de los hilados sobre el pilling del tejido*.
- Korzeniewska, E., Gocławski, J., Sekulska-Nalewajko, J., Walczak, M., & Wilbik-Hałgas, B. (2020). Changes in fabric surface pilling under laser ablation. *Sensors (Switzerland)*, 20(20), 1–16. <https://doi.org/10.3390/s20205832>
- Kumpikaitė, E., Tautkutė-Stankuvienė, I., Simanavičius, L., & Petraitienė, S. (2021). The influence of finishing on the pilling resistance of linen/silk woven fabrics. *Materials*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/ma14226787>
- 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*.

- Luzuriaga, H. A., Espinosa Pinos, C. A., Haro Sarango, A. F., & Ortiz Román, H. D. (2023). Histograma y distribución normal: Shapiro-Wilk y Kolmogorov Smirnov aplicado en SPSS. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(4). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i4.1242>
- Masseroni, & Domínguez. (2010). *Metodología y métodos: Diseños de investigación comparativa*. 10.
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. In *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- Mhadhbi, M., Abderazzak, H., & Avar, B. (2023). *Synthesis and Properties of Titanium Dioxide Nanoparticles*. [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)
- Monje. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa Guía didáctica*.
- Nashwa. (2021). Selecting textile fibers to match the design & final product functional use to meet the challenges of the local & global market. In *Nashwa Nagy* (Vol. 265).
- Orellana, Scaffy, Aguirre, & Romero. (2022). Semáforo emergente del mercado. Caso: asociación de producción textil hilando al desarrollo tendales asotendales. *Revista Ciencia UNEMI*, 15, 93–110. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol15iss38.2022pp93-110p>
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2000). *ISO 12945-2 Textiles. Tendencia a la formación de bolitas. Parte 2= Martindale*.

- Pantoja. (2017). “*Estudio Comparativo de los Ensayos de Pilling entre el Random Tumble Pilling y Martindale en Tejidos de Algodón 100%, Poliéster 100% y Poliéster/Algodón 65/35%de género de punto elaborados en Confecciones Recreativas Fibran.*”
- Parkin, I. P., & Palgrave, R. G. (2005). Self-cleaning coatings. In *Journal of Materials Chemistry* (Vol. 15, Issue 17, pp. 1689–1695). <https://doi.org/10.1039/b412803f>
- Pocoroba. (2006). “*Análisis de los factores de determinan la formación de pilling en tejido de punto*” (*Tejido liso y tejido cerrojo cerrado*).
- Ramos. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Rodriguez, & Merlos. (2020). *Propiedades de Las Fibras en Mezclas | PDF | Textiles | Fibra sintética*. <https://es.scribd.com/document/656541750/Propiedades-de-Las-Fibras-en-Mezclas>
- Rosero. (2023). *Elaboración de hilo con fibras obtenidas del pseudotallo de la planta de plátano “Musa paradisiaca.”*
- Sekulska, J., Gocławski, J., & Korzeniewska, E. (2020). A method for the assessment of textile pilling tendency using optical coherence tomography. *Sensors (Switzerland)*, 20(13), 1–19. <https://doi.org/10.3390/s20133687>
- Solé. (2012). *Hilatura del algodón. Fibras textiles. Hilatura del algodón. Parámetros de los hilos*. [www.ue-inti.gob.ar](http://www.ue-inti.gob.ar)
- Solé. (2014). *ElPillingEnLosArticulosTextiles-4817579*. 37.

- Sykam, K., Försth, M., Sas, G., Restás, Á., & Das, O. (2021). Phytic acid: A bio-based flame retardant for cotton and wool fabrics. In *Industrial Crops and Products* (Vol. 164). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113349>
- TesTex. (2022). *Método Martindale de pruebas de abrasión y pilling ISO 12945-2:2020 - Testex*. <https://www.testertextile.com/es/martindale-method-of-abrasion-pilling-testing-iso-12945-22020/>
- TESTEX. (2025, November 2). *Pilling de tela: qué saber, hacer y esperar, la guía completa*. <https://www.testertextile.com/es/what-is-pilling-in-fabric/>
- Universidad Técnica del Norte. (2023). *Líneas de investigación*. <https://doi.org/10.32911/as.2017.v10.n1.178>
- Wang, S., & Salmon, S. (2022). Progress toward Circularity of Polyester and Cotton Textiles. *Sustainable Chemistry*, 3(3), 376–403. <https://doi.org/10.3390/suschem3030024>
- Yilma, Luebben, & Tadesse. (2021). Effect of plasma surface modification on comfort properties of polyester/cotton blend fabric. *Materials Research*, 24(3). <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2021-0021>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### *Evidencias de ensayo práctico*



### Anexo 2

#### *Ensayo de acabado*



### Anexo 3

*Secado*



### Anexo 4

*Ensayo Microscopio*



### Anexo 5

*Ensayo Martindale*



## Anexo 6

### Ficha técnica del tejido poliéster/algodón – 65/35

**LAFAYETTE**

FICHA TÉCNICA

**QATAR**

PART. ARAN. UNICOLOR : 54.07.82.00.00.

PART. ARAN. ESTAMPADO :

INFORMACIÓN TÉCNICA		
BASE : 23008	TEJIDO : Tejido Plano	
ANCHO:	151 ± 3 cm	ASTM D3774
ANCHO CORTABLE:	149 ± 3 cm	ASTM D3774
PESO (MASA/UNIDAD DE AREA):	204 ± 10 g/m2	ASTM D3776 OPC. C
MALLAS O PASADAS:	23 ± 1 hilo/cm	ASTM D3775 / ASTM D8007
COMPOSICIÓN :	65.00 % FILAMENTO DE POLIESTER 35.00 % ALGODON	

TECNOLOGÍA			USOS
NOMBRE	DESCRIPCION	NORMA	
 ALGODÓN	Tecnología que brinda la <b>frescura</b> y la <b>naturalidad</b> del algodón.	AATCC 20	OVEROLES, PANTALONES, SASTRES, FALDAS 
 PROTECCIÓN SOLAR	Tecnología que <b>evita el paso de los rayos UV</b> , actuando como un escudo protector de la piel.	AATCC 183	

#### BENEFICIOS

- Base en Poli-algodón fresca y resistente.
- Base perteneciente al programa de etiquetas +Algodón
- Es muy suave y confortable al contacto con la piel
- Lafayette identifica el derecho de la tela con el fin de informar a sus clientes el lado que ha sido inspeccionado y testeado, además, es el lado sugerido para realizar los procesos de confección.
- Sofisticada base pesada con firmeza y buena caída.
- Totalmente apta para cualquier tipo de clima gracias a su composición y peso.

#### INSTRUCCIONES DE CUIDADO

- \* Derecho tela: Diagonal Abajo

- Las prendas de color blanco se deben lavar separadamente

Lafayette  
uni for me

- La información aquí estipulada es válida a la fecha de emisión de esta ficha 28/10/2020. Ficha con vigencia de 90 días.  
- Textiles Lafayette S.A.S se reserva el derecho de hacer modificaciones sin previo aviso dentro de su proceso de mejoramiento continuo  
- Si este producto es utilizado para usos diferentes a los mencionados en esta ficha será bajo su propia responsabilidad  
www.lafayette.com Teléfono: +57(1) 2948880 Oficinas Lafayette : Calle 15 #72-95 Bogotá D.C.

Anexo 7

Ficha técnica de Dióxido de titanio



**浙江京海新材料有限公司**  
 ZHEJIANG JINGHAI NEW MATERIAL CO., LTD.  
<http://www.jinghaitio2.com>  
<http://www.zhejiangjinghai.com>

**质量检测报告**  
**Certificate of Analysis**

**浙江京海新材料有限公司**  
 ZHEJIANG JINGHAI NEW MATERIAL CO., LTD.  
**CERTIFICATE OF ANALYSIS**

PRODUCT: **TITANIUM DIOXIDE**

BATCH NO.: **22100501**

MFG. DATE: **05/10/2022**

STANDARDS: **USP 43-NF 38 / BP 2020**

Functional use: **Colorant**

Shelf life: **The warranty period is 2 years.**

CRYSTAL FORM: **ANATASE**

QUANTITY: **20000kg**

PACKAGING: **25KGS/PAPER BAG**

REPORT DATE: **08/10/2022**

TYPE: **JHS2000**

TEST	SPECIFICATIONS	TEST RESULTS
CHARACTERISTICS	A WHITE OR ALMOST WHITE ODORLESS POWDER	WHITE, ODORLESS POWDER
IDENTIFICATION	ORANGE-RED COLOR WITH H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	CONFORMS
ASSAY (TiO <sub>2</sub> )	99.0-100.5%	99.38%
ALUMINA AND SILICA	MAX 0.5%	0.02%
LOSS ON DRYING	MAX 0.5%	0.19%
LOSS ON IGNITION	MAX 0.5%	0.25%
WATER SOLUBLE SUBSTANCE	MAX 0.25%	0.21%
ACID SOLUBLE SUBSTANCE	MAX 0.5%	0.20%
SIEVE RESIDUE(45 μm)	MAX 0.02%	0.010%
LEAD	MAX 10 PPM	2.85
ARSENIC	MAX 1 PPM	<1
ANTIMONY	MAX 2 PPM	<2
MERCURY	MAX 1 PPM	<0.01
IRON	MAX 50 PPM	35.5
BARIUM	NOT MORE OPALESCENT THAN REFERENCE	CONFORMS
MICROBIOLOGY TEST TOTAL AEROBIC COUNT YEASTS & MOULDS	MAX 100 CFU/G MAX 100 CFU/G	CONFORMS CONFORMS
SPECIFIED MICROBIAL TEST STAPHYLOCOCCUS AUREUS GRAM NEGATIVE BACTERIA	NOT DETECTED NOT DETECTED	CONFORMS CONFORMS
ORGANIC VOLATILE IMPURITIES CHLOROFORM 1,4-DIOXANE DICHLOROMETHANE TRICHLOROETHYLENE	60 μG PER G MAX 380 μG PER G MAX 600 μG PER G MAX 80 μG PER G MAX	<1 μG PER G <10 μG PER G <1 μG PER G <1 μG PER G
CONCLUSION	COMPLIES WITH <b>USP 43-NF 38 / BP 2020</b>	

ANALYST: **LI JIAN ZHOU**

APPROVED BY: **ZHENG JIAN CHENG**