



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**



**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
DE TEJIDOS CALCETEROS DE TALONES Y PUNTERAS EN
ALGODÓN, ACRÍLICO Y BAMBÚ”**

Autor: Vilañez Abarca Karen Estefania

Director: MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

Ibarra – Ecuador

2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	105030030-8		
APELLIDOS Y NOMBRES	VILAÑEZ ABARCA KAREN ESTEFANIA		
DIRECCIÓN:	Ibarra		
EMAIL:	kevilaneza@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	501-7586	TELÉFONO MÓVIL:	0986153537

DATOS DE LA OBRA	
Título:	Estudio comparativo de la resistencia a la abrasión de tejidos calceteros de talones y punteras en algodón, acrílico y bambú.
Autor (ES):	Vilañez Abarca Karen Estefania
Fecha:	22 de mayo de 2025
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil
ASESOR/DIRECTOR	MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 22 días del mes de mayo de 2025

EL AUTOR

A handwritten signature in blue ink that reads "Karen Vilañez". The signature is stylized with loops and a long horizontal stroke at the end.

Vilañez Abarca Karen Estefania.

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 22 días del mes de mayo de 2025

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

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. Elvis Raúl Ramírez Encalada

C.C.: 1001458973

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “Estudio comparativo de la resistencia a la abrasión de tejidos calceteros de talones y punteras en algodón, acrílico y bambú” elaborado por Vilañez Abarca Karen Estefania, previo a la obtención del título de Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 

Director

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

C.C.: 1001458973

(f): 

Asesor

MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

C.C.: 0400900452

DEDICATORIA

A mis padres Héctor Vilañez y Jacqueline Abarca, en especial a mi madre quien ha sido mi ejemplo de lucha constante y perseverancia ante las adversidades de la vida, haciendo de mí una mujer fuerte, valiente e inteligente gracias a sus consejos y amor que siempre han estado presentes.

A mis hermanos Johanna y Maikel por apoyarme siempre, este logro no es solo mío sino también de ustedes por inspirarme a seguir adelante para conseguir mi título profesional, espero poder inspirarlos a ustedes también.

A mis abuelitos que supieron educarme con mucho amor; Elena quien ha sido una segunda madre para mí y Alfonso que desde el cielo sé que está sumamente orgulloso.

Karen Estefania Vilañez Abarca

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fortaleza y sabiduría.

A mi madre Jacqueline, por ser mi guía en toda mi etapa estudiantil, gracias por hacer de mí una mujer de bien, por poner mis estudios en primer lugar, por darme siempre el aliento y las fuerzas para no rendirme y poder culminar mi etapa universitaria.

A mis hermanos Johanna y Maikel por creer en mí.

A mi pareja Byron, quien ha estado a mi lado en momentos de alegría y dificultad en toda esta etapa. Gracias por creer en mí, apoyarme y compartir conmigo este logro que algún día tanto soñé.

Gracias a mis amigos por todos los momentos compartidos, nunca los olvidaré.

Agradezco a mi director de tesis el MSc. Elvis Ramírez quien ha sido mi guía en este trabajo, su apoyo incondicional ha sido fundamental en este proceso.

Karen Estefania Vilañez Abarca

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de titulación consiste en evaluar y comparar la resistencia a la abrasión en talones y punteras mediante la fabricación de calcetines deportivos talla 10-12 en algodón, acrílico y bambú como hilos de fondo en tres densidades diferentes cada una. El propósito es determinar qué materia prima presenta mayor resistencia a la abrasión en talones y punteras ya que estas son las partes que más están expuestas a fricción

Para la obtención de diferentes densidades, se calibró la máquina WEI HUAN con un diámetro de $3\frac{3}{4}$ y 144 agujas, utilizando distintas pasadas y columnas. Además, se realizó la caracterización de la materia prima antes de iniciar el proceso de tejido. Inicialmente, los estudios se enfocaron en talones y punteras; sin embargo, tras un análisis teórico que indica que el talón y la puntera poseen la misma estructura y densidad, las probetas analizadas fueron únicamente talones y sus resultados son aplicables para ambos.

Siguiendo la norma ISO 12947-2 (Determinación de la resistencia a la abrasión por el método Martindale), se prepararon tres probetas por cada densidad y cada materia prima, dando un total de 27 probetas ensayadas. La evaluación de la resistencia se basó en la rotura del hilo de fondo, es decir, hasta que la primera malla del rizo se rompiera. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el software estadístico Past 4.

En conclusión, el análisis de los datos obtenidos revela que la muestra de algodón D3-CO presenta una resistencia superior a la abrasión en comparación con las otras materias primas analizadas alcanzando 120818 ciclos antes de llegar a su rotura y demostró una resistencia un 56,18% mayor que el acrílico. Asimismo, superó en un 48,41% al bambú el cual llegó a 62320 ciclos. Finalmente, la muestra de bambú D3-BB, superó en un 15,06% la resistencia a la abrasión comparado con la muestra de acrílico D3-PAC que obtuvo 52936 ciclos.

Palabras clave: Abrasión, acrílico, algodón, bambú, calcetín, puntera, talón.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to evaluate and compare abrasion resistance in heels and toes through the production of sports socks in size 10-12 using cotton, acrylic, and bamboo as base yarns in three different densities for each material. The purpose is to determine which raw material exhibits greater abrasion resistance in heels and toes, as these areas are most exposed to friction.

To obtain different densities, the WEI HUAN machine with a 3 ¾-inch diameter and 144 needles was calibrated using various passes and columns. Additionally, the raw material was characterized before initiating the knitting process. Initially, the studies focused on heels and toes; however, after a theoretical analysis indicating that the heel and toe share the same structure and density, only heel samples were analyzed, and their results were applicable to both.

Following the ISO 12947-2 standard (Determination of Abrasion Resistance using the Martindale Method), three samples were prepared for each density and raw material, totaling 27 tested samples. The abrasion resistance evaluation was based on the breakage of the base yarn, meaning until the first loop of the terry weave broke. The data obtained were statistically analyzed using the Past 4 statistical software.

In conclusion, the analysis of the obtained data reveals that the D3-CO cotton sample demonstrated superior abrasion resistance compared to the other raw materials analyzed. It showed 56.18% greater resistance than acrylic, reaching 120818 cycles before breakage. Likewise, it surpassed bamboo's resistance by 48.41%, which endured 62320 cycles. Lastly, the D3-BB bamboo sample exceeded the abrasion resistance of the D3-PAC acrylic sample by 15.06% that obtained 52936 cycles.

Keywords: Sock, acrylic, cotton, bamboo, abrasion, heel, and toe.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del Problema.....	1
Antecedentes	2
Importancia del estudio	3
Objetivos	5
Objetivo general	5
Objetivos Específicos	5
Características del sitio del proyecto.....	5
CAPÍTULO I.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
1.1 Estudios previos.....	7
1.1.1 Resistencia a la abrasión en tejidos calceteros.....	7
1.1.2 Tejido de punto	7
1.1.3 Tejido de punto en el ámbito de la calcetería	7
1.1.4 Hilos de algodón para calcetines.....	8
1.1.5 Hilos de acrílico para calcetines.	9
1.1.6 Hilos de bambú para calcetines.....	10
1.2 Marco legal	10
1.2.1 Constitución de la República del Ecuador	10
1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	11
1.3 Marco Conceptual.....	12
1.3.1 Resistencia a la abrasión en tejidos de punto por trama.	12
1.3.2 Tejido de punto calcetería en medianas y grandes empresas.....	13
1.3.3 Calcetines de tejidos con rizo.	14
1.3.4 Características de los hilos.....	14
2 CAPÍTULO II.....	17

MARCO METODOLÓGICO.....	17
2.1 Normas.....	17
2.1.1 Norma ISO 12947-2 Determinación de la resistencia a la abrasión de los tejidos. 17	
2.2 Tipos de investigación a aplicar.....	17
2.2.1 Investigación bibliográfica.....	18
2.2.2 Investigación experimental.....	18
2.2.3 Investigación comparativa.....	18
2.3 Diagrama de flujo.....	19
2.3.1 Diagrama de flujo general.....	19
2.3.2 Diagrama de flujo muestral.....	20
2.4 Caracterización de los hilos.....	21
2.5 Equipos y materiales.....	22
2.5.1 Máquina calcetera.....	23
2.5.2 Muestras de calcetines deportivos.....	23
2.5.3 Martindale.....	25
2.6 Desarrollo del proceso.....	25
2.6.1 Elaboración de calcetines deportivos con hilo de algodón.....	26
2.6.2 Fabricación de medias deportivas con hilos de acrílico.....	27
2.6.3 Confección de calcetines deportivos con hilos de bambú.....	28
2.7 Ensayo de la norma ISO 12947-2 (Determinación de la resistencia a la abrasión mediante el método del Martindale).....	29
2.7.1 Ensayo de resistencia a la abrasión en talones.....	32
CAPITULO III.....	36
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	36
3.1 Resultados.....	36
3.1.1 Resultados de talones de calcetines de algodón.....	36
3.1.2 Resultados de talones en calcetines de acrílico.....	37

3.1.3	Resultados de talones en calcetines de bambú.....	38
3.1.4	Resultado general de resistencia a la abrasión en talones.....	39
3.2	Discusión de resultados.....	40
3.2.1	Normalidad de los datos.....	40
3.2.2	Análisis de la varianza	41
3.2.3	Visualización de resultados – Modelo Graph	43
3.2.4	Desviación - Box plot	44
3.2.5	Resultados generales - Matrix plot (Escala cromática).....	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		47
	Conclusiones	47
	Recomendaciones.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Humedad y torsiones por metro de Co, Pac y Bb.	21
Tabla 2	Ensayo pirométrico de los hilos	21
Tabla 3	Vista al microscopio de las fibras.....	22
Tabla 4	Datos técnicos de la máquina calcetera.....	23
Tabla 5	Especificaciones del calcetín de algodón	26
Tabla 6	Especificaciones del calcetín de acrílico	27
Tabla 7	Especificaciones del calcetín de bambú	28
Tabla 8	Ensayo de abrasión en talones 100% Co – D1	33
Tabla 9	Ensayo de abrasión en talones 100% Co – D2.....	33
Tabla 10	Ensayo de abrasión en talones 100% Co – D3.....	33
Tabla 11	Ensayo de abrasión en talones 100% Pac – D1	34
Tabla 12	Ensayo de abrasión en talones 100% Pac - D2	34
Tabla 13	Ensayo de abrasión en talones 100% Pac - D3	34
Tabla 14	Ensayo de abrasión en talones 100% Bb - D1	35
Tabla 15	Ensayo de abrasión en talones 100% Bb - D2	35
Tabla 16	Ensayo de abrasión en talones 100% Bb - D3	35
Tabla 17	Resultados de abrasión en talones D1-CO	36
Tabla 18	Resultados de abrasión en talones D2-CO	37
Tabla 19	Resultados de abrasión en talones D3-CO	37
Tabla 20	Resultados de abrasión en talones D1-PAC	37
Tabla 21	Resultados de abrasión en talones D2-PAC	38
Tabla 22	Resultados de abrasión en talones D3-PAC	38
Tabla 23	Resultados de abrasión en talones D1-BB	38
Tabla 24	Resultados de abrasión en talones D2-BB	39

Tabla 25 Resultados de abrasión en talones D3-BB	39
Tabla 26 Resultado general de la resistencia a la abrasión	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica Laboratorio CTEX	6
Figura 2 Equipo de laboratorio Martindale.....	13
Figura 3 Vista de la malla de rizo de un calcetín deportivo.....	14
Figura 4 Máquina calcetera de la CTEX	23
Figura 5 Calcetín deportivo	24
Figura 6 Midi Martindale – James Heal	25
Figura 7 Talones y punteras en las 3 densidades (D) 100% Co.....	27
Figura 8 Talones y punteras en las 3 densidades (D) 100% Pac.....	28
Figura 9 Talones y punteras en las 3 densidades (D) 100% Bb.....	29
Figura 10 Preparación del equipo Martindale.....	30
Figura 11 Preparación de las muestras para realizar el ensayo de abrasión	31
Figura 12 Codificación de muestras	32
Figura 13 Resultado general de datos	43
Figura 14 Box plot.....	44
Figura 15 Matrix plot.....	45

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Certificado de uso de laboratorio	55
Anexo 2 Elaboración de calcetines deportivos	56
Anexo 3 Análisis cualitativo de los hilos de Co, Pac y Bb.....	56
Anexo 4 Preparación de probetas	56
Anexo 5 Ensayo de resistencia a la abrasión	57
Anexo 6 Probetas (Antes y después del ensayo de resistencia a la abrasión)	57

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del Problema

La industria calcetera enfrenta un desafío significativo relacionado con la calidad de sus tejidos, ya que con frecuencia estos tienden a ser descartados prematuramente debido a que son propensos a sufrir daños o roturas, especialmente en las áreas críticas de talones y punteras. Esta situación conlleva a una pérdida considerable tanto para los fabricantes como para los consumidores, generando un impacto negativo en la sostenibilidad económica y ambiental de la industria.

Los calcetines desempeñan un papel fundamental en la indumentaria cotidiana de las personas, por lo tanto, es necesario que ofrezcan niveles superiores de comodidad en comparación con otras prendas. Esta necesidad surge debido a que los pies experimentan una circulación de aire reducida dentro del calzado en comparación con otras áreas del cuerpo que están cubiertas por prendas. En consecuencia, se espera que los calcetines proporcionen un ambiente más cómodo y transpirable para garantizar el bienestar del usuario durante todo el día.

Según Jiménez (2015) “la calidad es el principal factor de decisión para los clientes y consumidores finales que demandan productos con altos niveles de satisfacción, cobrando tanta fuerza e importancia que se considera la clave del éxito en cualquier empresa” (p.16).

Cabe señalar que la calidad de la materia prima influye de manera directa en la durabilidad de los calcetines por ello, la escasez de información acerca de este tema puede llevar a los fabricantes a perder competitividad frente a otras empresas.

El propósito de esta investigación es llevar a cabo pruebas de resistencia a la abrasión utilizando diferentes tipos de hilos, algodón, acrílico y bambú para determinar qué tipo de hilo

ofrece los mejores resultados en términos de durabilidad y resistencia a la abrasión, lo que permitirá a los fabricantes producir calcetines de mayor calidad. Esto, a su vez, beneficiará a los consumidores al proporcionarles prendas más cómodas y duraderas para su uso diario. Además, este enfoque contribuirá a la reducción de la contaminación causada por los desechos de calcetines de baja calidad.

Antecedentes

En la industria textil es importante, la investigación y el desarrollo de materiales que mejoren la durabilidad y el rendimiento de los productos. Los calcetines, siendo prendas de uso diario y sometidas a constantes fricciones y desgastes, representan un área particularmente relevante para estudiar la resistencia a la abrasión de diferentes materiales textiles (Cegarra et al., 1969).

El algodón, tradicionalmente utilizado en la fabricación de calcetines por su suavidad y transpirabilidad, ha sido objeto de numerosos estudios para comprender su comportamiento frente a la abrasión y mejorar su resistencia en áreas críticas como los talones y las punteras.

Según estudios en tejidos ligeros, el pilling aumenta con la abrasión hasta mil ciclos, luego se estabiliza. En telas de grosor medio o grueso, aumenta con la abrasión, pero hasta dos mil ciclos, y luego disminuye con más abrasión (Mohamed & Ascensión, 2007).

Más recientemente, el bambú ha surgido como una alternativa sostenible y de alto rendimiento en la industria textil. Con propiedades naturales como la suavidad, la absorción de humedad y las propiedades antibacterianas. El bambú se ha convertido en una opción atractiva para los fabricantes de calcetines que buscan combinar rendimiento y sostenibilidad. Estudios indican que el bambú en tejidos es muy resistente en factores tanto a la tracción como a la abrasión además de tener varios beneficios y cualidades (Cía et al., 2021)

Por otro lado, el acrílico, un material sintético conocido por su resistencia y durabilidad ha ganado popularidad en la fabricación de calcetines deportivos y de trabajo, donde la resistencia a la abrasión es esencial para garantizar una larga vida útil. Estudios realizados por Cortez et al., (2019) mencionan que los acrílicos son más suaves reducen el riesgo de alergias, en cuanto a sus propiedades físicas, los hilos y telas acrílicas muestran una buena resistencia a la abrasión, el pilling, así como una tenacidad y resiliencia notable.

Sin embargo, a pesar de la creciente popularidad del bambú y la continua demanda de calcetines duraderos y de alta calidad, existe una falta de investigación comparativa sobre la resistencia a la abrasión de tejidos calceteros fabricados con algodón, acrílico y bambú, especialmente en áreas específicas como los talones y las punteras.

Por lo tanto, este estudio se sitúa en un contexto de búsqueda de soluciones innovadoras para mejorar la calidad y la durabilidad de los productos textiles, así como de satisfacer las demandas cambiantes de los consumidores por materiales más sostenibles y resistentes. Al proporcionar datos científicos comparativos sobre la resistencia a la abrasión de estos materiales en aplicaciones específicas, este estudio contribuirá al avance del conocimiento en el campo de la ingeniería textil y ofrecerá información valiosa para los fabricantes y consumidores de calcetines.

Importancia del estudio

La resistencia a la abrasión es una propiedad fundamental en tejidos calceteros, especialmente en las áreas de talones y punteras, que están sujetas a un desgaste considerable debido al contacto directo con el calzado y las actividades diarias (Aparicio et al., 2012). La elección del material adecuado para estos tejidos es fundamental para garantizar la durabilidad y la comodidad de los calcetines, así como para satisfacer las necesidades y expectativas de los consumidores (Vail, 1966).

Este estudio comparativo se centra en analizar y comparar la resistencia a la abrasión de tejidos calceteros fabricados con tres materiales ampliamente utilizados en la industria textil: algodón, acrílico y bambú. Estos materiales fueron seleccionados debido a sus propiedades únicas y su popularidad en la fabricación de prendas de vestir, incluidos los calcetines (Granados et al., 2019)

El algodón es conocido por su suavidad y transpirabilidad, pero su resistencia a la abrasión puede variar según el tipo de hilado y el proceso de fabricación (Osmar, 2015). El acrílico, por otro lado, es valorado por su resistencia y durabilidad, pero puede presentar desventajas en términos de transpirabilidad y confort (Armendáriz & Escobar, 2014). El bambú, un material relativamente nuevo en la industria textil, ha ganado popularidad debido a su suavidad, propiedades antibacterianas y respeto al medio ambiente (Granados et al., 2019) pero se requiere una evaluación más detallada de su resistencia a la abrasión en comparación con otros materiales.

El objetivo principal de este estudio es proporcionar información objetiva y científica sobre la resistencia a la abrasión de los tejidos calceteros de talones y punteras fabricados con algodón, acrílico y bambú. Los resultados de este estudio servirán como una guía para los fabricantes de calcetines en la selección de materiales adecuados, así como para los consumidores al tomar decisiones informadas sobre la compra de calcetines duraderos y de alta calidad. Además, este estudio contribuirá al conocimiento científico en el campo de la ingeniería textil al proporcionar datos comparativos sobre la resistencia a la abrasión de diferentes materiales textiles en aplicaciones específicas. Esto puede tener implicaciones importantes en términos de desarrollo y mejora de la calidad de los productos textiles en general.

Este estudio comparativo es relevante y oportuno en el contexto actual de la industria textil, ya que aborda una necesidad importante tanto para los fabricantes como para los consumidores, y tiene el potencial de generar impactos significativos en términos de innovación y mejora continua en la calidad de los productos textiles.

Objetivos

Objetivo general

- Comparar la resistencia a la abrasión de tejidos calceteros de talones y punteras en algodón, acrílico y bambú.

Objetivos Específicos

- Tejer calcetines deportivos en rizo en talla 10-12 con hilos de algodón, acrílico y bambú como fondo en talones y punteras en la máquina calcetera de 3 ¾ de diámetro x 144 agujas, en tres densidades y diseños diferentes.
- Evaluar y comparar la resistencia a la abrasión de los tejidos calceteros de talones y punteras fabricados en algodón, acrílico y bambú mediante pruebas realizadas con el equipo Martindale, siguiendo los procedimientos estandarizados establecidos en la norma ISO 12947-2 (Determinación de la resistencia a la abrasión de tejidos por el método Martindale).
- Registrar los resultados de las pruebas de abrasión y compararlos estadísticamente a través del software Past 4 y Excel, para determinar cuál de las materias primas utilizadas como fondo en talones y punteras es más resistente a la abrasión y a las exigencias deportivas de los consumidores.

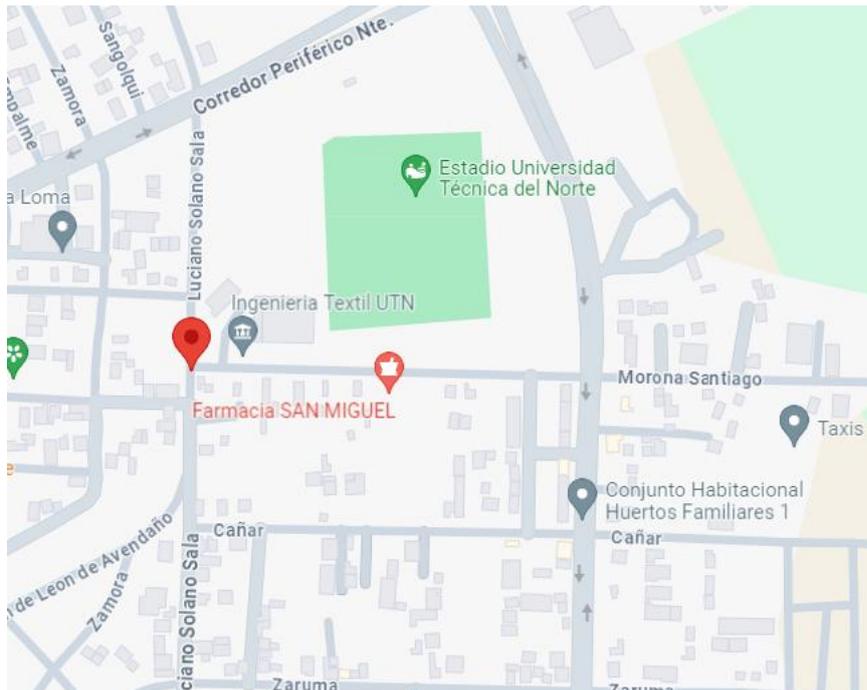
Características del sitio del proyecto

El presente estudio fue realizado en la ciudad de Ibarra (ver **Figura 1**), en el laboratorio de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte, debido a que cuenta

con los equipos necesarios en sus instalaciones. Se encuentra ubicado en el barrio de Azaya, en las calles Morona Santiago y Luciano Solano Sala con coordenadas 0.3780645445145675, -78.12342383367893, tal como se muestra en la.

Figura 1

Ubicación geográfica Laboratorio CTEX



Fuente: (Google maps, 2024)

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Estudios previos

La revisión de estudios previos resulta fundamental para establecer una base teórica y metodológica que oriente la investigación. Los estudios revisados abarcan aspectos claves relacionados con la resistencia a la abrasión de tejidos calceteros de talones y punteras en algodón acrílico y bambú, proporcionando un marco conceptual sólido y destacando los avances y limitaciones en la literatura existente.

1.1.1 Resistencia a la abrasión en tejidos calceteros

Aristizábal González (2014), menciona que la resistencia a la abrasión es influenciada por la naturaleza del material abrasivo, la acción variable del abrasivo sobre la superficie de la muestra, así como por la tensión y los cambios dimensionales que ocurren en esta.

Estudios indican que los factores que afectan la fricción del calcetín-piel son la densidad lineal de la fibra y el tipo de hilo, además en estado seco la composición de la fibra no tiene efecto sobre la fricción calcetín-piel (DeBois et al., 2022).

1.1.2 Tejido de punto

Tasić et al. (2023), indica que para fabricar calcetines se utilizan principalmente tejidos de punto acanalados, así como tejidos de punto lisos, estas estructuras son deseables porque proporcionan elasticidad y la capacidad de volver a su forma original.

1.1.3 Tejido de punto en el ámbito de la calcetería

Mora et al. (2024) menciona que el desarrollo de los calcetines deportivos ha experimentado una transformación significativa, gracias a la innovación en materiales técnicos,

el diseño funcional y la aplicación de tecnologías avanzadas favoreciendo a los usuarios de mayor comodidad, estabilidad y protección.

Liu et al. (2013), afirma que las características del hilo, las combinaciones de materiales, la estructura del tejido y la configuración de los parámetros de los elementos de la maquinaria influyen en la elasticidad, rigidez, forma y niveles de presión en los calcetines.

Las estructuras de tejido de rizo generaron de manera constante una fuerza de fricción mayor que las mallas de tejido liso, además que se determinó que el tipo de malla utilizado es el factor que más influye en la abrasión entre el calcetín y la piel (Van et al., 2015).

Ru et al. (2024) menciona que el proceso de tejido en una máquina circular para calcetines, el hilo comienza en la parte superior y se teje en forma circular a lo largo del tubo hasta alcanzar la zona de la puntera del calcetín.

El tejido de punto en la calcetería ofrece una notable elasticidad y comodidad, lo que permite a los calcetines adaptarse perfectamente a la forma del pie. Esta técnica también mejora la durabilidad y el rendimiento de los calcetines (Maity et al., 2021)

Los calcetines con distintas estructuras de tejido deben ser elásticos y ajustarse bien. Se usan estructuras de punto acanalado o liso para las partes superiores y los pies debido a su elasticidad y capacidad de recuperar su forma (Liu et al., 2013).

1.1.4 Hilos de algodón para calcetines.

El algodón, como fibra natural, es ampliamente utilizado en la industria textil de calcetines debido a su suavidad, transpirabilidad y capacidad para absorber grandes cantidades de agua. Además, su naturaleza hipoalérgica ayuda a prevenir problemas como hongos, irritaciones e infecciones (Montenegro, 2023).

Karasawa et al. (2022) sugiere la idea de crear prendas como ropa interior y calcetines que resulten cómodas al contacto con la piel, incluso cuando están húmedas, mediante el tejido del hilo de dos cabos en una proporción equilibrada con hilos de algodón.

Estudios indican que los hilos de algodón son ampliamente utilizados en la fabricación de calcetines debido a su reconocida comodidad y capacidad para permitir que la piel respire, proporcionando una experiencia de uso fresca y agradable (Bake et al., 2019).

Hao et al. (2021) menciona que la suavidad característica del algodón no solo aumenta el confort, sino que también absorbe eficazmente la humedad, ayudando a mantener los pies secos y cómodos durante todo el día

La combinación de resistencia y absorción de humedad hace que los hilos de algodón sean ideales para calcetines destinados a actividades deportivas o de uso diario, asegurando una gestión eficaz de la humedad y una sensación cómoda en todo momento (Özdül et al., 2009).

1.1.5 Hilos de acrílico para calcetines.

En el estudio realizado por Cüreklibatır & Marmaralı (2022), el uso de hilo de acrílico en calcetines demuestra un efecto positivo en la resistencia a la abrasión, en particular, una mezcla de viscosa/acrílico al 50% obtuvo los valores más altos.

Estudios indican que los calcetines deportivos con suela acolchada de lana y los calcetines de senderismo con suela acolchada de acrílico reducen el impacto de los golpes de manera significativamente mayor en comparación con caminar descalzo (Howarth & Rome, 1996).

Ortiz (2011) indica que los hilos de acrílico son suaves, debido a que en su mayoría se elaboran en forma de fibra cortada y aun cuando abultadas son ligeras de peso. No son tan fuertes ni resistentes a la abrasión como el nylon.

Estudios previos han demostrado que los hilos de acrílico son efectivos para mantener la temperatura corporal y reducir la humedad en los pies, lo que los hace adecuados para calcetines deportivos y para condiciones climáticas adversas (Umair et al., 2024).

1.1.6 Hilos de bambú para calcetines.

El bambú es biodegradable y ecológico, además de suave al tacto, de secado rápido y excelente para absorber la humedad eliminando el mal olor. Su fibra desodorante y antibacteriana lo hace ideal para deportistas y personas con piel sensible (Granados et al., 2019).

Estudios indican que la mejor capacidad de absorción de los hilos de bambú podría deberse a su naturaleza higroscópica ya que el agua se difunde en la fibra de bambú y ésta se hincha inmediatamente (Kayalvizhi et al., 2024).

Prakash (2020) menciona que los fabricantes aseguran que las telas de fibra de bambú ofrecen una excelente absorción de humedad, gran permeabilidad al aire, alta elasticidad, tacto suave y una mejor capacidad de teñido en comparación con el algodón.

La fibra de bambú tiene las cualidades ideales para ser usada en textiles, pero sus características pueden cambiar con el tiempo debido a la reducción de la concentración de celulosa a medida que envejece (Amjad, 2024).

1.2 Marco legal

Esta sección facilita la identificación de la normativa legal relacionada con el caso de estudio abordado en la investigación.

1.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Según la Constitución de la república del Ecuador (2008), en el Art. 355 indica lo siguiente:

“Se reconoce a las universidades y escuelas politécnicas el derecho a la autonomía, ejercida y comprendida de manera solidaria y responsable. Dicha autonomía garantiza el ejercicio de la libertad académica y el derecho a la búsqueda de la verdad, sin restricciones; el gobierno y gestión de sí mismas, en consonancia con los principios de alternancia, transparencia y los derechos políticos; y la producción de ciencia, tecnología, cultura y arte” (p.171).

1.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

La Universidad Técnica del Norte establece que los proyectos de investigación deben estar establecidos según los principios técnicos de las líneas de investigación aplicados de acuerdo con los intereses de las Carreras de Grado encontrándose vigentes las siguientes líneas de investigación (Universidad Técnica del Norte, 2013).

- Producción Industrial y Tecnología Sostenible
- Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible
- Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables
- Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable
- Salud y Bienestar Integral
- Gestión, Calidad de la Educación, Procesos Pedagógicos e Idiomas
- Desarrollo Artístico, diseño y publicidad
- Desarrollo Social y del Comportamiento Humano
- Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socio-económico
- Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética)

Mismos en donde la carrera de Textiles utiliza los lineamientos 1 y 9 como principios fundamentales de investigación.

1.3 Marco Conceptual

1.3.1 Resistencia a la abrasión en tejidos de punto por trama.

Se refiere a la habilidad de una fibra para resistir y disipar fuerzas de rozamiento sin sufrir daños, absorbiéndolas de manera efectiva además se presenta en zonas como dedos, talón y suela, donde se requiere durabilidad máxima (Uribe, 2023).

La resistencia a la abrasión es una característica esencial para evaluar la durabilidad y el rendimiento de las telas, especialmente en aplicaciones que demandan una alta resistencia al desgaste (Oner, 2019), este ensayo de resistencia a la abrasión es realizado mediante un equipo de laboratorio denominado Martindale, tal como se muestra en la *Figura 2*.

La resistencia a la abrasión depende de diversos factores, como el tipo de fibra, la estructura del tejido y los tratamientos de acabado aplicados en el tejido (Montenegro, 2023).

Los calcetines tienden a tener una vida útil más corta que otros textiles debido a la abrasión intensa dentro del calzado y durante su uso, que genera pelusa superficial y eventualmente puede resultar en agujeros (Özdül et al., 2009).

Si el calcetín contiene fibras naturales mezcladas con fibras sintéticas, durante la acción de fricción, las fibras se desgastan y solo quedan las fibras sintéticas provocando adelgazamiento, reduciendo el espesor de la tela y proporcionando una apariencia no deseada (DeBois et al., 2022).

Figura 2

Equipo de laboratorio Martindale



Fuente: (James Heal, 2024)

1.3.2 Tejido de punto calcetería en medianas y grandes empresas.

La industria calcetera en empresas de tamaño mediano y grande se caracteriza por utilizar tecnologías avanzadas y procesos automatizados para la producción masiva de calcetines, suelen invertir en maquinaria de última generación fabricando productos de alta calidad eficientemente (López et al., 2014).

Estas empresas calceteras suelen tener una red de distribución más amplia, lo que les permite alcanzar mercados nacionales e internacionales, la capacidad de producción a gran escala, combinada con estrategias de marketing, influye notoriamente en la industria textil global (Fuente et al., 2014).

Anas et al. (2023), menciona que, en comparación con otros textiles, los calcetines son fabricados a un costo más bajo y tienen la mayor tasa de consumo, lo que los convierte en uno de los productos textiles menos duraderos en la industria de la moda.

Farinango (2011) indica que, en Ecuador el sector textil está experimentando un aumento en la producción de tejido de punto en el área de calcetería, lo que impulsa la creación de nuevas industrias para satisfacer la demanda de materia prima (hilos).

1.3.3 Calcetines de tejidos con rizo.

El calcetín con tejido de rizo se crea mediante el uso de placas de vanizado que tienen doble garganta de recogida, permitiendo la formación de dos bucles simultáneos, uno en el exterior y otro en el interior de este (Angamarca & Vaca, 2022). Tal como se muestra en la *Figura 3*.

Los calcetines se consideran uno de los accesorios más importantes del ser humano en la vida cotidiana, la comodidad de los calcetines depende en gran medida de la permeabilidad al aire y de las propiedades de confort térmico (Anas et al., 2023).

Las propiedades y el rendimiento de los tejidos de rizo están influenciados por las características de las fibras y los hilos, y cómo estos se curvan o flexionan afecta su compresión y tacto (Singh & Verma, 2017).

Figura 3

Vista de la malla de rizo de un calcetín deportivo



1.3.4 Características de los hilos

1.3.4.1 Hilos de algodón

Los hilos de algodón en calcetines destacan por su suavidad al tacto, proporcionando comodidad durante largos períodos de uso, ofrecen excelente transpirabilidad al permitir la

circulación del aire, manteniendo los pies frescos y secos al absorber eficazmente la humedad (Kaplan & Karaman, 2019).

En términos de durabilidad, los hilos de algodón de alta calidad resisten bien el desgaste, siendo una opción versátil tanto para climas cálidos como fríos debido a su capacidad para regular la temperatura de los pies de manera efectiva (Tasić et al., 2023).

El algodón es como el oro blanco en la industria textil, utilizado en la producción de ropa para el hombre y otros textiles. Su demanda aumenta con el crecimiento poblacional, siendo ideal para prendas ligeras (Islam et al., 2024).

1.3.4.2 Hilos de acrílico

Los acrílicos, similares a la lana en apariencia, se pueden encoger al plancharse y tienen un costo comparable, ofrecen la ventaja de ser más suaves, necesitar menos cuidado y reducir el riesgo de alergias (Mu et al., 2024).

Umair et al. (2024), indica que los calcetines de fibra acrílica son ideales para el invierno por su mejor capacidad de retención del calor y una gestión moderada de la humedad, también se ha demostrado que utilizar fibras más fuertes aumenta su resistencia al desgaste.

La fibra acrílica, aunque se clasifica como lana artificial, tiene una combustión intensa que genera humo negro y gases tóxicos, limitando su uso técnico y planteando riesgos de seguridad para los usuarios finales (Pakdel et al., 2023).

El acrílico se emplea principalmente por su excelente aislamiento térmico y su geometría eficiente que maximiza la cobertura con menos fibra, lo que hace las prendas más ligeras y favorece la sensación de sequedad en medias y calcetines (Cortez et al., 2019). El hilo de acrílico tiene propiedades físicas: aislamiento térmico, permite la eliminación de

humedad, resistente a la abrasión y pilling, buena afinidad eléctrica entre otras (Benavides, 2017).

1.3.4.3 Hilos de bambú

El hilo de bambú es suave y ligero, se obtiene de fibras de bambú mediante métodos mecánicos y químicos, conocido por su excelente absorción de humedad y propiedades antibacterianas naturales en textiles (Babu & Chandrasekhara, 2023).

El bambú está compuesto principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, además de pequeñas cantidades de otras sustancias como extracto acuoso, pectina y compuestos inorgánicos (Amjad, 2024). El hilo de bambú, como refuerzo de compuestos poliméricos, no es abrasivo, es ecológico y biodegradable, y puede utilizarse como materia prima en aplicaciones de ingeniería industrial (Akwada & Akinlabi, 2019).

Se han creado métodos variados para extraer fibras de bambú en textiles y compuestos reforzados, categorizados en fibras naturales y regeneradas debido a sus características únicas siendo una fibra sostenible con el medio ambiente (Asmare et al., 2024).

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

En este apartado se muestra la parte metodológica de este proyecto de investigación, describiendo la norma a utilizarse así mismo los tipos de investigaciones aplicadas, equipos, materiales y ensayo de laboratorio necesarios para alcanzar los objetivos propuestos.

2.1 Normas

Se indica las normas establecidas para la realización de este proyecto de investigación acerca de la resistencia a la abrasión utilizando la siguiente norma:

2.1.1 Norma ISO 12947-2 Determinación de la resistencia a la abrasión de los tejidos.

Se empleó la norma ISO 12947-2 para evaluar la resistencia a la abrasión de tejidos calceteros en punteras y talones utilizando el método Martindale. Este procedimiento estándar consiste en someter la muestra a fricción con un tejido abrasivo, registrando el número de ciclos necesarios hasta que se produce la ruptura del material. Los resultados obtenidos permiten determinar la durabilidad y resistencia del tejido frente al desgaste bajo condiciones simuladas de uso.

El método de la norma se fundamenta en aplicar cargas controladas sobre las muestras de tejido para simular el desgaste por fricción. Esto proporciona datos precisos sobre la resistencia del tejido, facilitando la optimización de materiales textiles en términos de durabilidad y rendimiento. Los registros detallados de los ciclos de abrasión son fundamentales para evaluar la resistencia del tejido a lo largo del tiempo y en diversas condiciones de aplicación

2.2 Tipos de investigación a aplicar

En este apartado se menciona los tipos de investigación aplicados para la ejecución de este proyecto de titulación.

2.2.1 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica es primordial en un proyecto de investigación además consiste en la búsqueda, compilación, análisis y síntesis de información proveniente de fuentes como artículos, tesis o libros escritos o digitales (Gómez et al., 2014). Este tipo de investigación ayudará en esta investigación para estudiar y comprender los conocimientos existentes sobre un tema específico en este caso acerca de la resistencia a la abrasión de calcetines en talones y punteras de hilos de algodón, acrílico y bambú a través de la revisión de libros, artículos científicos, tesis, informes, y otros documentos pertinentes.

2.2.2 Investigación experimental

La investigación experimental implica el manejo una o más variables que aún no se encuentran comprobadas y con esto se podrá controlar de manera que se pueda observar y medir el efecto que tendrá en base a que aumenten o disminuyan las variables de estudio (Rodríguez, 2020).

Este tipo de investigación se aplicará para determinar la resistencia a la abrasión en talones y punteras tomando en cuenta variables como: diferentes densidades y materias primas para determinar un resultado óptimo.

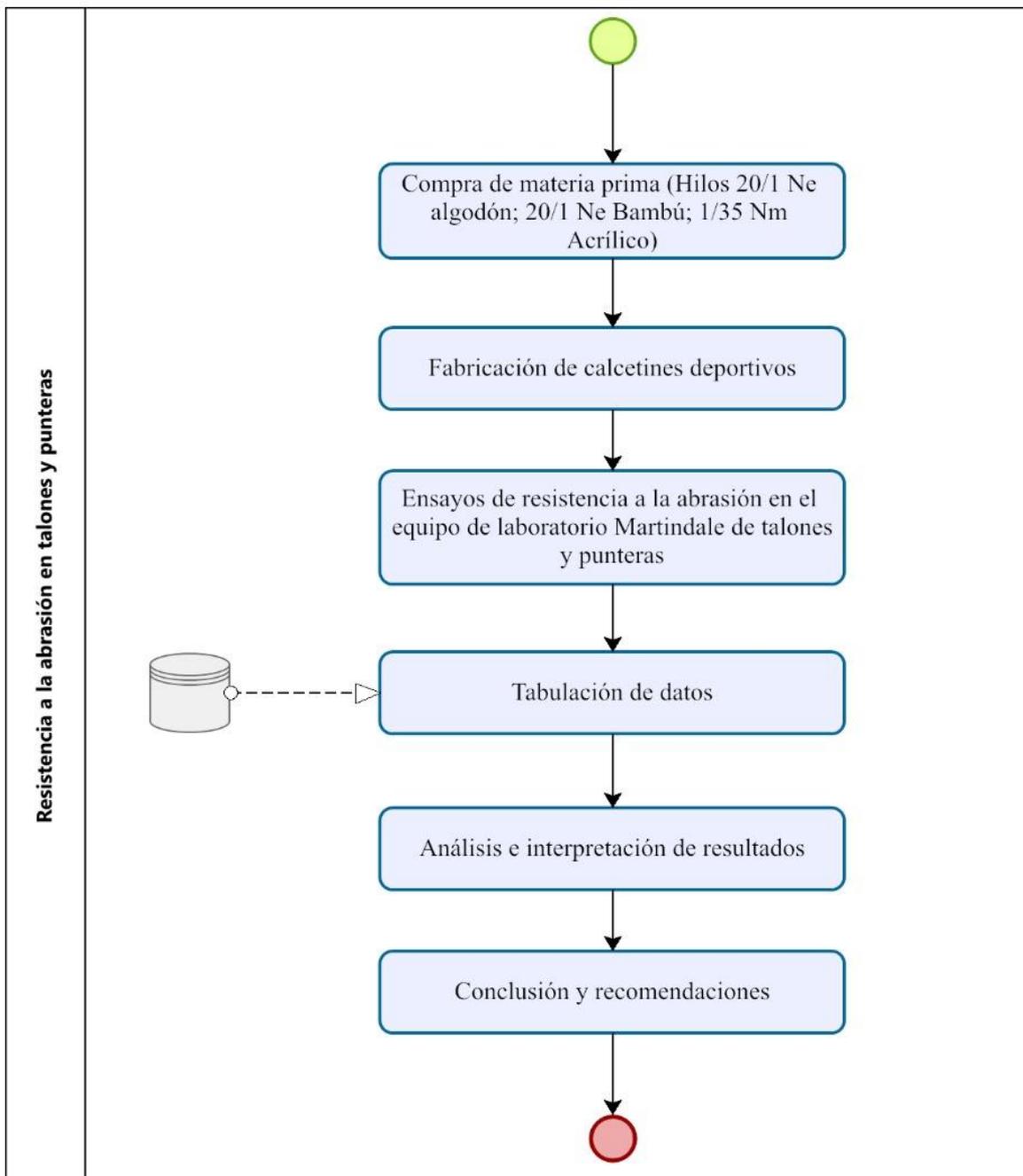
2.2.3 Investigación comparativa

La investigación comparativa es un método de investigación que consiste en el análisis y comparación de dos o más casos para identificar similitudes y diferencias que en la mayoría de las veces se utiliza para verificar la hipótesis (García & Sánchez, 2020). Por ello en esta investigación se realizó el análisis comparativo de la resistencia a la abrasión en talones y punteras de los tejidos calceteros con distintas materias primas y densidades entre el algodón, acrílico y bambú.

2.3 Diagrama de flujo

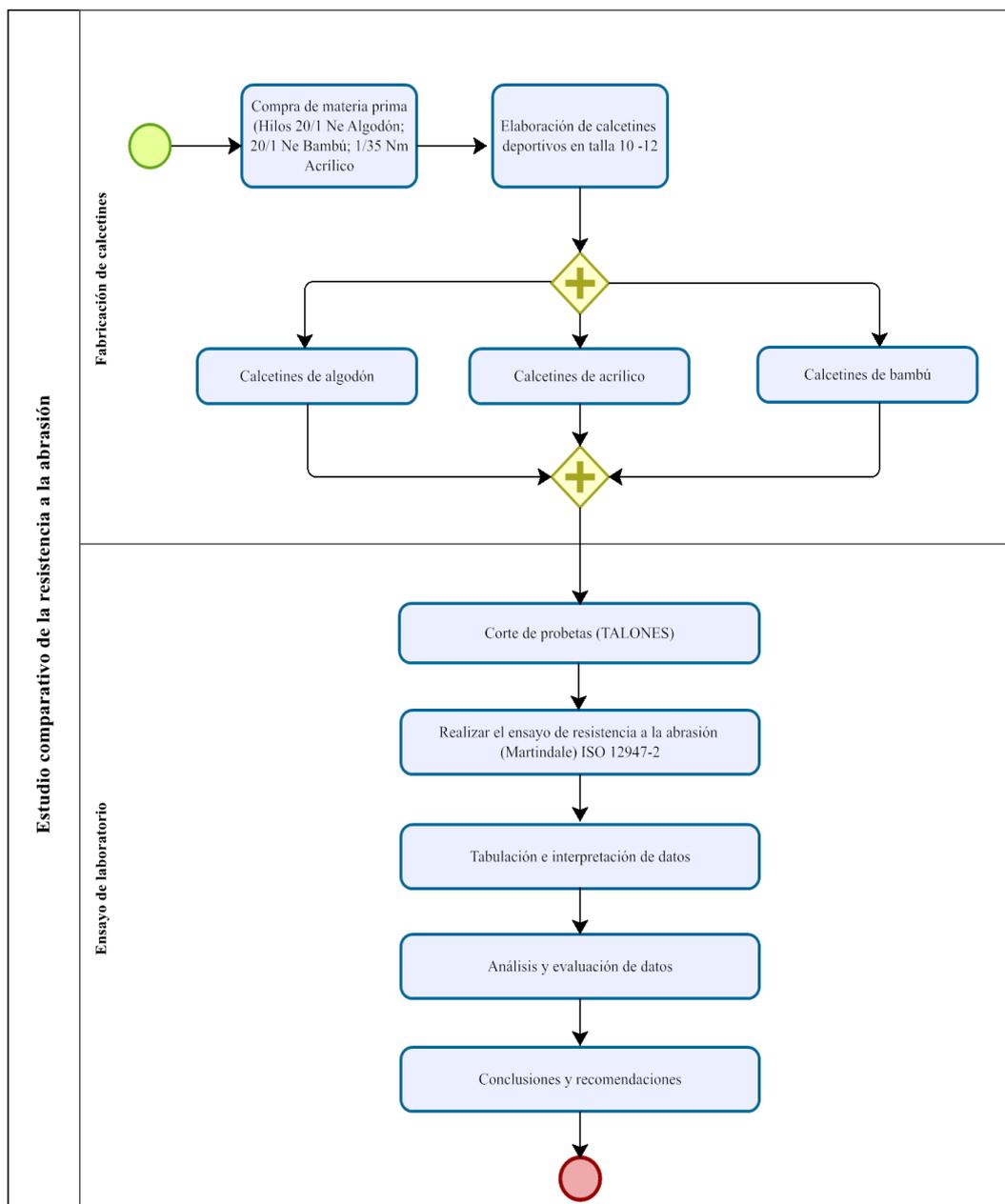
Para ejecutar la parte práctica del proyecto, se presenta un diagrama de flujo que describe el procedimiento a seguir. Este diagrama detalla los pasos generales para realizar las pruebas de resistencia a la abrasión en talones y punteras de calcetines hechos de algodón, acrílico y bambú.

2.3.1 Diagrama de flujo general



2.3.2 Diagrama de flujo muestral

En punto 2.3.1 se menciona que los ensayos van a ser realizados tanto en el área de talones como punteras, sin embargo, se ha realizado un análisis manual de las columnas y las pasadas donde se determina que tienen la misma densidad basado en un análisis teórico donde Ramírez (1996), en su proyecto de titulación, señala que los talones y punteras presentan la misma densidad y estructura. Por lo tanto, los resultados obtenidos son aplicables tanto para talones como punteras.



2.4 Caracterización de los hilos

En este apartado se presenta la identificación de los hilos de algodón (Co), acrílico (Pac) y bambú (Bb) seleccionados para la fabricación de calcetines deportivos en el marco de esta investigación.

En las siguientes tablas se detallan las características técnicas de cada hilo, incluyendo sus torsiones por metro (tpm), porcentaje de humedad TLH (**Tabla 1**) y observaciones realizadas mediante análisis pirométrico (**Tabla 2**) y microscópico (**Tabla 3**).

Tabla 1

Humedad y torsiones por metro de Co, Pac y Bb bajo la norma ISO 2061

Material	TLH (%)	Tpm
Co	8-8,5	556
Pac	1-3	435
Bb	13	493

En la (**Tabla 2**) se determina la composición del hilo mediante un ensayo pirométrico según la norma AATCC 20-2013:

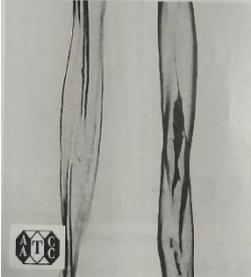
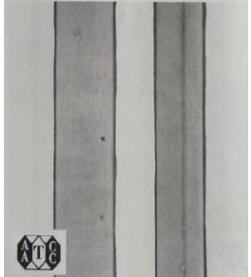
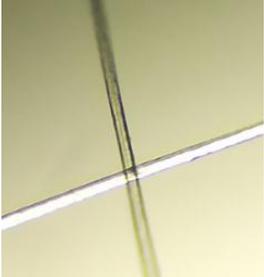
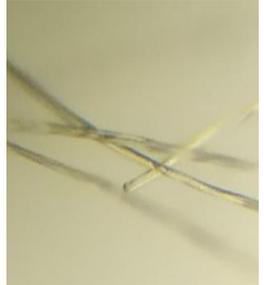
Tabla 2

Ensayo pirométrico de los hilos

Material	Algodón	Acrílico	Bambú
Ensayo pirométrico			
Resultados	Debido a su origen celulósico presenta olor a papel quemado y genera residuos de ceniza	Su olor no es agradable, se funde y mientras está caliente tiene un aspecto gomoso	Es similar al algodón debido a su origen celulósico, por ello tiene el olor a papel quemado y residuos de ceniza

Tabla 3

Vista al microscopio de las fibras en base a la norma AATCC 20-2013

Material	Ilustración AATCC	Vista al microscopio
Algodón		
Acrílico		
Bambú		

Nota: En la norma AATCC 20-2015 no se encuentra información del bambú, sin embargo, se ha realizado su caracterización con la ayuda del microscopio.

2.5 Equipos y materiales

Para obtener las muestras de calcetines de algodón, acrílico y bambú, se empleó una máquina tejedora de calcetines, y para las pruebas de resistencia a la abrasión se utilizó el equipo de laboratorio Martindale, cuyas características se describen a continuación.

2.5.1 Máquina calcetera

En la **Tabla 4** se detalla las características técnicas de la máquina calcetera proporcionada por la universidad para el desarrollo de este proyecto de investigación.

Tabla 4
Datos técnicos de la máquina calcetera

ÍTEM	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Marca comercial	WEIHUAN
Modelo	WH-B
Número de agujas	144 agujas
Diámetro	3 3/4 pulgadas
Velocidad	250-280 rpm
Peso	300kg
Función	Plano, terry, y usos dobles de liso y rizo y terry seleccionado

Fuente: (Zhejiang Weihuan Machinery Co., 2024)

Figura 4

Máquina calcetera de la CTEX



2.5.2 Muestras de calcetines deportivos

Los calcetines serán tejidos cumpliendo los objetivos de esta investigación mismos que determinan que se deben de tejer con tres hilos distintos (algodón acrílico y bambú) y en tres densidades diferentes para realizar las pruebas posteriores.

2.5.2.1 Partes del calcetín deportivo

En la **Figura 5** se detalla las partes y las 3 composiciones que tienen las muestras del calcetín para esta investigación, siendo estas fabricadas con algodón, acrílico y bambú 100%.

Figura 5

Calcetín deportivo



Nota: Es necesario mencionar que en el hilo de fondo se indica los títulos de las tres materias primas a usarse por separado para la fabricación de muestras de este calcetín deportivo.

2.5.3 Martindale

El Martindale (**Figura 6**) es un dispositivo de prueba utilizado para medir la resistencia a la abrasión, es decir, la capacidad de un tejido para resistir el desgaste causado por la fricción constante con otros materiales (James Heal, 2024).

La prueba de abrasión evalúa la resistencia de la tela en comparación a otros materiales mediante fricción, y los resultados se analizan visualmente después de un número predeterminado de ciclos de frotamiento, finalizando la prueba al romperse los tejidos. formando de un agujero, el equipo a utilizar en esta investigación se encuentra en los laboratorios de la Carrera de Textiles.

Figura 6

Midi Martindale – James Heal



2.6 Desarrollo del proceso

A continuación, se indica el procedimiento para la elaboración de calcetines talla 10-12 en tejido rizo en la máquina calcetera WeiHuan:

- Seleccionar las materias primas a utilizarse dependiendo las muestras.
- Atravesar los hilos por las filetas correspondientes estos, a su vez, llegan a la zona de los guías hilos y por último pasan a la zona de tisaje.
- La primera parte del calcetín tejida es el puño elástico, luego teje la pierna elástica, posterior a ello, la pierna medio rizo para luego proceder a tejer el talón con movimiento

de ida y vuelta, lo que resulta en un talón verdadero que tiene la forma de un triángulo mismo que será tejido con tres densidades, el proceso de tejido sigue con el pie medio rizo, en seguida, se realiza la puntera que es lo mismo que el talón, en otras palabras, es un talón en la punta el cual se forma con movimiento de vaivén haciendo la puntera primera y puntera segunda para formar un triángulo y finalmente hace un poco de desperdicio y la máquina expulsa al calcetín.

2.6.1 Elaboración de calcetines deportivos con hilo de algodón

En la **Figura 7** se presenta el talón y la puntera del calcetín, tejido con hilo de algodón y utilizando las tres densidades definidas previamente. Además, en la **Tabla 5** se detallan las características técnicas correspondientes del calcetín con cada densidad aplicada.

Tabla 5

Especificaciones del calcetín de algodón

Características del calcetín			
Material	Hilo de fondo	Algodón Peinado 100% 20/1 Ne	
	Hilo de vanizado	Lycra 75 dtex	
Densidad de talones	Pasadas: 43	Pasadas: 48	Pasadas: 51
	Columnas: 24	Columnas: 25	Columnas: 25
Densidad de punteras	Pasadas: 43	Pasadas: 48	Pasadas: 51
	Columnas: 24	Columnas: 25	Columnas: 25
Tipo de tejido	De punto calcetero		
Talla	10-12		
Estructura	Medio rizo		
Ligamento	Jersey		

Figura 7

Talones y punteras en las 3 densidades (D) 100% Co



2.6.2 Fabricación de medias deportivas con hilos de acrílico

En la **Figura 8** se presenta el talón y la puntera del calcetín, tejido con hilo de acrílico y utilizando las tres densidades definidas previamente. Además, en la **Tabla 6** se detallan las características técnicas correspondientes del calcetín con cada densidad aplicada.

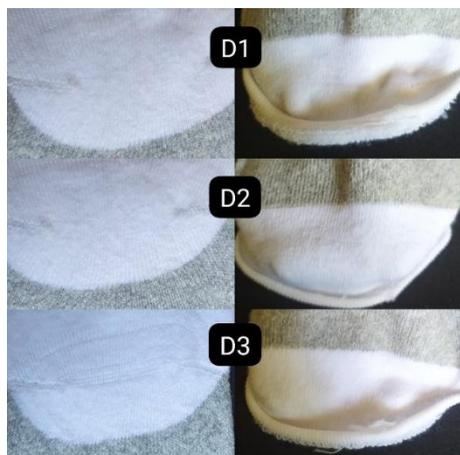
Tabla 6

Especificaciones del calcetín de acrílico

Características del calcetín			
Material	Hilo de fondo	Acrílico 100% 1/35 Nm	
	Hilo de vanizado	Lycra 75 dtex	
Densidad de talones	Pasadas: 34	Pasadas: 37	Pasadas: 40
	Columnas: 20	Columnas: 21	Columnas: 21
Densidad de punteras	Pasadas: 34	Pasadas: 37	Pasadas: 40
	Columnas: 20	Columnas: 21	Columnas: 21
Tipo de tejido	De punto calcetero		
Talla	10-12		
Estructura	Medio rizo		
Ligamento	Jersey		

Figura 8

Talones y punteras en las 3 densidades (D) 100% Pac



2.6.3 Confección de calcetines deportivos con hilos de bambú

En la **Figura 9** se presenta el talón y la puntera del calcetín, tejido con hilo de bambú y utilizando las tres densidades definidas previamente. Además, en la **Tabla 7** **Tabla 5** se detallan las características técnicas correspondientes del calcetín con cada densidad aplicada.

Tabla 7

Especificaciones del calcetín de bambú

Características del calcetín			
Material	Hilo de fondo	Bambú 100% 21/1 Ne	
	Hilo de vanizado	Lycra 75 dtex	
Densidad de talones	Pasadas: 47	Pasadas: 48	Pasadas: 50
	Columnas: 22	Columnas: 25	Columnas: 23
Densidad de punteras	Pasadas: 47	Pasadas: 48	Pasadas: 50
	Columnas: 22	Columnas: 25	Columnas: 23
Tipo de tejido	De punto calcetero		
Talla	10-12		
Estructura	Medio rizo		
Ligamento	Jersey		

Figura 9

Talones y punteras en las 3 densidades (D) 100% Bb



2.7 Ensayo de la norma ISO 12947-2 (Determinación de la resistencia a la abrasión mediante el método del Martindale)

Las pruebas de laboratorio se desarrollaron de acuerdo con la norma establecida ISO 12947-2 para evaluar la resistencia a la abrasión mediante el método del Martindale, incorporando todos los parámetros y características necesarias para garantizar la precisión y la confiabilidad del proceso, las condiciones de laboratorio deben estar controladas y mantenerse dentro de los siguientes límites; temperatura de $20\text{ °C} \pm 2$ y mantener una humedad relativa constante de 65 ± 2 .

En el presente ensayo, se aplicará una carga de 12kP, dado que los talones y punteras de calcetines a evaluar están diseñados para soportar el desgaste y el estrés asociados al uso deportivo. Además, se debe evaluar la rotura con la ayuda de una lupa textil mínimo con 8X de aumento.

Fase 1: Preparación del equipo

Para realizar este ensayo se debe preparar el equipo tal como se muestra en la (Figura 10) realizando lo siguiente:

- a) Realizar una limpieza general en todas las posiciones de la máquina para eliminar residuos de hilos o fibras de procesos anteriores.
- b) Colocar el fieltro en la base sobreponiendo a este, el material abrasivo y comprimir estos haciendo uso de una pesa de masa de $2,5 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$ y un diámetro de $120\text{mm} \pm 10\text{mm}$.
- c) Posterior a ello sujetarlos con el anillo
- d) Constatar si ninguna parte del material abrasivo quedo suelto, es decir, fuera del anillo de sujeción.

Figura 10

Preparación del equipo Martindale



Nota: Se debe tener en cuenta que la tela abrasiva tiene un ciclo de vida de 50 000 ciclos, después de ello se debe sustituirlo.

Fase 2: Preparación de muestras de calcetines deportivos.

Figura 11

Preparación de las muestras para realizar el ensayo de abrasión



Nota: para la realización de este ensayo, es necesario emplear los calcetines deportivos elaborados con las especificaciones técnicas correspondientes a cada tipo de materia prima y densidad, según se detalla en las tablas (**Tabla 5**, **Tabla 6** y **Tabla 7**).

En la elaboración de las muestras (**Figura 11**) se debe llevar a cabo lo siguiente según la norma ISO 12947-2 descrita en el apartado **2.1.1**:

- a) Recortar las muestras de talones con la dimensión establecida en la norma, tres por cada materia prima y densidad.
- b) Troquelar las esponjas de poliuretano mismas que se debe sobreponer en la muestra.
- c) Para colocar correctamente la muestra en la tuerca del portaprobetas es necesario utilizar el dispositivo de montaje de la máquina.
- d) Una vez que la tuerca esté posicionada en el dispositivo, se debe colocar la muestra o probeta, asegurándose de que la superficie de desgaste quede hacia abajo, y sobre ella, la esponja de poliuretano.

- e) Se debe colocar la copa pequeña del portaprobetas sobre la esponja de poliuretano y atornillar firmemente al cuerpo del portaprobetas.
- f) Por último, es fundamental verificar que la muestra esté correctamente asegurada en la tuerca, sin que ninguna parte de su contorno quede fuera de esta.

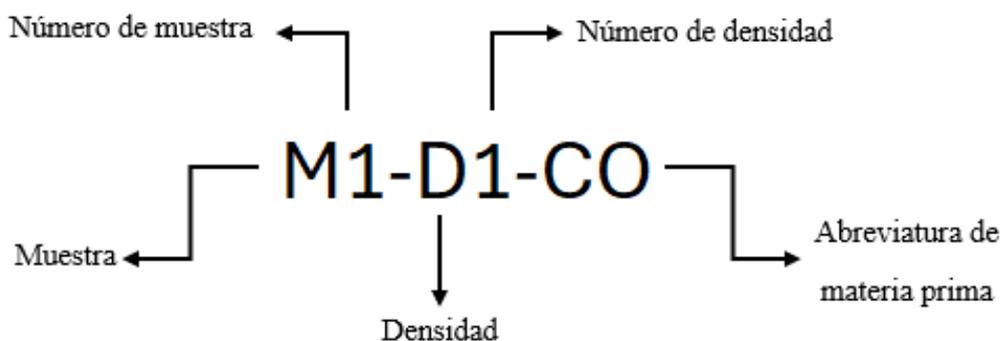
2.7.1 Ensayo de resistencia a la abrasión en talones.

En este apartado se presentan las tablas correspondientes a las pruebas de resistencia a la abrasión realizadas en talones cuyos resultados son aplicables para punteras debido a que comparten la misma estructura y densidad. En ellas se detallan los ciclos promedio de rotura obtenidos a partir de tres muestras para cada densidad evaluada, además en la (**Figura 12**) se indica como han sido codificadas las muestras ensayadas.

Es fundamental señalar que el número de ciclos e imágenes presentadas en las tablas se han obtenido del revés de la probeta y no del derecho, ya que únicamente debe romperse el rizo. Esto se debe a que es en el rizo donde varía tanto la materia prima como las densidades, dado que el vanizado está compuesto de nylon.

Figura 12

Codificación de muestras



2.7.1.1 Ensayo de resistencia a la abrasión en talones de algodón

Se indica las tablas que contienen los ensayos realizados en talones de calcetines deportivos en las tres densidades diferentes con algodón 100%:

Tabla 8

Ensayo de abrasión en talones 100% Co – Densidad 1

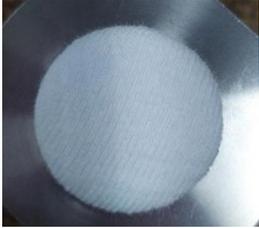
Probeta inicial	M1-D1-CO	M2-D1-CO	M3-D1-CO
			
0 ciclos	105596 ciclos	105490 ciclos	105384 ciclos

Tabla 9

Ensayo de abrasión en talones 100% Co – Densidad 2

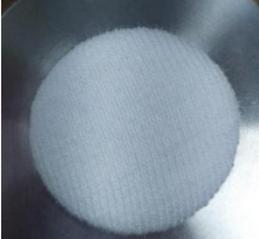
Probeta inicial	M1-D2-CO	M2-D2-CO	M3-D2-CO
			
0 ciclos	110408	110295	110182

Tabla 10

Ensayo de abrasión en talones 100% Co – Densidad 3

Probeta inicial	M1-D3-CO	M2-D3-CO	M3-D3-CO
			

0 ciclos	120913	120818	120723
----------	--------	--------	--------

2.7.1.2 Ensayo de resistencia a la abrasión en talones de acrílico.

Se presenta las tablas correspondientes a los ensayos realizados en talones de calcetines deportivos fabricados con 100% acrílico, considerando las tres densidades diferentes:

Tabla 11

Ensayo de abrasión en talones 100% Pac – Densidad 1

Probeta inicial	M1-D1-PAC	M2-D1-PAC	M3-D1-PAC
			
0 ciclos	45632	45553	45474

Tabla 12

Ensayo de abrasión en talones 100% Pac – Densidad 2

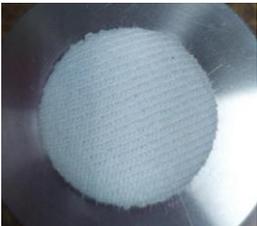
Probeta inicial	M1-D2-PAC	M2-D2-PAC	M3-D2-PAC
			
0 ciclos	47511	47426	47341

Tabla 13

Ensayo de abrasión en talones 100% Pac – Densidad 3

Probeta inicial	M1-D3-PAC	M2-D3-PAC	M3-D3-PAC
			
0 ciclos	53034	52936	52838

2.7.1.3 Ensayo de resistencia a la abrasión de talones de bambú.

Se indica las tablas correspondientes a los ensayos realizados en talones de calcetines deportivos fabricados con 100% bambú, considerando las tres densidades diferentes:

Tabla 14

Ensayo de abrasión en talones 100% Bb – Densidad 1

Probeta inicial	M1-D1-BB	M2-D1-BB	M3-D1-BB
			
0 ciclos	54319	54230	54141

Tabla 15

Ensayo de abrasión en talones 100% Bb - D2

Probeta inicial	M1-D2-BB	M2-D2-BB	M3-D2-BB
			
0 ciclos	58614	58545	58476

Tabla 16

Ensayo de abrasión en talones 100% Bb – Densidad 3

Probeta inicial	M1-D3-BB	M2-D3-BB	M3-D3-BB
			

0 ciclos	62398	62320	62242
----------	-------	-------	-------

CAPITULO III

RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir del ensayo realizado en el laboratorio de la carrera de Textiles, siguiendo los lineamientos establecidos por la norma ISO 12947-2 descritos en el apartado **2.1.1**.

Este análisis tiene como propósito determinar qué materia prima y densidad son más adecuadas en términos de resistencia a la abrasión específicamente en la zona de los talones. No obstante, como se mencionó anteriormente, los resultados obtenidos son aplicables tanto para talones como punteras debido a su misma densidad y estructura. La evaluación se realizó mediante la cantidad de ciclos registrados durante las pruebas, detalladas en el punto **2.6**. Los valores resultantes se representan gráficamente y se detallan en las tablas de datos.

3.1.1 Resultados de talones de calcetines de algodón

Se muestran los resultados de las muestras de resistencia a la abrasión realizadas por cada densidad en los talones de algodón.

Tabla 17

Resultados de abrasión en talones D1-CO

Total de muestras	Ciclos de finalización - rotura	Observaciones
1	105596	Formación de pilling a partir del ciclo 3000
2	105490	Formación de pilling a partir del ciclo 3000
3	105384	Formación de pilling a partir del ciclo 3000

Tabla 18

Resultados de abrasión en talones D2-CO

Total de muestras	Ciclos de finalización - rotura	Observaciones
1	110408	Formación de pilling a partir del ciclo 3000
2	110295	Formación de pilling a partir del ciclo 3000
3	110182	Formación de pilling a partir del ciclo 3000

Tabla 19

Resultados de abrasión en talones D3-CO

Total de muestras	Ciclos de finalización - rotura	Observaciones
1	120913	Formación de pilling a partir del ciclo 3000
2	120818	Formación de pilling a partir del ciclo 3000
3	120723	Formación de pilling a partir del ciclo 3000

3.1.2 Resultados de talones en calcetines de acrílico

Se muestran los resultados de las muestras de resistencia a la abrasión realizadas por cada densidad en los talones de acrílico.

Tabla 20

Resultados de abrasión en talones D1-PAC

Total de muestras	Ciclos de finalización - rotura	Observaciones
1	45632	Formación de pilling a partir del ciclo 2000
2	45553	Formación de pilling a partir del ciclo 2000

3	45474	Formación de pilling a partir del ciclo 2000
---	-------	--

Tabla 21

Resultados de abrasión en talones D2-PAC

Total de muestras	Ciclos de finalización – rotura	Observaciones
1	47511	Formación de pilling a partir del ciclo 2000
2	47426	Formación de pilling a partir del ciclo 2000
3	47341	Formación de pilling a partir del ciclo 2000

Tabla 22

Resultados de abrasión en talones D3-PAC

Total de muestras	Ciclos de finalización – rotura	Observaciones
1	53034	Formación de pilling a partir del ciclo 2000
2	52936	Formación de pilling a partir del ciclo 2000
3	52838	Formación de pilling a partir del ciclo 2000

3.1.3 Resultados de talones en calcetines de bambú

Se muestran los resultados de las muestras de resistencia a la abrasión realizadas por cada densidad en los talones de bambú.

Tabla 23

Resultados de abrasión en talones D1-BB

Total de muestras	Ciclos de finalización – rotura	Observaciones
1	54319	Formación de pilling a partir del ciclo 3500
2	54230	Formación de pilling a partir del ciclo 3500

3	54141	Formación de pilling a partir del ciclo 3500
---	-------	--

Tabla 24

Resultados de abrasión en talones D2-BB

Total de muestras	Ciclos de finalización – rotura	Observaciones
1	58614	Formación de pilling a partir del ciclo 3500
2	58545	Formación de pilling a partir del ciclo 3500
3	58476	Formación de pilling a partir del ciclo 3500

Tabla 25

Resultados de abrasión en talones D3-BB

Total de muestras	Ciclos de finalización – rotura	Observaciones
1	62398	Formación de pilling a partir del ciclo 3500
2	62320	Formación de pilling a partir del ciclo 3500
3	62242	Formación de pilling a partir del ciclo 3500

3.1.4 Resultado general de resistencia a la abrasión en talones.

En la (Tabla 26) se indica el promedio de ciclos de rotura del hilo de fondo obtenido en la resistencia a la abrasión en talones de Co, Pac y Bb, analizado en 3 densidades diferentes para cada materia prima en el equipo Martindale.

Tabla 26

Resultado general de la resistencia a la abrasión

Material	Densidad utilizada	Número de ciclos promedio de rotura
CO	D1-CO	105490
	D2-CO	110295
	D3-CO	120818
PAC	D1-PAC	45553
	D2-PAC	47426
	D3-PAC	52936
BB	D1-BB	54230
	D2-BB	58545
	D3-BB	62320

3.2 Discusión de resultados

En este apartado se presentan y discuten estadísticamente los resultados que han sido analizados mediante el programa Past 4, obtenidos de las pruebas de abrasión especificadas en el punto 2.7.1, donde se demostró que la muestra de algodón D3-CO tuvo un desempeño notablemente superior en cuanto a su resistencia a la abrasión en talones, logrando un total de 120818 ciclos antes de su rotura, superando en un 56,18% a la muestra de acrílico D3-PAC y en un 48,41 % a la muestra de bambú D3-BB. A su vez, la muestra de bambú D3-BB alcanzó 62320 ciclos antes de su rotura, exhibiendo una resistencia un 15,06 % mayor en comparación con la muestra de acrílico D3-PAC, que registró un total de 52936 ciclos.

3.2.1 Normalidad de los datos

El análisis de normalidad de los datos obtenidos se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la confiabilidad y representatividad de los valores generados durante el ensayo. Para este propósito, se utilizó el software PAST 4, el cual permitió analizar los datos presentados en

la (Tabla 26) de manera estadísticamente rigurosa. Este procedimiento asegura que las conclusiones derivadas del ensayo estén respaldadas por un adecuado comportamiento estadístico de los datos.

En la (Tabla 27) se presenta el análisis de normalidad de los datos obtenidos en este ensayo, utilizando los métodos de Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefors L y Jarque-Bera. Este análisis se realizó con un nivel de confianza del 95%, estableciendo como criterio que los valores de p deben ser mayores a 0.05 ($p > 0.05$).

De acuerdo con los resultados, los datos correspondientes a la prueba de resistencia a la abrasión en los talones de Co, Pac y Bb en tres densidades diferentes cumplen con los supuestos de normalidad, lo que permite proceder con los análisis estadísticos posteriores.

Tabla 27

Normalidad de datos

	D1-CO	D2-CO	D3-CO	D1-PAC	D2-PAC	D3-PAC	D1-BB	D2-BB	D3-BB
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Shapiro-Wilk W	1	1	1	1	1	1	1	1	1
p(normal)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Anderson-Darling A	0,1895	0,1895	0,1895	0,1895	0,1895	0,1895	0,1895	0,1895	0,1895
p(normal)	0,6307	0,6307	0,6307	0,6307	0,6307	0,6307	0,6307	0,6307	0,6307
p(Monte Carlo)	0,9999	1	1	1	1	1	1	0,9999	1
Lilliefors L	0,1747	0,1747	0,1747	0,1747	0,1747	0,1747	0,1747	0,1747	0,1747
p(normal)	3,574	3,574	3,574	3,574	3,574	3,574	3,574	3,574	3,574
p(Monte Carlo)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jarque-Bera JB	0,2813	0,2812	0,2813	0,2813	0,2813	0,2813	0,2813	0,2813	0,2813
p(normal)	0,8688	0,8688	0,8688	0,8688	0,8688	0,8688	0,8688	0,8688	0,8688
p(Monte Carlo)	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3.2.2 Análisis de la varianza

Se llevó a cabo un análisis de varianza en el programa estadístico Past 4 de los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a la abrasión en talones de calcetines de Co, Pac y Bb con

tres densidades, mismos resultados que se presentan en la (**Tabla 28**), donde se detallan los ciclos de rotura alcanzados por los talones.

Los valores obtenidos en la (**Tabla 28**), exponen lo siguiente:

- N: número de muestras analizadas.
- Min: ciclo mínimo registrado hasta la rotura de la muestra
- Max: ciclo máximo registrado hasta la rotura de la muestra
- Median: mediana del total de ciclos de rotura obtenidos
- Variance: varianza de los ciclos, que mide la dispersión de los datos respecto a la media
- Stand. Dev: desviación estándar de los ciclos, que indica el grado de dispersión en las muestras
- Coeff. Variación: expresa la relación que existe entre la desviación estándar y la media normalizada en términos de ciclos.

Tabla 28

Análisis de la varianza

	D1-CO	D2-CO	D3-CO	D1-PAC	D2-PAC	D3-PAC	D1-BB	D2-BB	D3-BB
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Min	105384	110182	120723	45474	47341	52838	54141	58476	62242
Max	105596	110408	120913	45632	47511	53034	54319	58614	62398
Sum	316470	330885	362454	136659	142278	158808	162690	175635	186960
Mean	105490	110295	120818	45553	47426	52936	54230	58545	62320
Variance	11236	12769	9025	6241	7225	9604	7921	4761	6084
Stand. dev	106	113	95	79	85	98	89	69	78
Median	105490	110295	120818	45553	47426	52936	54230	58545	62320
Coeff. var	0,1004835	0,1024525	0,07863067	0,1734244	0,1792266	0,1851292	0,1641158	0,1178581	0,1251605

De acuerdo con los valores obtenidos en el programa Past 4 en el ítem de coeficiente de variación, se observa que las muestras presentan una baja variabilidad en los análisis de

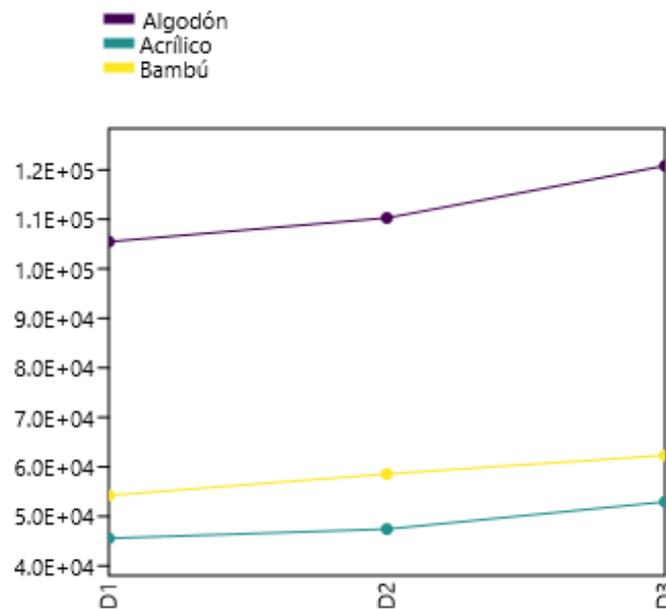
abrazión realizados sobre talones con diferentes densidades y composiciones de materias primas.

3.2.3 Visualización de resultados – Modelo Graph

En la (Figura 13) se puede evidenciar los datos de ciclos obtenidos en la resistencia a la abrasión para cada densidad por cada materia prima utilizada, es importante mencionar que en el eje de las “Y” se pueden observar los ciclos mínimos (45553) y máximos (120818) de rotura que están expresados en notación científica, en el eje de las “X” se expresan las densidades utilizadas y en la parte superior el color distintivo para cada materia prima.

Figura 13

Resultado general de datos



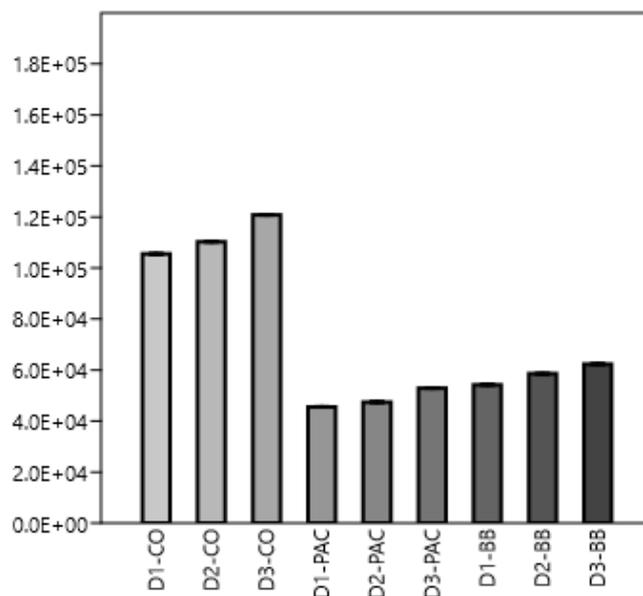
Se observó que las densidades de cada materia prima aumentan de manera progresiva, siendo la D1 la de menor densidad y la D3 la de mayor densidad, tal como se especifica en el punto 2.6. Por lo tanto, se interpreta que las tres materias primas presentan un incremento en los ciclos (resistencia) a medida que aumenta la densidad. La línea de color lila representa al algodón, donde la D3-CO mostró una duración máxima de 120818 ciclos en términos de

resistencia. Por otro lado, se puede observar que la D1-PAC, que se encuentra en la línea celeste y representa al acrílico, obtuvo la menor resistencia con un total de 45553 ciclos hasta la rotura. El hilo y densidad que se mantuvieron en la media es el bambú, representado por la línea amarilla, siendo la D3-BB (62 320) la media en términos de resistencia a la abrasión en comparación con el algodón y el acrílico.

3.2.4 Desviación - Box plot

Figura 14

Box plot



En el diagrama de cajas ilustrado en la **Figura 14**, comparamos la media de los ciclos obtenidos en cada una de las materias primas en distintas densidades, se observa una tendencia ascendente en los ciclos generales de cada materia al variar su densidad. Es importante recalcar que a la izquierda de la imagen se encuentran el número de ciclos representados en notación científica.

Las tres primeras barras representan al algodón en sus tres densidades, la D3-CO se identifica como la materia prima y densidad con la mayor resistencia a la abrasión con un total de 120818 ciclos. Por el contrario, las siguientes tres barras que representa al acrílico se

determinan como el material y densidad con la menor resistencia, la D1-PAC obtuvo tan solo 45553 ciclos hasta llegar a la rotura. Las últimas tres barras correspondientes al bambú demuestran que se encuentra en un rango intermedio entre al algodón y el acrílico, siendo la D3-BB la que más resiste del bambú, alcanzando 62320 ciclos.

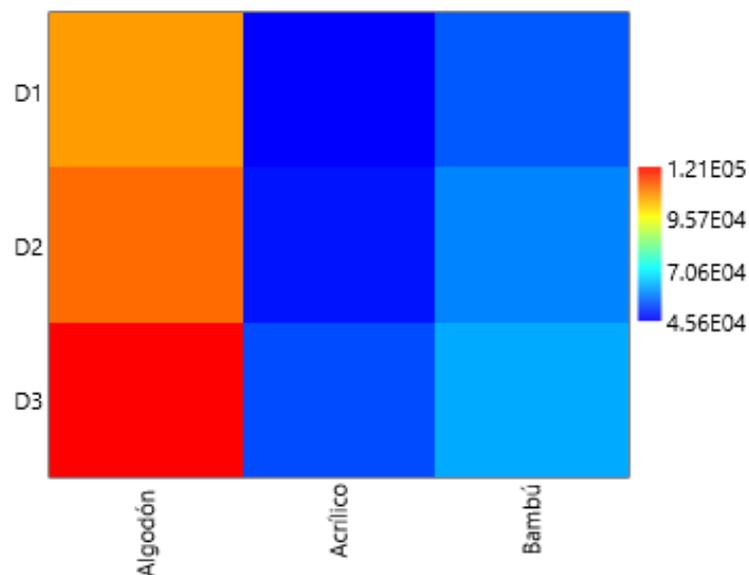
Por último, las líneas de error representan la desviación estándar, sin embargo, no se encuentran muy visibles en la imagen debido a que no existe mayor variabilidad entre las probetas ensayadas por cada densidad y materia prima.

3.2.5 Resultados generales - Matrix plot (Escala cromática)

En la **Figura 15**, se puede observar las muestras ensayadas con los ciclos máximos y mínimos hasta llegar a la rotura del hilo de fondo, en el eje de las “Y” se encuentra la densidad 1, 2 y 3 de cada materia prima especificadas en el punto 2.6 y en el eje de las “X” se encuentra las materias primas utilizadas Co, Pac y Bb, en el lado derecho de la figura se encuentra el número de ciclos generales expresados en notación científica.

Figura 15

Matrix plot



A diferencia de las dos figuras anteriores, esta figura visualiza las variaciones en el número de ciclos mediante una escala cromática. Se observa que el color rojo, correspondiente a la combinación densidad 3 y algodón (**D3-CO**), indica el número máximo de ciclos (120818) superando en un 56,18% al acrílico y en un 48,41% al bambú, identificándose como la densidad y materia prima con mayor resistencia. Por el contrario, el color azul asociado a la combinación densidad 1 y acrílico (**D1-PAC**), representa el mínimo número de ciclos (45553), evidenciando la menor resistencia a la abrasión.

Además, la densidad 3 de bambú (**D3-BB**) representada por el color celeste, se sitúa en un nivel intermedio de resistencia a la abrasión con un total de 62320 ciclos. Comparado con el acrílico de densidad 3 (**D3-PAC**), que registra 52926 ciclos, el bambú muestra un incremento del 15.06% en resistencia a la abrasión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en esta investigación de resistencia a la abrasión en talones y punteras de calcetines fabricados con algodón, acrílico y bambú, cada uno con diferentes densidades, se concluye lo siguiente:

- En base a estudios previos, se seleccionó las materias primas más utilizadas para la confección de calcetines deportivos en la industria calcetera. En consecuencia, se llevó a cabo el tejido de los calcetines de acrílico, empleando un hilo de fondo de 1/35 Nm. Paralelamente, se produjeron calcetines de bambú utilizando un hilo de fondo de bambú con título 21/1 Ne y adicionalmente para los calcetines de algodón, se empleó un hilo de fondo de 20/1 Ne, para estas tres materias primas se utilizó un hilo de vanizado de lycra de 75 denier. Cabe destacar que, para cada tipo de materia prima, se llevó a cabo tres calibraciones distintas con el propósito de obtener diferentes densidades en las áreas del talón y la puntera. Dichos calcetines fueron manufacturados en una máquina calcetera marca WEI HUAN, con un diámetro de 3 ³/₄ pulgadas y equipada con 144 agujas.
- Aunque los ensayos se realizaron únicamente en los talones, se determina que estos resultados son aplicables también a las punteras debido a que poseen misma estructura y densidad, esta decisión se fundamenta tras la realización de un análisis teórico y la comprobación manual del número de pasadas y columnas. La investigación se llevó a cabo bajo condiciones de laboratorio controladas según la norma ISO 139 y los ensayos de resistencia a la abrasión se realizaron conforme a los procedimientos establecidos en la norma ISO 12947-2 (Determinación de la resistencia a la abrasión de tejidos por el método Martindale), empleando el equipo de laboratorio Midi-Martindale para medir los ciclos de abrasión hasta la rotura del hilo de fondo (rizo).

- Mediante el análisis estadístico realizado con el programa Past 4, se evidenció que la muestra de algodón D3-CO presentó un desempeño significativamente superior en términos de resistencia a la abrasión en talones, alcanzando un total de 120818 ciclos hasta la rotura. Este resultado la posiciona como la muestra más resistente entre las evaluadas, superando en un 56,18 % a la muestra de acrílico D3-PAC y en un 48,41 % a la muestra de bambú D3-BB. Por su parte, la muestra de bambú D3-BB registró 62320 ciclos hasta la rotura, demostrando una resistencia 15,06 % mayor en comparación con la muestra de acrílico D3-PAC, la cual alcanzó 52936 ciclos.
- Estos hallazgos permiten concluir que, en términos de resistencia a la abrasión, el talón fabricado con hilo de algodón en densidad 3 (D3-CO) es el más eficiente para uso deportivo debido a su durabilidad en cuestión de abrasión. Por el contrario, el talón elaborado con hilo de acrílico en densidad 1 (D1-PAC) presenta el menor número de ciclos obtenidos, resultando menos adecuado para aplicaciones que requieren alta resistencia a la abrasión, como es el caso de los talones de calcetines deportivos.

Recomendaciones

- Es importante conocer las especificaciones técnicas de la máquina calcetera como: galga, número de agujas y diámetro para la fabricación de calcetines ya que influyen de gran manera en su estructura y densidad.
- Se recomienda a los fabricantes de calceteros que consideren el uso de algodón en talones y punteras debido a su alta resistencia en actividades deportivas. El bambú, por su suavidad y propiedades antimicrobianas, es una opción intermedia para mercados que priorizan el confort.
- Se sugiere limitar el uso de acrílico en la fabricación de calcetines deportivos donde la resistencia a la abrasión sea una prioridad, ya que en este estudio se determinó que su desempeño fue inferior.

- La continuación de esta investigación es importante ya que se sugiere experimentar la resistencia a la abrasión en otras partes del calcetín, fibras textiles y con densidades distintas; así mismo utilizar otros ensayos de laboratorio como ensayos dinamométricos que midan distintos parámetros para considerar la fabricación de nuevos productos con mejores características en cuanto a resistencia y calidad

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akwada, D. R., & Akinlabi, E. T. (2019). Mechanical properties of bamboo yarn: A biodegradable composite material for structural works. *Biodegradable Composites: Materials, Manufacturing and Engineering*, 81–110. <https://doi.org/10.1515/9783110603699-005>
- Amjad, A. I. (2024). Bamboo fibre: A sustainable solution for textile manufacturing. *Advances in Bamboo Science*, 7, 100088. <https://doi.org/10.1016/J.BAMBOO.2024.100088>
- Anas, M. S., Abbas, A., Awais, H., Sarwar, M. E., Hassan, T. U., & Abbas, H. (2023). A study on the effect of material type, structure tightness and finishing process on the physical and thermo-physiological properties of sandwich terry socks for winter wear. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 18. https://doi.org/10.1177/15589250231153398/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_15589250231153398-FIG16.JPEG
- Angamarca, M. F., & Vaca, J. C. (2022). *Reacondicionamiento, reparación y puesta en funcionamiento de una máquina circular de pequeño diámetro*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12150>
- Aparicio, I., Giménez de los Galanes, J. V., Pérez, P., Martínez, A., Macián, C., & Llana, S. (2012). Evaluación de tecnología Regenactiv® en calcetines durante la marcha nórdica. *European Journal of Human Movement*, ISSN-e 2386-4095, ISSN 0214-0071, N.º. 28, 2012, Págs. 101-110, 28(28), 101–110. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4775090&info=resumen&idioma=EN>
G
- Aristizábal, S. (2014). *Validación de un protocolo para pruebas de abrasión en un equipo Martindale*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Armendáriz, A. S., & Escobar, M. A. (2014). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de puños, binchas, cuellos y fajones tejidos de hilo poliéster y acrílico como insumos para la confección de ropa deportiva de alta calidad en la ciudad de Quito*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7266>
- Asmare, F. W., Liu, X., Qiao, G., Li, R., Babu K, M., & Wu, D. (2024). Investigation and application of different extraction techniques for the production of finer bamboo fibres. *Advances in Bamboo Science*, 7, 100070. <https://doi.org/10.1016/J.BAMBOO.2024.100070>
- Babu, K. M., & Chandrasekhara, S. M. (2023). Antimicrobial properties of bamboo, bamboo fibres, and fabrics. *Bamboo Fibres*, 169–194. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85782-6.00002-7>
- Bake, I., Afanasjeva, V., & Kukle, S. (2019). Modification of cotton yarns for smart socks production. *Key Engineering Materials*, 800, 331–335. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.800.331>

- Benavides, K. E. (2017). *Acabado antibacterial en calcetines de acrílico con triclosán*.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6615>
- Cegarra, J., López, F., & Pons, J. M. (1969). *Influencia de los procesos de acabado sobre la resistencia a la abrasión de los artículos de poliéster-algodón*.
<https://upcommons.upc.edu/handle/2099/5908>
- Cía, M., Fernández, J., Sánchez, U., & Ibáñez, M. (2021). Ecotejido biodegradable. *Ingenia Materiales*, 0(3), 62–65.
https://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/view/4651
- Constitución de la república del Ecuador. (2008). *Constitución de la república del Ecuador 2008*. www.lexis.com.ec
- Cortez, E., Becerril, I., Méndez, A., Cortés, A., & Cortés, C. (2019). *Caracterización de tejido de punto inglés e italiano mediante pruebas de resistencia al estallido*.
- Cüreklibatır, B., & Marmaralı, A. (2022). Effect of yarn type on performance of diabetic socks. *Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR)*, 47(3), 290–295.
<https://doi.org/10.56042/IJFTR.V47I3.49041>
- DeBois, I. J., Agarwal, E., Kapoor, A., & Mathur, K. (2022). Tribology of the sock-skin Interface – the influence of different fabric parameters on sock friction. *Journal of Foot and Ankle Research*, 15(1), 61. <https://doi.org/10.1186/S13047-022-00560-5>
- Farinango, W. C. (2011). *Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para la empresa interfibra S.A.* Escuela Politécnica Nacional.
- Fuente, S. A., Ortíz, C. L., & Rivas, M. A. (2014). *Modelo de gestión para fortalecer las funciones administrativas de la mediana empresa Calcytex S.A. de C.V. dedicada a la fabricación de calcetines, ubicada en el municipio de San Salvador*.
- García, J. R., & Sánchez, P. A. (2020). Diseño teórico de la investigación: instrucciones metodológicas para el desarrollo de propuestas y proyectos de investigación científica. *Información Tecnológica*, 31(6), 159–170. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000600159>
- Gómez, E., Fernando, D., Aponte, G., & Betancourt, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *DYNA*, 81(184), 158–163.
<https://doi.org/10.15446/DYNA.V81N184.37066>
- Google maps. (2024). *Ubicación de la carrera de textiles*.
- Granados, D. D., Vargas, F. F., Arevalo, A. A., Muñiz, G., & Diaz, S. L. (2019). *Calcetines de bambú*. Universidad San Ignacio de Loyola. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/9498>
- Hao, J., Sun, R., Wang, Q., Gao, S., & Chen, M. (2021). Effect of Fiber Materials on the Thermal and Moisture Comfort Properties of Socks. *Thermal Science*, 25, 2295–2302.
<https://doi.org/10.2298/TSCI200601118H>
- Howarth, S. J., & Rome, K. (1996). A short-term study of shock-attenuation in different sock types. *The Foot*, 6(1), 5–9. [https://doi.org/10.1016/S0958-2592\(96\)90052-8](https://doi.org/10.1016/S0958-2592(96)90052-8)

- Islam, M. R., Karim, F. E., & Khan, A. N. (2024). Statistical analysis of Cotton-Jute blended ratio for producing good quality blended yarn. *Heliyon*, *10*(2), e25027. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E25027>
- James Heal. (2024). *Lo esencial: Martindale - Qué hace y cómo funciona* | James Heal. <https://www.jamesheal.com/es/essentials-martindale-what-it-does-and-how-it-works>
- Jiménez Guerrero, R. C. (2015). *Implementación de mejoras en el sistema de control de calidad en la tejeduría de calcetines*.
- Kaplan, S., & Karaman, C. (2019). Thermal comfort performances of cellulosic socks evaluated by a foot manikin system and moisture management tester. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *31*(2), 272–283. <https://doi.org/10.1108/IJCST-06-2018-0080/FULL/XML>
- Karasawa, Y., Mizuhashi, H., Uemae, M., Yoshida, H., & Kamijo, M. (2022). Comfort properties of fabrics knitted from a two-ply yarn derived from abacá and cotton. *Textile Research Journal*, *92*(21–22), 4325–4341. <https://doi.org/10.1177/00405175221102638>
- Kayalvizhi, C., Krishnakumar, V., Suganth, G., & Prakash, C. (2024). Wicking behaviour of bamboo/polyester blended yarns. *Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR)*, *49*(1), 105–108. <https://doi.org/10.56042/IJFTR.V49I1.9548>
- Liu, R., Lao, T. T., & Wang, S. xiao. (2013). Technical knitting and ergonomical design of 3D seamless compression hosiery and pressure performances in vivo and in vitro. *Fibers and Polymers*, *14*(8), 1391–1399. <https://doi.org/10.1007/S12221-013-1391-X/METRICS>
- López, S. P., Solís, D. J., & Vásquez, R. C. (2014). *Gestión basada en procesos para optimizar los costos en las empresas dedicadas a la fabricación de calcetines*. Universidad de El Salvador.
- Maity, S., Rana, S., Pandit, P., & Singha, K. (2021). Advanced knitting technology. In *Advanced Knitting Technology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/c2020-0-02301-7>
- Mohamed, K., & Ascensión, R. J. (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*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/7076>
- Montenegro, S. J. (2023). *Análisis comparativo de resistencia al estallido del tejido rizo de calcetines con hilos de fondo de algodón, acrílico y bambú*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14967>
- Mora, E., Posso, J., & Ramirez, E. (2024). *The Scientific Approach to Sports Media: A Bibliometric Review*. 207–215. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70760-5_19
- Mu, B., Yu, X., Shao, Y., & Yang, Y. (2024). High-quality acrylic fibers from waste textiles. *Science of The Total Environment*, *931*, 172752. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2024.172752>

- Oner, E. (2019). Mechanical and Thermal Properties of Knitted Fabrics Produced from Various Fiber Types. *Fibers and Polymers*, 20(11), 2416–2425. <https://doi.org/10.1007/s12221-019-9119-1>
- Ortiz, E. (2011). *Análisis y obtención de la mezcla optima de un hilo acrilico HB*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/633>
- Osmar, C. O. (2015). *Implementación de Manufactura Esbelta en una Empresa de Hilados Textiles para Mejorar la Productividad y el Control de Planta*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/2260>
- Özdül, N., Marmarali, A., & Oğlakcioğlu, N. (2009). The abrasion resistance of socks. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 21(1), 56–63. <https://doi.org/10.1108/09556220910923755>
- Pakdel, E., Khan, M. J., Nguyen, N. L. T., Maghe, M., & Varley, R. J. (2023). Development of non-combustible weavable yarn through oxidative control of a textile acrylic fibre. *Polymer Degradation and Stability*, 218, 110571. <https://doi.org/10.1016/J.POLYMDEGRADSTAB.2023.110571>
- Prakash, C. (2020). Bamboo fibre. *Handbook of Natural Fibres: Second Edition*, 1, 219–229. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818398-4.00009-8>
- Ramírez, E. (1996). *Confección de tejidos para calcetería en máquinas monocilíndricas en una microempresa*. Universidad Técnica del Norte.
- Rodríguez, Y. (2020). *Metodología de la investigación* (L. Pereyra Zetina, Ed.). Klik. https://books.google.com/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n.html?hl=es&id=x9s6EAAAQBAJ
- Ru, X., Ye, X., Yan, C., Peng, L., & Shi, W. (2024). Technique for generating knitting parameters from 3-D model of socks and applications. *Fangzhi Xuebao/Journal of Textile Research*, 45(4), 105–110. <https://doi.org/10.13475/j.fzxb.20221102801>
- Singh, J. P., & Verma, S. (2017). Absorbency and serviceability of terry fabrics. *Woven Terry Fabrics*, 275–292. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100686-3.00017-7>
- Tasić, P., Trajković, D., & Geršak, J. (2023). Influence of structural and constructional parameters of knitted fabrics on the thermal properties of men's socks. *Hemijska Industrija*, 77(3), 181–190. <https://doi.org/10.2298/HEMIND220724004T>
- Umair, M., Nadeem, M., & Jamshaid, H. (2024). A Prospective Comparison of Materials and Structures for Sports Graduated Compression Socks. *Journal of Testing and Evaluation*, 52(2), 823–840. <https://doi.org/10.1520/JTE20230196>
- Universidad Técnica del Norte. (2013). *Vicerrectorado de investigación – Universidad Técnica del Norte*. <https://www.utn.edu.ec/direccion/#1678470247794-cf300289-335c>
- Uribe, S. (2023). *Escalamiento y evaluación de reproducibilidad de proceso de teñido con control de variables*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/35589>
- Vail, S. L. (1966). *El acabado de los tejidos elásticos de algodón*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/5846>

Van, rebecca R., Lowe, B. J., Niven, B. E., Laing, R. M., Wilson, C. A., & Collie, S. (2015). The effect of fiber type, yarn structure and fabric structure on the frictional characteristics of sock fabrics. *Textile Research Journal*, 85(2), 115–127. <https://doi.org/10.1177/0040517514530029>

Zhejiang Weihuan Machinery Co., L. (2024). *Fabricante, proveedor y fábrica de máquinas para unir calcetines automáticos de China - Venta al por mayor - Zhejiang Weihuan Machinery Co., Ltd.* <https://www.weihuansocksachines.com/single-cylinder-computerized-hosiery-machine/auto-socks-linking-machine.html>

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de uso de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA DE TEXTILES



Ibarra, 28 de enero del 2025

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, **MSc. José Posso**, en calidad de responsable técnico del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Textiles:

CERTIFICO

Que la señorita **Karen Estefania Vilañez Abarca**, portadora de la cédula de ciudadanía N° **105030030-8**, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE TEJIDOS CALCETEROS DE TALONES Y PUNTERAS EN ALGODÓN, ACRÍLICO Y BAMBÚ”**, los equipos utilizados en el laboratorio fueron:

- **MARTINDALE – Norma ISO 12947-2 Determinación de la resistencia a la abrasión por el método Martindale.**

Además, se le ayudó con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en la norma.

Atentamente:



MSc. JOSÉ POSSO.

**RESPONSABLE TÉCNICO DEL LABORATORIO DE PROCESOS
TEXTILES – CTEX**

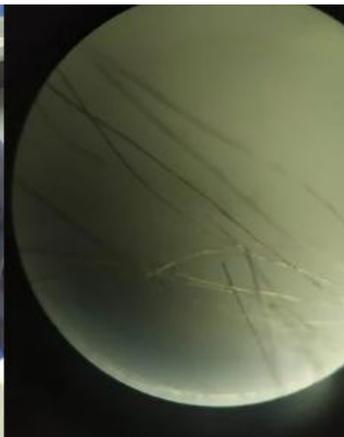
Anexo 2

Elaboración de calcetines deportivos



Anexo 3

Análisis cualitativo de los hilos de Co, Pac y Bb



Anexo 4

Preparación de probetas



Anexo 5

Ensayo de resistencia a la abrasión



Anexo 6

Probetas (Antes y después del ensayo de resistencia a la abrasión)

