



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN

CURRICULAR, MODALIDAD PRESENCIAL

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA AL ESTALLIDO DE CALCETINES
DEPORTIVOS TIPO LISO EN MATERIALES DE FONDO ALGODÓN,
ACRÍLICO Y NYLON”**

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

Línea de investigación: Producción industrial y tecnológica sostenible.

Autor (a): Rojas Copara Joudee Irene

Director: MSc. Ramírez Encalada Elvis Raúl

IBARRA-ECUADOR

2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad 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:	175238333-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Rojas Copara Joudee Irene		
DIRECCIÓN:	Av. 13 de abril y calle Zaruma		
E-MAL:	jirojasc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	02-3678495	TELÉFONO MÓVIL:	0995185557

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA AL ESTALLIDO DE CALCETINES DEPORTIVOS TIPO LISO EN MATERIALES DE FONDO ALGODÓN, ACRÍLICO Y NYLON”
AUTOR:	Rojas Copara Joudee Irene
FECHA:	2024/09/17
PROGRAMA:	☒ Grado ☐ Posgrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA TEXTIL
DIRECTOR	MSc. Ramírez Encalada Elvis Raúl

CONSTANCIAS

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

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

EL AUTOR:

Firma: 

Nombre: Joudee Irene Rojas Copara

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 17 de septiembre del 2024

MSc. Ramírez Encalada Elvis Raúl

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. Ramírez Encalada Elvis Raúl

C.C.: 100145897-3

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular “**ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA AL ESTALLIDO DE CALCETINES DEPORTIVOS TIPO LISO EN MATERIALES DE FONDO ALGODÓN, ACRÍLICO Y NYLON**”, elaborado por Rojas Copara Joudee Irene, previo a la obtención del título de **INGENIERA TEXTIL**, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): _____

MSc. Ramírez Encalada Elvis Raúl

C.C.: 100145897-3

(f): _____

MSc. Herrera Villareal Wilson Adrián

C.C.: 100252578-8

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con amor y gratitud a mis padres Manuel e Irene, mi faro en las tempestades y mi mayor fuente de inspiración. Su amor incondicional y apoyo constante han sido la fuerza motriz detrás de cada paso de este viaje académico. En cada desafío, sus palabras de aliento resonaron en mi corazón, recordándome la importancia de la perseverancia y la pasión en la consecución de mis sueños. Para Manuel e Irene, esta dedicatoria es un pequeño tributo a la grandeza de su espíritu y a la luz que derraman en mi camino.

A mis hermanos Solange, Mayra, Bryan, Anthony y Neymar, cuyo apoyo inquebrantable ha sido mi apoyo en el camino. Con sus sabios y amorosos consejos, han hecho posible cada logro. Este trabajo refleja no sólo mi esfuerzo, sino también el impacto positivo que su presencia ha tenido en mi vida.

A mis sobrinos Hillary, Matheus, Ammy, Monserrath y Aaron que son parte de mi fuente de inspiración porque me ven como un modelo a seguir. Que este modesto logro inspire sus propias aventuras académicas y personales en el futuro.

A mis especiales amigos, su amistad ha sido un tesoro invaluable. Durante las horas de estudio, risas compartidas y desafíos superados juntos, encontré un apoyo sólido que hizo que esta travesía fuera más significativa.

Esta dedicatoria es un homenaje a quienes han iluminado mi camino y han sido parte integral de este capítulo de mi vida.

Con amor, Joudee.

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento se dirige a mi tutor del trabajo de titulación, MSc. Elvis Ramírez y asesor MSc. Wilson Herrera cuyo liderazgo y sabiduría fueron esenciales para la realización de este trabajo. Sus incansables esfuerzos, comentarios y orientación experta fueron un faro durante todo el proceso. Este éxito se debe a su influencia y estoy agradecido por la oportunidad de aprender bajo su mentoría.

Agradezco sinceramente a la Carrera de Ingeniería en Textiles de la Universidad Técnica del Norte por brindar un entorno académico enriquecedor en el que se fomenta la excelencia y prospera el conocimiento, y los fundamentos adquiridos durante mi formación académica han sido cruciales para el éxito de esta investigación. La calidad de la educación que recibí aquí fue crucial para mi desarrollo académico y personal.

A mi familia, a quienes debo mi existencia y cada logro alcanzado. Su amor incondicional y aliento constante son mi mayor fortaleza. Cada sacrificio que han hecho no ha pasado desapercibido y ha sido fundamental para mi carrera académica.

Este trabajo es el resultado del aporte colectivo de muchas personas, y agradezco a cada una de ellas por formar parte de este viaje.

Joudee Rojas

RESUMEN

La industria textil ha logrado avances significativos en la mejora de la calidad y el rendimiento de los productos deportivos, y uno de los elementos clave de la ropa deportiva son los calcetines. En este contexto, este artículo se centra en el análisis de la resistencia al estallido de calcetines deportivos de colores sólidos y examina tres materiales importantes: algodón, acrílico y nylon. La elección del material a la hora de confeccionar los calcetines influye no sólo en la comodidad del usuario, sino también en su durabilidad y rendimiento durante la actividad física. A pesar de la abundancia de estudios sobre materiales textiles, existe una laguna en la comprensión específica de la resistencia al estallido de calcetines deportivos simples. El objetivo general de este estudio es evaluar y comparar la resistencia al estallido de calcetines deportivos de algodón, acrílico y nylon. Para lograr este objetivo, se analizará a detalle las propiedades mecánicas de cada material y su influencia en la resistencia al estallido de los calcetines. La investigación en esta área es crucial para mejorar la calidad y durabilidad de calcetines deportivos y garantizar una experiencia óptima para los usuarios. Identificar las propiedades que contribuyen a la resistencia al estallido de diferentes materiales permite a los fabricantes y diseñadores tomar decisiones informadas al desarrollar productos duraderos y funcionales.

Palabras clave: tejido de punto, resistencia al estallido, calcetín, algodón, acrílico, poliamida.

ABSTRACT

The textile industry has achieved significant advancements in enhancing the quality and performance of sports products, and one key element of sportswear is socks. In this context, this article focuses on the analysis of burst resistance in solid-colored sports socks, examining three crucial materials: cotton, acrylic, and nylon. The choice of material in crafting socks influences not only user comfort but also durability and performance during physical activity. Despite the abundance of studies on textile materials, there is a gap in the specific understanding of burst resistance in simple sports socks. The overall objective of this study is to assess and compare the burst resistance of cotton, acrylic, and nylon sports socks. To achieve this goal, the mechanical properties of each material and their impact on sock burst resistance will be thoroughly analyzed. Research in this area is critical for improving the quality and durability of sports socks, ensuring an optimal experience for users. Identifying properties that contribute to burst resistance in different materials enables manufacturers and designers to make informed decisions in developing more durable and functional products.

Keywords: knitted fabric, bursting strength, sock, cotton, acrylic, polyamide.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
Descripción del tema.....	1
Antecedentes.....	2
Importancia del estudio.....	3
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos	5
Características del sitio de proyecto.....	6
CAPÍTULO I	7
1. ESTADO DEL ARTE.....	7
1.1. Estudios previos.....	7
1.1.1. Resistencia al estallido	7
1.1.2. Tejido de punto.....	8
1.1.3. Tejido de punto calcetería.....	10
1.1.4. Hilos de Algodón para calcetines	12
1.1.5. Hilos de Acrílico para calcetería	12
1.1.6. Hilos de Nylon para calcetas.....	13

1.2.	Marco legal	14
1.2.1.	Constitución de la República del Ecuador	15
1.2.2.	Líneas de Investigación de la Universidad Técnica del Norte	16
1.3.	Marco conceptual.....	16
1.3.1.	Resistencia al estallido en géneros de calcetería.....	16
1.3.2.	Fuerza Máxima.....	18
1.3.3.	Extensión.....	18
1.3.4.	Tiempo de Rotura.....	19
1.3.5.	Tejido de punto en Ecuador.....	19
1.3.6.	Calcetines malla lisa.....	22
1.3.7.	Características de hilos de algodón, acrílico y nylon usados en la calcetería	
	26	
	CAPÍTULO II	30
2.	METODOLOGÍA	30
2.1.	Tipo de investigación a aplicar	30
2.1.1.	Investigación bibliográfica.....	30
2.1.2.	Investigación analítica.....	30
2.1.3.	Investigación experimental.....	31
2.1.4.	Investigación comparativa.....	31
2.2.	Norma de referencia.....	32

2.2.1.	Norma para prueba estándar para la resistencia al estallido en tejidos de punto ASTM D-3787-01	32
2.3.	Flujogramas.....	33
2.3.1.	Flujograma general.....	33
2.3.2.	Flujograma muestral.....	34
2.4.	Equipos y materiales.....	35
2.4.1.1.	Máquina Calcetera.....	35
2.4.1.2.	Dinamómetro.....	36
2.4.2.1.	Muestras de calcetines.....	37
2.5.	Procedimientos.....	37
2.6.	Pruebas de laboratorio.....	39
2.6.1.	Prueba de resistencia al estallido en calcetines de algodón en malla lisa	39
2.6.2.	Prueba de resistencia al estallido en calcetines de acrílico en malla lisa	40
2.6.3.	Prueba de resistencia al estallido en calcetines de nylon en malla lisa	40
CAPÍTULO III.....		41
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
3.1.	Resultados.....	41
3.1.1.	Resultados de la resistencia al estallido en calcetines de algodón en malla lisa	

3.1.2.	Resultados de la resistencia al estallido en calcetines de acrílico en malla lisa	42
3.1.3.	Resultados de la resistencia al estallido en calcetines de nylon en malla lisa	43
3.1.4.	Tabla general de resultados de la resistencia al estallido	45
3.2.	Discusión de resultados.....	47
3.2.1.	Normalidad de datos obtenidos en laboratorio.....	47
3.2.2.	Análisis de la varianza.....	49
3.2.3.	Análisis e interpretación de resultados	51
CAPÍTULO IV.....		55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		55
CONCLUSIONES		55
RECOMENDACIONES		57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		59
ANEXOS		66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Líneas de investigación UTN</i>	16
Tabla 2 <i>Títulos de hilo de algodón más utilizados</i>	27
Tabla 3 <i>Títulos de hilo de acrílico</i>	28
Tabla 4 <i>Características de la máquina calcetera</i>	35
Tabla 5 <i>Disposición de hilos en máquina WeiHuan</i>	37
Tabla 6 <i>Resultados de resistencia al estallido en algodón</i>	41
Tabla 7 <i>Resultados de resistencia al estallido en acrílico</i>	43
Tabla 8 <i>Resultados de resistencia al estallido en nylon</i>	44
Tabla 9 <i>Tabla general de fuerza máxima</i>	45
Tabla 10 <i>Tabla general de extensión</i>	46
Tabla 11 <i>Tabla general del tiempo de rotura</i>	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de la Planta Académica Textil</i>	6
Figura 2 <i>Construcción de calcetín malla lisa</i>	11
Figura 3 <i>Fuerza Máxima</i>	18
Figura 4 <i>Extensión en la prueba de resistencia al estallido</i>	19
Figura 5 <i>Estructura del tejido de punto</i>	20
Figura 6 <i>Estructura de la malla lisa</i>	22
Figura 7 <i>Malla vista del derecho</i>	23
Figura 8 <i>Malla vista del revés</i>	24
Figura 9 <i>Máquina calcetera WeiHuan</i>	26
Figura 10 <i>Flujograma general de procesos</i>	33
Figura 11 <i>Flujograma muestral</i>	34
Figura 12 <i>Dinamómetro Titán 5</i>	36
Figura 13 <i>Acondicionamiento de muestras</i>	38
Figura 14 <i>Dinamómetro con placas circulares</i>	39
Figura 15 <i>Pruebas en el laboratorio</i>	40
Figura 16 <i>Normalidad de Fuerza Máxima</i>	48
Figura 17 <i>Normalidad de la Extensión</i>	49
Figura 18 <i>Varianza de la Fuerza Máxima</i>	50
Figura 19 <i>Varianza de la Extensión</i>	51
Figura 20 <i>Fuerza máxima, Box Plot</i>	52
Figura 21 <i>Extensión, Matrix Plot</i>	53
Figura 22 <i>Fuerza máxima y Extensión</i>	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Certificado de Laboratorio</i>	66
Anexo 2 <i>Hoja de producción utilizada en calcetería</i>	67
Anexo 3 <i>Fabricación de calcetines deportivos</i>	68
Anexo 4 <i>Pruebas en el equipo Dinamómetro Titán 5.....</i>	69

INTRODUCCIÓN

Descripción del tema

Este tema de investigación pretende analizar la resistencia al estallido de calcetines deportivos tipo liso en materiales de fondo algodón, acrílico y nylon. Se llevará a cabo una revisión de la literatura existente sobre el tema, seguida de un estudio experimental que evaluará la resistencia al estallido de los calcetines deportivos en cada uno de los materiales mencionados, utilizando el equipo de laboratorio dinamómetro Titán 5 de la marca James Heal, perteneciente al laboratorio de la Carrera de Textiles; aplicando la norma ASTM D 3787, “este método de prueba describe la medición de la resistencia al estallido con un probador de fuerza de explosión de bolas de textiles o prendas que exhiben un alto grado de alargamiento final” (ASTM, 2020, p. 1). Se analizarán factores como el tipo de fibras, la estructura del hilo y la construcción del tejido para determinar las propiedades mecánicas más relevantes y comparar la resistencia de los diferentes materiales utilizados. La sección de producción de calcetines se esfuerza continuamente por mejorar su eficiencia mediante la implementación de herramientas y técnicas de ingeniería para lograr mejores resultados. No obstante, el proceso productivo se ve afectado por diversas variables, como la calidad de las materias primas utilizadas, que impactan significativamente en el mismo (Ortiz, 2019).

Además, se buscará conocer los parámetros de resistencia de las materias primas utilizadas en la fabricación de calcetines deportivos, para ayudar a los pequeños y medianos fabricantes a competir en el mercado nacional e internacional. Los resultados de este estudio permitirán mejorar la calidad de los productos y contribuir al desarrollo económico del país. La calidad del producto es una de las principales preocupaciones de los fabricantes de calcetines deportivos, ya que influye directamente en la satisfacción del cliente y la competitividad en el mercado. La evaluación de la

resistencia al estallido y de las propiedades mecánicas de los calcetines deportivos puede ayudar a los productores a seleccionar las materias primas óptimas y procesos de producción para mejorar la calidad de sus productos en malla lisa y competir en el mercado nacional e internacional (Almogbel et al., 2019).

Antecedentes

El desarrollo y comercialización de calcetines deportivos con materiales de algodón, acrílico y nylon deben garantizar la comodidad, calidad y resistencia a las personas que los usen. Según Smith & Pitts (1883) en su publicación hace referencia a que, ciertos calcetines presentan una proporción significativa de algodón (60%) junto con cantidades menores de materiales sintéticos, como nylon o “spandex”, que se utilizan principalmente para fortalecer o proporcionar soporte.

Se debe prestar especial atención a la selección de materiales de alta calidad y durabilidad, para asegurar que los calcetines soporten las demandas de la actividad deportiva aún en las condiciones más extremas y mantengan su forma y comodidad a lo largo del tiempo. De esta manera, se puede ofrecer un producto de alta calidad y durabilidad para satisfacer las expectativas de los clientes.

Los calcetines deportivos son un elemento clave en la ropa deportiva y han sido objeto de muchos desarrollos e innovaciones por parte de las industrias de calzado deportivo. Los materiales textiles, incluyendo algodón, acrílico y nylon, se utilizan para fabricar calcetines que proporcionan comodidad y soporte a los atletas en todo tipo de deportes, actividades físicas o diarias (Shishoo, 2015).

Es crucial que los calcetines mantengan su calidad a lo largo de su vida útil, para lo cual se requiere una alta resistencia al desgaste, al estiramiento, a la tensión de los dedos de las manos sobre el calcetín mientras se coloca en los pies, al rozamiento con el zapato y sus costuras, al peso del usuario y a las condiciones ambientales, que son aspectos que determinan la durabilidad; todas las resistencias mencionadas se determinan a través de las pruebas de resistencia al estallido. El estudio se enfocará en evaluar el comportamiento de los calcetines deportivos ante diferentes niveles de presión y determinar la resistencia al estallido de cada uno de los materiales.

Según Granados et al (2019), exportar calcetines deportivos hechos de algodón y otros materiales a otros mercados podría ser una oportunidad valiosa para promocionar los productos en el extranjero en el futuro.

El análisis de los resultados permitirá determinar cuál de los materiales utilizados en la fabricación de calcetines deportivos ofrece la mayor resistencia al estallido y, por lo tanto, es el adecuado para su uso en actividades deportivas. Además, se podrán identificar las características y propiedades de cada material que influye en su resistencia al estallido. Los resultados obtenidos de esta investigación tendrán una gran importancia para los pequeños y medianos empresarios calceteros, para la industria textil y deportiva de la provincia y del país, ya que permitirán mejorar la calidad de los productos y garantizar el confort y la seguridad de los deportistas durante la práctica de sus actividades físicas.

Importancia del estudio

Los calcetines deportivos son prendas esenciales para la práctica de actividades físicas, ya que proporcionan protección, comodidad y soporte al pie. La resistencia al estallido es una de las propiedades mecánicas importantes de los calcetines deportivos, ya que se relaciona con la

capacidad de la prenda para soportar la presión y la tensión que se produce durante la actividad física.

Haciendo énfasis en la importancia de la materia prima al momento de desarrollar un calcetín, Tantawy et al. (2020) menciona que “la calidad de la materia prima y el tipo y la construcción del tejido son los principales parámetros que afectan a la comodidad y el rendimiento” (p. 1). Además, el material utilizado en la fabricación de calcetines es fundamental para la calidad y el rendimiento del producto. Actualmente, se emplean máquinas de tejer circulares de alta tecnología que tienen una formación cilíndrica de agujas de tejer. Los conos de hilos se ubican en la parte superior de la máquina y se alimentan según el programa preestablecido a través del sistema de alimentación. El tipo y rendimiento del tejido es el primer paso para obtener un producto de calidad, considerando que los calcetines deportivos se inspeccionan mientras se elaboran en la máquina. Antes de comenzar el proceso de tejido, se asegura que la materia prima seleccionada cumpla con los estándares de calidad y que el hilo que se alimenta en la parte superior de la máquina sea según el patrón de tejido predefinido.

La resistencia al estallido es esencial porque los calcetines pueden estirarse y romperse debido a la fricción que se produce cuando se usan en combinación con los zapatos o al caminar. Esta fricción se concentra en áreas específicas como los dedos de los pies, la suela y el talón, lo que provoca desgaste y adelgazamiento del tejido del calcetín. La resistencia al estallido está determinada por varios factores, como el tipo de fibras y mezclas, la estructura del hilo, la construcción del tejido y el acabado (Tomljenović et al., 2023).

A pesar de la relevancia crucial de la resistencia al estallido en los calcetines deportivos, la información científica disponible sobre este tema es escasa y dispersa. Es necesario llevar a cabo un análisis exhaustivo de la resistencia al estallido en calcetines deportivos lisos con hilos de fondo

de algodón, acrílico y nylon. Este análisis tiene como objetivo determinar las propiedades mecánicas pertinentes y comparar la eficacia de los diversos materiales empleados.

El sector de la calcetería crece mucho en el ámbito nacional e internacional; pero, los pequeños y medianos fabricantes de calcetines enfrentan limitaciones en su capacidad para competir en este mercado, por la falta de conocimiento sobre los parámetros de resistencia de las materias primas utilizadas en la fabricación de calcetines deportivos. En particular, es necesario comprender qué materiales son mayormente duraderos y resistentes al uso prolongado en situaciones de esfuerzo y trabajo extremo; son criterios críticos para la selección de materias primas capaces de soportar el trabajo exigente y demandante de los usuarios de calcetines deportivos.

La falta de conocimiento y evaluación de los parámetros de durabilidad de las materias primas utilizadas en la fabricación de calcetines limita la capacidad de los pequeños y medianos fabricantes para competir en los mercados nacionales e internacionales. Para superar este problema se realizará un estudio que incluya una evaluación de la resistencia a explosiones de diversas materias primas utilizadas en la fabricación de calcetines deportivos.

Objetivo general

Analizar la resistencia al estallido de calcetines deportivos tipo liso en materiales de fondo algodón, acrílico y nylon.

Objetivos específicos

- Desarrollar muestras de calcetines deportivos en malla lisa de tallas 10-12, utilizando las materias primas de algodón, acrílico y nylon como fondo en la máquina calcetera de 3 $\frac{3}{4}$ de diámetro x 144 agujas.

- Obtener datos comparativos a través de las pruebas de resistencia al estallido de los calcetines, siguiendo la norma ASTM D 3787 en el equipo dinamómetro.
- Comparar estadísticamente los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, a través del software Past 4, para la determinación de cual materia prima es más resistente a las exigencias deportivas de los usuarios.

Características del sitio de proyecto

El trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones y laboratorios de la Carrera Textiles de la Universidad Técnica del Norte, ubicada entre las calles Morona Santiago y Luciano Solano Sala, en el sector Azaya de la ciudad de Ibarra, con coordenadas $0^{\circ}22' 40.9''N$ $78^{\circ}07'24.2''W$ como se indican en la **Figura 1**.

Figura 1

Ubicación de la Planta Académica Textil



Fuente: (Google Maps, 2023)

Los laboratorios que forman parte de la Carrera Textiles CTEX se enfocan en actividades de docencia, investigación y prestación de servicios a la comunidad. Los laboratorios cuentan con los mejores equipos del mercado, que cumplen con todos los estándares de seguridad y son en gran medida funcionales. (Universidad Técnica del Norte, 2020)

CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL ARTE

1.1. Estudios previos

En esta sección, se presenta una recopilación de datos y estudios previos referenciados de manera bibliográfica, que son relevantes para la investigación propuesta. Estos estudios previos proporcionan una base sólida de conocimientos y conceptos importantes relacionados con el tema de investigación. Para revisar la literatura existente, se busca comprender y analizar las investigaciones anteriores del área de estudio, identificando los avances, las lagunas en el conocimiento y las áreas que requieren mayor investigación. Además, se presentan los conceptos clave y las teorías fundamentales que sustentan la investigación actual. La revisión de los estudios previos permite contextualizar y fundamentar la investigación propuesta, proporcionando una base sólida para el desarrollo de los objetivos y la metodología de la investigación.

1.1.1. Resistencia al estallido

La prueba de resistencia al estallido es un método para medir la resistencia y elasticidad donde el material acepta tensiones en todas las direcciones simultáneamente y, por lo tanto, es más adecuado para dichos materiales, como menciona (Islam et al., 2022).

La prueba de resistencia al estallido es muy utilizada en la industria textil ya que permite medir la resistencia de los tejidos y materiales a rupturas repentinas durante el uso o manipulación de estos. Este ensayo se evalúa mediante ciertas pruebas en la que se aplica una carga rápida y creciente sobre una muestra del tejido hasta que se produce la ruptura. El resultado se expresa en términos de presión o fuerza necesaria para romper el tejido. Entre algunos de los factores que destacan e influyen en la resistencia al estallido, se consideran el peso del tejido, la resistencia a la rotura del hilo y la elongación a la rotura del hilo como variables de entrada (Ertugrul & Ucar,

2000); además en otra investigación de Mavruz & Ogulata (2010) afirman que el tipo de hilo y la longitud del bucle, que afectan a la resistencia al estallido, se seleccionan como factores de control (p. 2).

Según menciona Özbayrak & Kavuşturan (2009) en su artículo:

“El efecto de la estructura del tejido sobre la resistencia al estallido de los calcetines es completamente insignificante al momento de llevarlos a cabo en los ensayos” (p. 5).

Para determinar la resistencia al estallido, se realizan pruebas específicas utilizando equipos de laboratorio especializados. Estos ensayos proporcionan datos cuantitativos que ayudan a los fabricantes, diseñadores y consumidores a evaluar la calidad y durabilidad de los materiales. Además, el conocimiento de la resistencia al estallido permite seleccionar los materiales adecuados para aplicaciones determinadas, garantizando un rendimiento óptico y una mayor seguridad en el uso de los productos.

En la investigación realizada por Chowdhary et al. (2018) menciona y se destaca por su prueba de resistencia al estallido en una amplia gama de tipos de tejidos de punto y contenido de fibra, incluida la fibra de algodón, lo que la convierte en un sólido punto de partida para la presente investigación, lo que permitirá comparaciones más precisas basadas en el contenido de fibra; dando lugar así a lo mencionado, que la resistencia al estallido depende de la materia prima utilizada en los calcetines.

1.1.2. Tejido de punto

Los tejidos de punto proporcionan una mejor elasticidad y propiedades de recuperación que ayudan a mantener la presión adecuada sobre el cuerpo humano. Son los más adecuados por sus propiedades de control de la humedad, especialmente cuando se trata de transferir humedad

del cuerpo al medio ambiente. Estas propiedades aumentan su aplicabilidad en ropa deportiva, según (Mishra et al., 2021).

Lafayette (2019) menciona que el tejido de punto es una técnica de fabricación de textiles que crea una estructura de entrelazado de hilos mediante el uso de una o más agujas en máquinas circulares y rectilíneas. A diferencia del tejido plano, que utiliza hilos longitudinales (urdimbre) e hilos transversales (trama), en este tipo de tejido se forma a través del entrelazamiento de hilos en bucles continuos.

Esto ayuda a crear un tejido flexible y elástico que se adapta cómodamente al cuerpo y permite mayor libertad de movimiento.

Mavruz & Ogulata, (2010) manifiestan que tejer es el proceso de formar una tela entrelazando hilo en una serie de bucles conectados usando agujas. Las telas tejidas brindan excelentes cualidades de comodidad y durante mucho tiempo han sido las preferidas en muchos tipos de ropa. Además de la comodidad que brinda la estructura de lazo extensible, los tejidos también brindan calidez liviana, resistencia a las arrugas y facilidad de cuidado (p. 1).

Además, Mobarak Hossain et al. (2018) a través de su estudio asevera que:

El entrelazamiento de bucles con los bucles adyacentes en ambos lados, arriba y abajo, es la base de los tejidos de punto. Los tejidos de punto se dividen en dos grupos principales: tejidos de punto por trama y tejidos de punto por urdimbre. La medida de calibre, el número de agujas, el peso del tejido, el diámetro del hilo, el grosor del tejido, la longitud del punto, la densidad del punto y la porosidad son factores muy importantes en términos de la máquina de tejer circular. Estos parámetros del tejido afectan las propiedades

como la resistencia, extensibilidad, elasticidad, etc., y tienen un impacto principalmente en las propiedades físicas del tejido.

1.1.3. Tejido de punto calcetería

Predrag et al. (2023) describe que los calcetines son una de las prendas básicas del día a día y son uno de los productos más habituales elaborados a partir de tejido de punto. Los calcetines no sólo sirven para proteger partes del cuerpo del frío, sino que ahora son un importante detalle de moda que puede realzar visualmente toda la apariencia de la ropa.

Las estructuras de tejido utilizadas en los calcetines deben tener suficiente elasticidad para adaptarse a los pies y las piernas. Para la producción de calcetas se utilizan principalmente tejidos de punto acanalado, así como artículos de punto de mallas lisas. Estas estructuras son deseables porque proporciona elasticidad y capacidad de volver a su forma original. (Predrag et al., 2023)

El tejido de punto liso es el más utilizado, representando alrededor del 90 % del consumo de telas de punto. Las telas de punto usadas para producir calcetines están en contacto con la piel humana, por lo que es importante que den una sensación de comodidad. La estructura en bucle de las telas de punto les otorga buena elasticidad, lo que es un elemento importante para lograr una comodidad sensorial óptima (Değirmenci & Çoruh, 2017).

De acuerdo con Alaa Arafa Badr (2018):

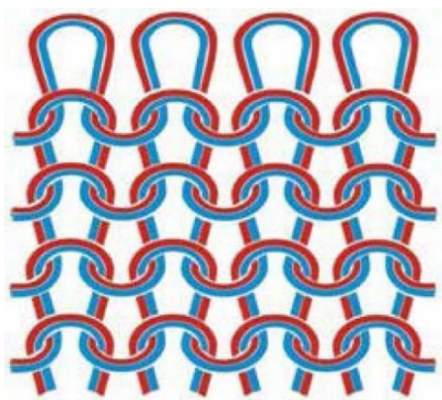
Los calcetines representan uno de los productos de tela que poseen la vida útil mínima entre los productos de ropa porque se fabrican con el menor costo en comparación con otros tejidos y tienen una alta tasa de consumo. Por lo tanto, se deben producir calcetines para lograr la satisfacción del cliente de acuerdo con los requisitos de estilo y funcionales durante el uso final. Además, los productos de calcetines deben fabricarse de manera que

incluyan buenas propiedades, particularmente para los méritos de salud, sin afectar negativamente la salud del consumidor. (p. 1)

En el párrafo anterior, se resalta la importancia de los calcetines como productos textiles de vida útil relativamente corta en comparación con otras prendas de vestir como camisas o pantalones. Esto se debe a factores como el uso constante, el lavado frecuente y la exposición a condiciones ambientales adversas. La industria de la moda y la fabricación textil continúa evolucionando para superar estos desafíos y ofrecer productos que satisfagan las expectativas de los consumidores modernos.

Figura 2

Construcción de calcetín malla lisa



Fuente: (Mansoor et al., 2021)

Las propiedades de la fibra, así como la calidad del hilo, la estructura del tejido y los procesos de acabado son factores cruciales en el contexto de los calcetines de punto. Es importante destacar que la percepción del confort en la prenda no solo se ve influenciada por estos elementos, sino que también está estrechamente ligada al diseño, corte y ajuste de los calcetines. (Mansoor et al., 2021)

1.1.4. Hilos de Algodón para calcetines

Los hilos de algodón son una opción popular para fabricar calcetines por sus propiedades naturales y beneficios. Los hilos de algodón ofrecen suavidad, transpirabilidad y absorción de la humedad, lo que los hace ideales para crear calcetines cómodos y funcionales. El uso de hilos de algodón en los calcetines asegura que los pies se mantengan secos y frescos, reduciendo el riesgo de olores y molestias. Además, los hilos de algodón brindan durabilidad y resistencia, permitiendo que los calcetines soporten el uso y lavado frecuente. Ya sea para uso deportivo, casual o diario, los hilos de algodón para calcetines contribuyen al confort y rendimiento general del calzado. (CraftsBliss, 2021)

Los calcetines fabricados con algodón tienen la particularidad de retener más humedad junto a la piel en comparación con los calcetines de lana, según menciona (Knitgrammer, 2022). Esto se debe a las propiedades absorbentes del algodón, que absorbe el sudor y la humedad del pie. Debido a esta característica, los calcetines de algodón suelen requerir un lavado más frecuente para mantener la higiene y prevenir el desarrollo de olores desagradables.

De acuerdo con Hussain et al. (2013) los hilos de algodón utilizados para géneros de punto son bastante populares en muchas prendas deportivas, calcetines, ropa casual debido a su excelente comodidad y ajuste, gracias a su buena permeabilidad al aire y a sus propiedades de estiramiento y recuperación superiores en comparación con otros tejidos.

1.1.5. Hilos de Acrílico para calcetería

Los hilos acrílicos se usan en la producción de calcetería. Estos hilos son conocidos por su suavidad, calidez y durabilidad, lo que los convierte en una elección popular para diversos tipos de prendas de punto. Una de las ventajas de los hilos acrílicos para calcetería es su capacidad para

mantener su forma y elasticidad incluso después de varios lavados. Esto asegura que los calcetines mantengan un ajuste cómodo y no se estiren ni pierdan su forma con el tiempo.

Según Cüreklibatır Encan & Marmaralı (2022) en su investigación afirma que el hilo de acrílico tiene altos valores de recuperación después de la compresión de esta, dichos valores se consideran causados por las características de alta elasticidad y baja rigidez flexural específica de esta fibra (p. 5).

Además, los hilos acrílicos ofrecen buenas propiedades de absorción de humedad, ayudando a mantener los pies secos y cómodos. Tienen la capacidad de absorber la humedad de la piel y liberarla al entorno circundante, reduciendo el riesgo de acumulación de sudor y el desarrollo de olores desagradables. Pero, en una investigación realizada por Mehedi Hashan et al. (2017) ratifican que los hilos de acrílico tienen menos resistencia térmica que los hilos de algodón, (p. 5).

Los materiales utilizados en la fabricación de calcetines, como el acrílico, ofrecen una gran gama de colores por su capacidad de teñir fácilmente. Esta variedad de colores permite a los diseñadores crear calcetines con diseños vibrantes y visualmente atractivos, lo que brinda infinitas posibilidades para expresar la creatividad y seguir las últimas tendencias de moda.

1.1.6. Hilos de Nylon para calcetas

Predrag et al. (2023) menciona que en la producción de calcetines se utiliza una variedad de fibras naturales y sintéticas como algodón, acrílico, viscosa y sus combinaciones. Sin embargo, debido a su menor resiliencia, la durabilidad de los calcetines se suele conseguir mediante el uso de fibras sintéticas como la poliamida (nylon), el poliéster y el elastómero. La poliamida se caracteriza por una alta estabilidad dimensional y resistencia al desgaste, mientras que las fibras acrílicas aportan a la prenda suavidad y volumen además de su durabilidad.

Según Tomljenović et al. (2023):

Habitualmente en tejido de punto, los hilos de nylon o poliamida se utilizan en la parte superior del calcetín y rara vez en la parte de la pierna (p. 16).

Generalmente, los hilos de nylon son utilizados para la fabricación de calcetas de compresión (Kırcı et al., 2021, p. 2). También son conocidos por su resistencia, durabilidad y elasticidad, lo que los hace ideales para calcetines que requieren una buena capacidad de estiramiento y recuperación.

En cuanto a las propiedades Kırcı et al., (2021) se han planteado que la elección de los materiales y las características del género en la producción de calcetas con hilos de nylon puede tener un impacto significativo en el rendimiento de estos tejidos (p. 6). Esto implica que la selección cuidadosa de los componentes y las propiedades del tejido utilizados en la fabricación de calcetines puede ser clave para garantizar su calidad y funcionalidad. Entonces, pueden afectar a propiedades como la durabilidad, la transpirabilidad, la elasticidad, la resistencia al desgaste, entre otros y la capacidad de gestión de la humedad.

1.2. Marco legal

La investigación propuesta se encuentra en una intersección entre las regulaciones legales a nivel nacional y las líneas de investigación que se están desarrollando en la Universidad Técnica del Norte.

En este ámbito, se busca explorar y comprender cómo las regulaciones legales existentes en el país impactan en el campo de estudio en cuestión. Además, se busca aprovechar las líneas de investigación que se están llevando a cabo en la Universidad Técnica del Norte para complementar y enriquecer los hallazgos de la investigación. La interacción entre la investigación y las

regulaciones legales permite considerar aspectos éticos, normativos y de cumplimiento que pueden tener implicaciones en el desarrollo y los resultados de la investigación.

1.2.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (2008) establece en el artículo 39 que el Estado asume la responsabilidad de garantizar los derechos de las jóvenes y los jóvenes, promoviendo su efectivo ejercicio a través de diversas medidas. Para ello, se implementarán políticas y programas, se fortalecerán instituciones y se destinarán recursos para asegurar y mantener su participación e inclusión en todos los ámbitos, especialmente en el poder público.

Además, el Estado reconoce el papel fundamental de las jóvenes y los jóvenes como actores estratégicos en el desarrollo del país. En este sentido, se le garantiza el acceso a la educación, la salud, la vivienda, la recreación, el deporte, el tiempo libre, así como la libertad de expresión y asociación. Asimismo, se promoverá activamente su incorporación al mundo laboral en condiciones justas y dignas. Se enfatiza la importancia de la capacitación, se garantiza el acceso al primer empleo y se estimulan sus habilidades de emprendimiento.

Dentro del título II, capítulo III, en el artículo 52, sección novena: Personas usuarias y consumidoras la Constitución de la República del Ecuador (2008) hace referencia a que las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características.

La ley establecerá los mecanismos de control de calidad y los procedimientos de defensa de las consumidoras y consumidores; y las sanciones por vulneración de estos derechos, la reparación e indemnización por deficiencias, daños o mala calidad de bienes y servicios, y por la interrupción de los servicios públicos que no fuera ocasionada por caso fortuito o fuerza mayor.

1.2.2. Líneas de Investigación de la Universidad Técnica del Norte

Las líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte (UTN) se encuentran establecidas dentro de los lineamientos y principios que rigen su labor académica y científica. Estas líneas de investigación presentadas en la **Tabla 1**, se orientan hacia la generación de conocimiento en áreas estratégicas y relevantes, con el propósito de contribuir al desarrollo científico, tecnológico y social del país.

Tabla 1

Líneas de investigación UTN

Nro.	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UTN
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 Socioeconómico.
10	Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética).

Fuente: (UTN, 2022)

En la carrera de Textiles, se establecen las líneas de investigación número 1 y 9. En el marco de este estudio, se sigue como referente la línea número 1 de investigación propuesta por la Universidad Técnica del Norte, la cual se centra en Producción Industrial y Tecnología Sostenible.

1.3. Marco conceptual

1.3.1. Resistencia al estallido en géneros de calcetería

Los calcetines son prendas esenciales para el uso diario, laboral, incluso para la práctica de actividades físicas y deportivas, y la resistencia al estallido es una propiedad mecánica muy

importante que se relaciona con la capacidad de los calcetines para soportar la presión y la tensión que se produce durante las distintas actividades rutinarias. Como Chicharro et al. (2022) afirmó que los calcetines son artículos importantes de ropa protectora, tanto en la vida cotidiana como en la actividad física energética. Además, pueden mejorar la función biomecánica, al aumentar la estabilidad, mejorando la comodidad y termorregulación y reducción de la presión sobre la planta del pie. (p. 1)

Es crucial que los calcetines mantengan su calidad a lo largo de su vida útil, para lo cual se requiere una alta resistencia al desgaste, al estiramiento, a la tensión de los dedos de las manos sobre el calcetín mientras se coloca en los pies, al rozamiento con el zapato y sus costuras, al peso del usuario y a las condiciones ambientales, que son aspectos que determinan la durabilidad; todas las resistencias mencionadas se determinan a través de las pruebas de resistencia al estallido.

Değirmenci & Çoruh, (2017) menciona que, “La resistencia a la tracción de la tela de punto es importante de varias maneras. La tela del calcetín debe tener suficiente resistencia contra las fuerzas que actúan sobre ella durante el uso, el deporte, la caminata, la carrera y la marcha diaria” (p. 3). Por lo tanto, mejorar la calidad y la resistencia de los calcetines deportivos puede ayudar a prevenir lesiones y mejorar el rendimiento deportivo.

En una investigación realizada por Uyanik et al. (2016), la resistencia del tejido al estallido es proporcional a las propiedades estructurales del tejido. Estas propiedades son el hilo, el patrón del tejido y la estanqueidad del mismo, así como el tratamiento de acabado aplicado. El hilo del bucle remetido está bajo tensión según el número de puntadas y cuando el efecto de rotura por presión del hilo disminuye, entonces la resistencia al estallido disminuye y, por lo tanto, el estallido de estos tejidos también se vuelve más fácil.

1.3.2. Fuerza Máxima

En términos de resistencia al estallido la fuerza máxima se refiere a la cantidad máxima de fuerza o presión que un material puede soportar antes de romperse. Esta es una medida crítica al evaluar la resistencia de los materiales, especialmente en aplicaciones donde la capacidad de soportar la presión interna es importante, como en los tejidos. Fanyuan Instrument (2024) demostró que debido a que el modo de fuerza es una descomposición de fuerza multidireccional, esta prueba es especialmente adecuada para tejidos de punto. Esta medida muestra la resistencia de un material a fuerzas internas que intentan expandirlo o aplastarlo.

Figura 3

Fuerza Máxima

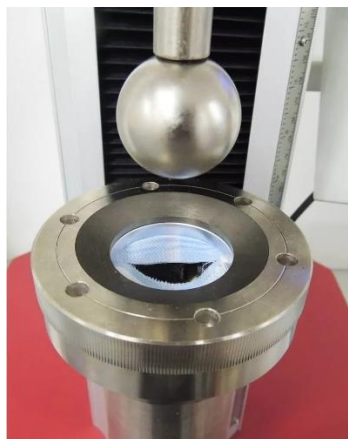


1.3.3. Extensión

La extensión es una medida utilizada para evaluar la capacidad de un material, especialmente telas y papel, para resistir la presión interna hasta el punto de romperse o desgarrarse. Este tipo de pruebas es necesario en las industrias textil y papelera para garantizar que los materiales utilizados en la producción de productos sean lo suficientemente resistentes y duraderos para el uso previsto. (Fanyuan Instrument, 2024)

Figura 4

Extensión en la prueba de resistencia al estallido



1.3.4. Tiempo de Rotura

El tiempo de rotura de la fuerza de estallido se refiere al tiempo requerido para que un material se rompa como resultado de la aplicación de una mayor presión en una prueba de explosión. Estas mediciones son importantes para comprender no sólo la capacidad máxima de resistencia del material, sino también su comportamiento en condiciones de carga progresiva.

1.3.5. Tejido de punto en Ecuador

El tejido de punto en el Ecuador es una actividad relevante en la industria textil del país. Se trata de un proceso de fabricación de prendas utilizando máquinas de tejer que entrelazan hilos o hilados para formar una estructura de punto. Este tipo de tejido es ampliamente utilizado en la confección de prendas de vestir como camisetas, suéteres, calcetines y ropa interior, entre otros.

En Ecuador, el tejido de punto se ha convertido en una especialidad dentro de la industria textil, con empresas y talleres dedicados a la producción de prendas de punto de alta calidad. La producción de tejidos de punto en el país abarca tanto grandes industrias como pequeños productores artesanales.

En comparación con las estructuras rígidas y estables de los tejidos planos, el tejido de punto presenta una mayor capacidad de adaptación a los cambios de forma. Gracias a las mallas entrelazadas de su estructura, el tejido de punto puede estirarse y flexionarse para ajustarse a diferentes formas. Esta flexibilidad permite que el tejido de punto mantenga una apariencia más suave y lisa en comparación con los tejidos planos. Por esta cualidad, las prendas de punto son adecuadas para actividades deportivas y otras que requieren libertad de movimiento. (CottonWorks, 2023)

Hay dos tipos de tejido de punto en Ecuador, el primero es el tejido de punto trama o circular, en el cual las mallas se forman en dirección horizontal. El segundo es el tejido de punto por urdimbre o tricot, donde los hilos se entrecruzan para formar mallas en dirección vertical. Estos tipos de tejidos presentan varias ventajas significativas, entre las cuales se destacan la capacidad de producir telas más ligeras y la mayor versatilidad en términos de diseños según menciona (Lafayette, 2019)

Figura 5

Estructura del tejido de punto



Fuente: (Lafayette, 2019)

La industria textil ecuatoriana se ha destacado por su calidad y creatividad en el diseño de tejidos de punto, lo que ha llevado a un reconocimiento internacional de sus productos. Además,

en Ecuador existen instituciones educativas y centros de investigación que se dedican al estudio y desarrollo de técnicas de tejido de punto. Estas instituciones ofrecen programas de formación y capacitación para promover el conocimiento y la habilidad en esta área.

De acuerdo con Moreta (2019):

La industria del género de punto, en particular la calcetería, ha experimentado un importante crecimiento en el Ecuador, especialmente con la empresa Textidor, una empresa ambateña que ha ido creciendo desde su fundación en 1984. La empresa ha pasado por un proceso de innovación continua, promoviendo productos para el consumo local y con fines de exportación. Inicialmente, la empresa se centró en fabricar calcetines de calidad para deportistas, luego se expandió para atender a diferentes segmentos del mercado, desde niños hasta ejecutivos. La introducción de tecnología de punta y materiales inteligentes ha permitido la creación de líneas de productos especializados, como calcetines de compresión para varices y anti-embólicas, que tienen como objetivo mejorar la circulación y ofrecer alivio a los problemas de salud. Las inversiones en investigación y desarrollo permitieron fabricar productos previamente importados, cubriendo necesidades locales y generando mayores ventas tanto a nivel nacional, en ciudades como Quito, Guayaquil, Cuenca y Ambato. Textidor busca ampliar el campo de las exportaciones, habiendo participado en ferias internacionales y ha iniciado negociaciones para ingresar a otros mercados latinoamericanos, como Bolivia. Esta empresa, que cuenta con certificaciones de calidad, está en proceso de poder exportar a la Comunidad Europea. Estos avances y la entrada de productos de alto valor agregado como calcetines especiales demuestran el continuo crecimiento de la industria del calcetín en el país. Las proyecciones de crecimiento incluyen la posibilidad de exportar sus productos a más países, capitalizando la demanda de productos de calidad y cubriendo ciertos segmentos del mercado, como el de salud y fitness, donde antes la oferta local era limitada. Esta

estrategia permitió a Textidor experimentar mayores ventas y perspectivas positivas de expansión futura, así también, sentando un precedente dentro de la industria textil ecuatoriana.

1.3.6. Calcetines malla lisa

Los calcetines en malla lisa son calcetines con superficie lisa y sin textura o patrón visible. Estos calcetines se tejen utilizando técnicas de tejido de punto, donde se entrelazan los hilos formando una malla continua. Además, los calcetines son formas tridimensionales que se obtienen a partir de bucles obtenidos al momento de tejer. El tejido de punto consta de bucles de hilo interconectados. Durante el proceso de tejido, el hilo se esfuerza por flexión, tracción y fricción contra las partes metálicas de la máquina. (Guignier et al., 2019)

Paesano (2021) menciona que, la posición correcta del tejido de punto para su inspección es siempre con el extremo en “V” de la malla hacia abajo. A continuación, se describe la estructura que forma al tejido del punto, a partir de la **Figura 6**:

Figura 6

Estructura de la malla lisa



Fuente: (Paesano, 2021)

1. Malla

Es la unidad estable más pequeña de todas las prendas de punto. La malla consta de:

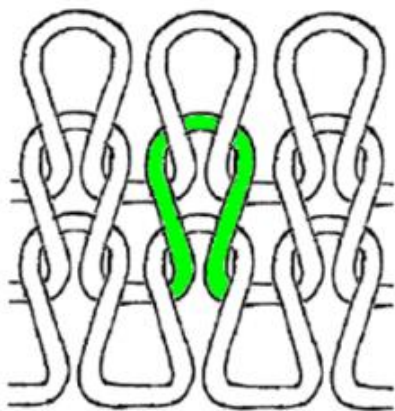
- Cabeza o arco: Esta es la parte superior de la red y también es el área donde la aguja sujeta el hilo.
- Lado: Esta es la parte del hilo que conecta la curva de la malla con el entrelazado. Cada malla tiene ciertamente dos lados que siempre están dispuestos simétricamente, opuestos (forma de V).
- Pie: Esta es el área de unión entre dos mallas superpuestas (diferentes caminos), por lo tanto, es el punto de intersección de dos mallas. La forma de este cruce nos permite identificar si se trata de un punto del derecho o del revés. La sección de hilo que conecta los pies de dos mallas adyacentes se llama entrelazado.

2. Malla del derecho

Este es uno que solo muestra sus lados en su superficie, dejando la cabeza y la malla ocultas debajo. Asimismo, se superponen los lados de la malla y los pies se cruzan por detrás de la cabeza.

Figura 7

Malla vista del derecho



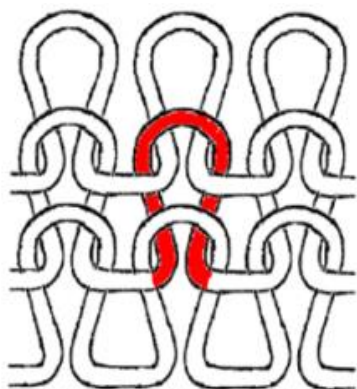
Fuente: (Paesano, 2021)

3. Malla del revés

Se trata de una malla cuyos lados se cruzan por debajo y cuyos pies quedan por encima de la cabeza del tejido anterior.

Figura 8

Malla vista del revés



Fuente: (Paesano, 2021)

En cuanto a los ligamentos básicos o fundamentales, existen cuatro ligamentos fundamentales del género del tejido de trama son aquellos que solo tienen la unidad básica de tejido, es decir, la malla, es decir, jersey, rib, link-link e interlock.

- **Tejido Jersey**

El tejido clásico y más simple en prendas de punto, también es la base de la mayoría de las telas de una sola cara. El ligamento de jersey también se llama ligamento derecho/inverso o de punto liso, porque tiene una superficie lisa y uniforme en la cara con la apariencia de una serie de V(s) producidas por los lados de la malla que aparecen sin interrupción alguna, columnas y superficies rugosas en el reverso, formadas por los arcos y pies de la malla. La principal característica de esta estructura es que el derecho y el revés de la tela son fáciles de reconocer. El lado derecho tiene columnas que sobresalen, el lado revés tiene filas que sobresalen. (Paesano, 2021)

Tasić et al. (2023) menciona que las estructuras de punto utilizadas en los calcetines deben tener una elasticidad adecuada para ajustarse a los pies y las piernas. La estructura de malla lisa en tejidos de punto se usa para producir calcetines. Estas estructuras son deseables porque proporcionan elasticidad y la capacidad de volver a su forma original. (p. 2)

En la elección de materiales, los calcetines en malla lisa pueden hacerse en diferentes hilos, como algodón, nylon, poliéster, acrílico o una mezcla de ellos. Cada material tiene características en cuanto a suavidad, resistencia y capacidad de absorción de la humedad, por lo que hay que elegir un material acorde a sus preferencias y necesidades.

Referente a las máquinas que realizan calcetines deportivos de malla lisa, CottonWorks (2023) expresa que estas son máquinas circulares altamente especializadas y específicas para cada producto que fabrican. Esta maquinaria puede utilizar cualquier tipo de hilo o fibra para producir calcetines elaborados según criterios de forma, talla y prestaciones, según menciona. En cambio, al hablar de la máquina monocilíndrica, el cilindro con sus agujas verticales puede producir todos los puntos necesarios para la producción de calcetines. Los componentes de la máquina son: el cilindro, las agujas, las platinas y el disco con los bits de transferencia o “jacks”.

Al mencionar la marca de maquinaria calcetera china, WeiHuan, Solmartex (2021) menciona que, dicha entidad se caracteriza por la producción de máquinas monocilíndricas con uno o dos, totalmente electrónicas para la producción de calcetines de malla lisa, con puños doblados, colores calados de diseño, con posibilidad de tejer elástico. Además, también tiene la capacidad de realizar calcetines de malla lisa, malla retenida, diseños con hilos de vanizado, Jacquard en 2-3 colores. En diseño de color calado hasta 5 colores seguidos más el hilo de fondo. Con el cambio de guía hilos, el total de colores sube al 22.

Figura 9*Máquina calcetera WeiHuan*

Fuente: (Solmartex, 2021)

1.3.7. Características de hilos de algodón, acrílico y nylon usados en la calcetería

La suavidad y la textura lisa de los calcetines fabricados con hilos de algodón se tradujeron en coeficientes de fricción reducidos, lo cual resultó en una disminución de las irritaciones y las sensaciones incómodas. Estas características de superficie de los calcetines de algodón ofrecen una mayor comodidad y bienestar al usuario, evitando posibles molestias durante su uso, mencionan (Li et al., 2011) en su trabajo investigativo.

Los hilos de algodón son uno de los materiales más utilizados en la industria textil, la calcetería no es una excepción, ya que en este campo la mayoría de los productos se elaboran a partir de este material, así como de las diversas mezclas que presentan.

Tabla 2*Títulos de hilo de algodón más utilizados*

COMPOSICIÓN	TÍTULOS UTILIZADOS
	(Ne)
Algodón 100%	8/1
	10/1
	12/1
	14/1
	16/1
	18/1
	20/1

Los hilos de acrílicos son similares a la lana en muchos aspectos. Tienen la capacidad de encogerse al plancharse y su costo es semejante. Sin embargo, los hilos de acrílico presentan ventajas adicionales, como su suavidad y su menor necesidad de cuidado en comparación con otras fibras, lo que también reduce el riesgo de alergias.

Desde el punto de vista de sus propiedades físicas, los hilos y las telas acrílicas muestran una buena resistencia a la abrasión, al “pilling” y a la tenacidad, además de ser resilientes. Estas características hacen que los hilos acrílicos sean ideales para la fabricación de tejidos de punto. Además, mediante técnicas como termoseccionadoras y diferentes grados de estiramiento, se pueden crear hilados con características físicas, lo que elimina la necesidad de mezclar fibras acrílicas con otras fibras artificiales o naturales. (Cortez et al., 2020)

Tabla 3*Títulos de hilo de acrílico*

COMPOSICIÓN	TÍTULOS
Acrílico	1/35
	1/29
	1/20
	2/30
	2/29

Nota: Los títulos presentados están escritos de acuerdo con la nomenclatura de titulación indirecta; ejemplo, el 1 representa el número de cabos y 35 el título del hilo en Nm.

El hilo de nylon es conocido por ser un material altamente resistente, lo que lo hace adecuado para soportar la tensión y el desgaste que experimentan los calcetines durante su uso. Además, estos hilados tienen una larga vida útil debido a su resistencia al estiramiento y al desgaste. Esto permite que los calcetines hechos con hilos de nylon conserven su forma y resistencia durante un tiempo.

En la investigación de Tantawy et al. (2020) afirman que:

El nylon también conocido como poliamida, es uno de los polímeros más utilizados como fibras en la industria de la calcetería. Estos materiales se caracterizan por sus grupos amida en la cadena molecular. El nylon es considerado uno de los textiles sintéticos más importantes después del poliéster. Se destaca por sus propiedades de rendimiento, como alta resistencia a la tracción, excelente resistencia a la abrasión, productos químicos y calor, y bajo coeficiente de fricción. Por esta razón, se utiliza ampliamente en la fabricación de calcetines, proporcionando durabilidad, resistencia y secado rápido. Además, el nylon se puede mezclar con otros tejidos para mejorar aún más estas características.

La calidad de la materia prima, el tipo y la construcción del tejido son los principales parámetros para considerar en cuanto a comodidad y rendimiento. Para la fabricación de calcetines deportivos, existen numerosas fibras disponibles y se utilizan según las necesidades del cliente y el uso final. Entre las fibras utilizadas para fabricar calcetines deportivos están: algodón, nylon, poliéster, lycra, acrílico, entre otros.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación a aplicar

La metodología es el pilar fundamental sobre el que se sustenta cualquier investigación. En esta fase, se desarrolló cuidadosamente un plan de acción que permitirá lograr los objetivos planteados y que se adaptan cuidadosamente al estudio.

2.1.1. Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica es una herramienta valiosa para adquirir conocimiento, para comprender el desarrollo del conocimiento en un área determinada y para ubicar el trabajo de uno en el contexto de la investigación existente. Es el punto de partida de muchos estudios y proporciona una base sólida para el desarrollo de nuevos resultados de investigación y contribuciones científicas.

Como menciona la Universidad De La República Uruguay (2020), una investigación bibliográfica es la fase de investigación científica que implica examinar la producción de la comunidad académica sobre un tema específico se conoce como revisión bibliográfica. Este proceso abarca diversas actividades destinadas a ubicar documentos relacionados con un tema o autor específico. La revisión bibliográfica nos proporciona una comprensión del estado actual de la investigación sobre el tema que estamos investigando, y, por lo tanto, se considera el punto inicial de cualquier trabajo científico.

2.1.2. Investigación analítica

La investigación analítica es un enfoque metodológico destinado para analizar de manera integral datos, información o situaciones con el fin de comprender sus componentes y relaciones

internas. Este tipo de investigación se enfoca en descomponer un problema o fenómeno en sus elementos más básicos para estudiar sus características, patrones y posibles implicaciones.

De acuerdo con Ortega (2022) menciona que la investigación analítica:

La investigación analítica es la que explica por qué se debe confiar en una afirmación. Averiguar por qué ocurre algo es complejo. Hay que ser capaz de evaluar la información de forma crítica. Este tipo de información ayuda a demostrar la validez de una teoría o a apoyar una hipótesis. (p. 2)

2.1.3. Investigación experimental

Además, Alonso et al. (2020) hace referencia a que, en la investigación experimental, el investigador manipula una o más variables de búsqueda para controlar su aumento o disminución variables y sus efectos en el comportamiento observado. Esto se hace bajo condiciones estrictamente controladas describe cómo o por qué surge una situación o situación evento especial. Los métodos experimentales son adecuados para probar hipótesis causales.

La investigación experimental se trata de manipular una variable experimental no probada bajo condiciones estrictamente controladas para describir cómo y por qué ocurre una situación o evento particular. Se diferencia de otros tipos de investigación en que el propósito de la investigación y la forma en que se trata depende totalmente del investigador, de las elecciones que hace para gestionar su experiencia, de acuerdo con (Ruiz, 2019).

2.1.4. Investigación comparativa

La investigación comparativa es un enfoque metodológico que tiene como objetivo analizar y comparar dos o más elementos, objetos, situaciones o fenómenos con el fin de identificar similitudes y diferencias entre ellos.

Como menciona Ortega (2021):

El análisis comparativo es una estrategia ampliamente utilizada en diversos campos de la ciencia y la investigación de mercados, pues permite establecer relaciones entre dos o más fenómenos o conjuntos de elementos para obtener razones válidas en la explicación de diferencias o semejanzas.

Esta investigación es un método de investigación, recolección y análisis de información que consiste en la comparación de dos o más procesos, documentos, conjuntos de datos u otros objetos. (p. 1)

2.2. Norma de referencia

2.2.1. Norma para prueba estándar para la resistencia al estallido en tejidos de punto ASTM D-3787-01

ASTM, (2020) menciona que este método de prueba describe la medición de la resistencia al estallido con un probador de resistencia al estallido de bola de textiles o prendas que exhiben un alto grado de elongación máxima. En esta norma se detallan las características, cálculos, procedimientos, equipos, entre otros; que se utilizaron durante el procedimiento para el análisis de la resistencia al estallido.

El principio de prueba del método de la bola de acero indica que, una muestra con un área determinada se sujeta a un anillo de muestra montado en la base, una varilla de empuje esférica en forma de bola con una velocidad de movimiento constante verticalmente contra la muestra, de modo que la muestra se deforma hasta que se rompe. (Gester, 2021)

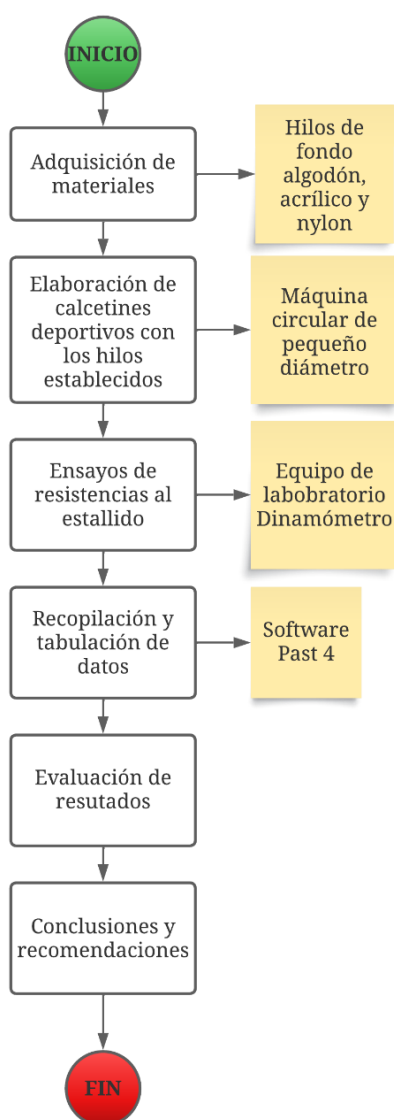
2.3. Flujogramas

2.3.1. Flujograma general

En la **Figura 10** se muestra el flujograma general de procesos, el cual sirvió como guía para entender el desarrollo de las diferentes etapas involucradas en el análisis de la resistencia al estallido de los géneros de punto y pretende proporcionar una visión global y accesible de cómo se llevan a cabo las actividades.

Figura 10

Flujograma general de procesos

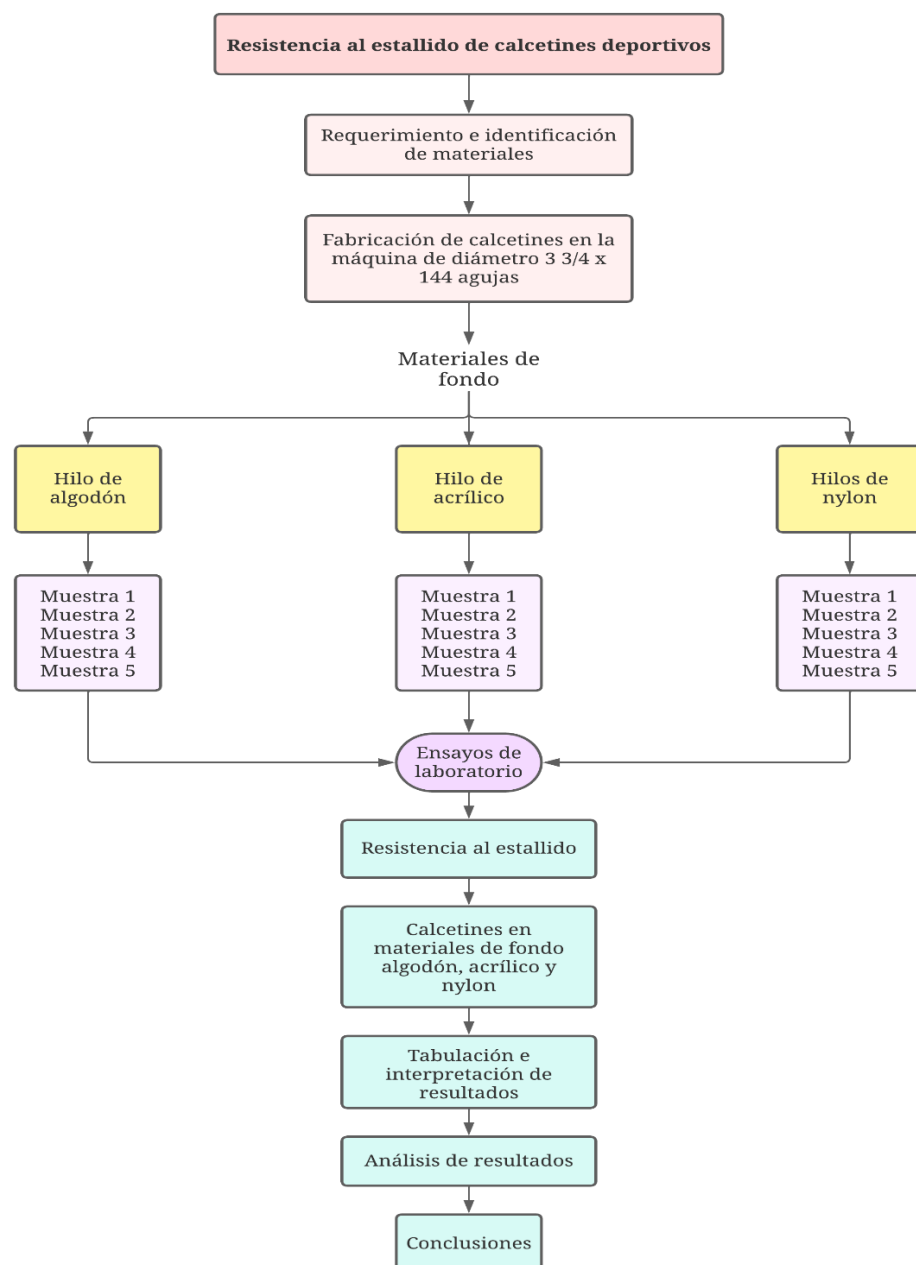


2.3.2. Flujograma muestral

La **Figura 11** muestra el diagrama de flujo creado para analizar el trabajo de investigación; una representación visual y sistemática de la estrategia de muestreo implementada en el desarrollo de esta tesis.

Figura 11

Flujograma muestral



2.4. Equipos y materiales

En este trabajo de titulación se utilizaron diversos equipos y materiales esenciales para realizar ensayos de resistencia al estallido y analizar las propiedades mecánicas de los materiales.

2.4.1. Equipos

El siguiente apartado ofrece una visión general de los equipos y materiales utilizados en el estudio, resaltando su importancia y función en el proceso de investigación.

2.4.1.1. Máquina Calcetera

Durante el desarrollo de este proyecto de investigación, se utilizó la máquina calcetera de la marca WEIHUAN que cuenta con un diámetro de 3 $\frac{3}{4}$ pulgadas y 144 agujas. Esta máquina fue empleada para la fabricación de calcetines deportivos en la talla 10-12, malla lisa; utilizando materiales para el fondo de los calcetines deportivos, como algodón, acrílico y nylon. Además, se utilizó hilo de vanizado en lycra.

Tabla 4

Características de la máquina calcetera

DESCRIPCIÓN	VALOR
Marca	WeiHuan
Modelo	WH-B
País de origen	China
Año	2022
Galga	12
Diámetro de cilindro	3 $\frac{3}{4}$ pulgadas
Número de agujas	144
Velocidad	250-280 rpm

2.4.1.2. Dinamómetro

El dinamómetro Titán 5, de la casa comercial James Heal, es un equipo de última generación disponible en el laboratorio de la carrera de Textiles. Este dispositivo se acopló de manera adecuada a las muestras de calcetas deportivas para medir con precisión su resistencia al estallido. La incorporación del dinamómetro en el proceso de investigación permitió obtener datos confiables y objetivos sobre la capacidad de las calcetas para soportar fuerzas y tensiones extremas, replicando situaciones reales en las que los calcetines deportivos pueden someterse a esfuerzos intensos durante la práctica de actividades físicas.

Figura 12

Dinamómetro Titán 5



Fuente: (James Heal, 2021)

2.4.2. Materiales

En el presente estudio se utilizan tres tipos de hilos con diferentes propiedades, elegidos por su relevancia para el análisis de la resistencia y durabilidad de los materiales textiles. Los materiales para evaluar son: algodón, acrílico y nylon.

2.4.2.1. Muestras de calcetines

Los calcetines deportivos de algodón, acrílico y nylon fueron elaborados en la máquina calcetera WeiHuan. De acuerdo con las pautas establecidas en la norma D 3787-01; además, es necesario obtener diez muestras de cada material para llevar a cabo el ensayo.

2.5. Procedimientos

A continuación, se describen los pasos que se realizaron y siguieron para obtener muestras de calcetines deportivos de material de algodón, acrílico y nylon; y, realizar correctamente las pruebas de resistencia al estallido de los calcetines de acuerdo con la norma ASTM D 3787.

a) Pasado de hilos en máquina calcetera

Elaboración de calcetines deportivos, se colocan los conos de hilo en los alimentadores y guía hilos correspondientes e introducción del diseño en el software de la máquina. Para esta fabricación, se utiliza la hoja de producción plasmada en el **Anexo 2**.

Tabla 5

Disposición de hilos en máquina WeiHuan

No. de Alimentador	No. Guía hilo	Materia prima			Color
		Algodón	Acrílico	Nylon	
1	1D	Co 20/1	Pac 1/35	Pa 156 dTex	Blanco
	2D	Co 20/1	Pac 1/35	Pa 156 dTex	Blanco
	3D				
	4D	Pa 156 dTex	Pa 156 dTex	Pa 156 dTex	Blanco
	CS	Co 20/1	Pac 1/35	Pa 156 dTex	Blanco
	CI	Ly 75 Den	Ly 75 Den	Ly 75 Den	Blanco
	1I	Ly 75 Den	Ly 75 Den	Ly 75 Den	Blanco
	2I	Ly 75 Den	Ly 75 Den	Ly 75 Den	Blanco
	3I				
2	1	Elástico recubierto	Elástico recubierto	Elástico recubierto	Blanco

b) Obtención de muestras de calcetines deportivos

Se tejieron 10 ejemplares de cada material, esto teniendo en cuenta el número indicado en la norma. Cada muestra de calcetín de los diferentes materiales utilizados, demoraron en tejerse 2 minutos con 40 segundos.

c) Acondicionamiento de las muestras

Las muestras fueron acondicionadas a una temperatura de $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa de $65 \pm 5\%$, siguiendo las normas y los parámetros del laboratorio de la Carrera de Textiles, ver **Figura 13**:

Figura 13

Acondicionamiento de muestras

**d) Corte de muestras de calcetines deportivos**

Se cortaron 5 muestras de 125 mm x 125 mm, según los parámetros de la norma, de calcetines deportivos de malla lisa de diferentes materiales.

e) Ensayos de resistencia al estallido

Las pruebas de cada muestra de los diferentes materiales se realizaron en el equipo Dinamómetro Titán 5 marca James Heal (**Figura 14**), utilizando el método de bola de acero de acuerdo con la norma ASTM 3787-01.

Figura 14

Dinamómetro con placas circulares



2.6. Pruebas de laboratorio

El sustento de este proyecto se basa en ensayos de laboratorio, tomando en cuenta los siguientes parámetros de aplicación según la norma establecida.

2.6.1. Prueba de resistencia al estallido en calcetines de algodón en malla lisa

El procedimiento establecido por la norma ASTM 3787-01 consta de las siguientes etapas:

- a. Se coloca el espécimen entre las placas circulares y se sujeta en su lugar.
- b. Se aplica una fuerza constante utilizando una bola de acero hasta que se observe la rotura del tejido.

2.6.2. Prueba de resistencia al estallido en calcetines de acrílico en malla lisa

- a. Se colocan las muestras de calcetín de acrílico entre las mordazas circulares y se sujeta en su lugar.
- b. Se aplica una fuerza constante utilizando una bola de acero, equivalente a 0.5 N, hasta que se observe la rotura del tejido.

2.6.3. Prueba de resistencia al estallido en calcetines de nylon en malla lisa

El procedimiento establecido por la norma consta de:

- a. Se colocan las muestras de nylon entre las placas circulares y se sujeta en su lugar.
- b. Se aplica una fuerza constante a las muestras utilizando una bola de acero hasta que se observe la rotura del tejido.

Figura 15

Pruebas en el laboratorio



Posteriormente, el informe resultante de las pruebas debe incluir para la información sobre la resistencia al estallido de cada muestra, así como el promedio de resistencia de diez tipos en el material de algodón, acrílico y nylon.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados

Después de realizar pruebas de resistencia al estallido en calcetines de algodón, acrílico y nylon, utilizando el Dinamómetro Titán 5 en el laboratorio textil. Los resultados obtenidos fueron tabulados y analizados según los criterios establecidos para este estudio.

3.1.1. Resultados de la resistencia al estallido en calcetines de algodón en malla lisa

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas realizadas a calcetines de algodón, indicando el valor medio, mínimo y máximo; rango, mediana, desviación estándar, límites de confianza y coeficiente de variación, en función de la fuerza máxima, extensión y tiempo de rotura. La media aritmética, conocida también como promedio, se calcula sumando todos los valores y se dividen entre la cantidad de datos (en este caso 5). En la **Tabla 6**, se observa que la media aritmética de la fuerza máxima del algodón es de 420.11 N, la extensión de 60.7 mm y el tiempo de rotura es de 12 s. En sí, la media aritmética es útil para obtener una estimación general del rendimiento promedio de las muestras de calcetines de algodón en los términos descritos anteriormente.

Tabla 6

Resultados de resistencia al estallido en algodón

RESULTADOS				
Probeta	Fuerza máxima (N)	Extensión (mm)	Tiempo de rotura (s)	
1	404.18	61.25	00:12	
2	414.22	60.18	00:13	
3	434.24	61.21	00:12	
4	408.73	59.93	00:12	

	5	439.17	60.95	00:12
Media		420.11	60.7	00:12
Min		404.18	59.93	00:12
Max		439.17	61.25	00:13
Rango		34.99	1.32	00:01
Mediana		414.22	60.95	00:12
Desviación típica		15.66	0.6116	00:00
Límites de confianza		$\pm 19,41$	$\pm 0,7581$	$\pm 00:00$
Coeficiente de Variación		3.73%	1.01%	3.65%

El coeficiente de variación (CV) es una medida relativa de la distribución de un conjunto de datos con respecto a su promedio. Se expresa como porcentaje y permite comparar la variabilidad entre diferentes conjuntos de datos, independientemente de la unidad de medida. En la **Tabla 6** los coeficientes de variación de fuerza máxima, extensión y tiempo de rotura son 3.73%, 1.01% y 3.65 %, respectivamente. Un coeficiente de variación bajo, indica una menor dispersión que el promedio, por lo que indica una mayor consistencia de los resultados. En este contexto, los bajos coeficientes de variación de la fuerza máxima, la extensión y el tiempo de rotura indican una consistencia relativamente alta en el desempeño de las muestras de calcetines de algodón en estas mediciones.

3.1.2. Resultados de la resistencia al estallido en calcetines de acrílico en malla lisa

Los resultados de las pruebas realizadas a los calcetines de acrílico se detallan en la siguiente tabla. En esta incluyen datos fundamentales como fuerza máxima, extensión y tiempo de rotura, todos ellos importantes para el análisis de probetas sometidas a ensayos de resistencia al estallido. La media, esta también es conocida como promedio, se calcula sumando todos los valores y se dividen entre la cantidad de datos (en este caso 5). En la **Tabla 7**, se observa que la media de la fuerza máxima del acrílico es de 467.49 N, la extensión de 53.63 mm y el tiempo de rotura es de 10 s. En sí, la media es útil para obtener una estimación general del rendimiento promedio de las muestras de calcetines de acrílico en los términos descritos anteriormente.

Tabla 7*Resultados de resistencia al estallido en acrílico*

RESULTADOS				
Probeta	Fuerza máxima (N)	Extensión (mm)	Tiempo de rotura (s)	
	1	510.78	52.56	00:10
	2	440.58	51.78	00:10
	3	435.43	57.46	00:11
	4	467.92	53.06	00:10
	5	482.75	53.31	00:10
Media		467.49	53.63	00:10
Min		435.43	51.78	00:10
Max		510.78	57.46	00:11
Rango		75.35	5.68	00:01
Mediana		467.92	53.06	00:10
Desviación típica		31.06	2.22	00:00
Límites de confianza		±38,51	±2,75	±00:00
Coeficiente de Variación		6.64%	4.13%	4.25%

El coeficiente de variación (CV) es una medida relativa de la distribución de un conjunto de datos con respecto a su media. Se expresa como porcentaje y permite comparar la variabilidad entre diferentes conjuntos de datos, independientemente de la unidad de medida. En la **Tabla 7** los coeficientes de variación de fuerza máxima, extensión y tiempo de rotura son 6.64 %, 4.13 % y 4.25 %, respectivamente. Un coeficiente de variación bajo indica una menor dispersión que el promedio, por lo que indica una mayor consistencia de los resultados. En este contexto, los bajos coeficientes de variación de la fuerza máxima, la extensión y el tiempo de rotura indican una consistencia relativamente alta en el desempeño de las muestras de calcetines de acrílico en estas medidas.

3.1.3. Resultados de la resistencia al estallido en calcetines de nylon en malla lisa

Los datos relacionados con la fuerza máxima, el alargamiento y el tiempo de rotura se recopilaron cuidadosamente y se presentan a detalle en la tabla ubicada en la parte inferior. Estos

datos se obtuvieron utilizando el software TestWise a través de pruebas de resistencia al estallido realizadas específicamente en muestras de calcetines fabricados con hilo de nylon en el equipo de laboratorio dinamómetro Titán 5.

La media, también llamada promedio, se calcula sumando todos los valores y dividiéndolos por la cantidad de datos (en este caso, 5). En la **Tabla 8** se puede observar que la fuerza máxima promedio del nylon es 1076.61 N, el alargamiento es 60.29 mm y el tiempo de rotura es 12 s. Así entonces, la media es útil para obtener una estimación general del rendimiento promedio de muestras de calcetines acrílicos en el sentido descrito anteriormente.

Tabla 8

Resultados de resistencia al estallido en nylon

RESULTADOS				
Probeta		Fuerza máxima (N)	Extensión (mm)	Tiempo de rotura (s)
	1	1075.08	56.05	00:11
	2	1026.6	59.65	00:11
	3	1146.92	60.96	00:12
	4	1028.85	61.73	00:12
	5	1105.58	63.06	00:12
Media		1076.61	60.29	00:12
Min		1026.6	56.05	00:11
Max		1146.92	63.06	00:12
Rango		120.31	7.01	00:01
Mediana		1075.08	60.96	00:12
Desviación típica		51.4	2.67	00:00
Límites de confianza		±63,71	±3,32	±00:00
Coefficiente de Variación		4.77%	4.44%	4.53%

El coeficiente de variación (CV) es una medida relativa de la distribución de un conjunto de datos con respecto a su media. Se expresa como porcentaje y permite comparar la variabilidad entre diferentes conjuntos de datos, independientemente de la unidad de medida. En la **Tabla 8** los coeficientes de variación de fuerza máxima, extensión y tiempo de rotura son 4.77 %, 4.44 % y 4.53 %, respectivamente. Un coeficiente de variación bajo indica una menor dispersión que el

promedio, por lo que indica una mayor consistencia de los resultados. En este contexto, los bajos coeficientes de variación de la fuerza máxima, la extensión y el tiempo de rotura indican una consistencia relativamente alta en el desempeño de las muestras de calcetines de nylon en estas mediciones.

3.1.4. Tabla general de resultados de la resistencia al estallido

A continuación, se exhiben las tablas detalladas y cuidadosamente elaboradas, segmentadas de acuerdo con el material de fabricación de los calcetines deportivos, que abordan aspectos cruciales como la fuerza máxima, la extensión y el tiempo de rotura. La **Tabla 9** presenta los resultados con respecto a la resistencia máxima de calcetines deportivos fabricados con diversos materiales, a saber, algodón, acrílico y nylon. La fuerza máxima se ha medido en Newtons (N), y en la tabla se muestran los datos de la media de fuerza máxima obtenidos para las muestras de cada material, en la misma se observa que las muestras elaboradas con hilo nylon presentan una fuerza máxima de 1076,61 N, superando significativamente a las muestras elaboradas con algodón y acrílico. Estos resultados subrayan la excepcional robustez y durabilidad de los calcetines de nylon en comparación con los calcetines de algodón y acrílico, reforzando así su rendimiento superior en términos de resistencia máxima.

Tabla 9

Tabla general de fuerza máxima

FUERZA MÁXIMA (N)			
Probetas	Algodón	Acrílico	Nylon
1	404.18	510.78	1075.08
2	414.22	440.58	1026.6
3	434.24	435.43	1146.92
4	408.73	467.92	1028.85
5	439.17	482.75	1105.58
Media	420.11	467.49	1076.61

Nota: La fuerza máxima está representada en Newton (N).

En la **Tabla 10** se detallan las extensiones de calcetines deportivos elaborados con diversos materiales, como algodón, acrílico y nylon, medidas en milímetros (mm). Las principales observaciones son las siguientes:

De acuerdo con la media de la extensión de los diferentes materiales reflejados, cabe señalar que las muestras elaboradas con hilo de algodón mostraron un notable alargamiento de 60.7 mm, superior al alargamiento observado en los calcetines de acrílico y nylon. Este resultado resalta la excepcional elasticidad de los calcetines de algodón en comparación con sus homólogos de acrílico y nylon, lo que demuestra su flexibilidad y durabilidad superiores en este aspecto particular.

Tabla 10

Tabla general de extensión

EXTENSIÓN (mm)			
Probetas	Algodón	Acrílico	Nylon
1	61.25	52.56	56.05
2	60.18	51.78	59.65
3	61.21	57.46	60.96
4	59.93	53.06	61.73
5	60.95	53.31	63.06
Media	60.7	53.63	60.29

Nota: La extensión está representada en milímetros (mm).

La **Tabla 11** presenta los tiempos de adaptación de calcetines de algodón, acrílico y nylon, medidos en segundos (s). Se observa que las muestras elaboradas con hilo de algodón y nylon; con un tiempo de 12 segundos tienen mayor resistencia al estallido, en relación con los calcetines de acrílico que tienen un tiempo medio de rotura de 10 segundos. Esto apunta a que los calcetines de algodón y nylon poseen una mayor resistencia al estallido en comparación con los de acrílico.

Tabla 11*Tabla general del tiempo de rotura*

Probeta	TIEMPO DE ROTURA (s)		
	Algodón	Acrílico	Nylon
1	00:12	00:10	00:11
2	00:13	00:10	00:11
3	00:12	00:11	00:12
4	00:12	00:10	00:12
5	00:12	00:10	00:12
Media	00:12	00:10	00:12

Nota: El tiempo de rotura está representada en segundos (s).

3.2. Discusión de resultados

3.2.1. Normalidad de datos obtenidos en laboratorio

Las pruebas de normalidad de datos se utilizan para determinar si una distribución de datos sigue una distribución normal o no. Esto es importante porque muchos procedimientos estadísticos suponen que los datos siguen una distribución normal y el uso de estos procedimientos que no siguen una distribución normal pueden generar resultados sesgados o inexactos, de acuerdo con (Sánchez, 2023).

Las pruebas realizadas se analizaron bajo el método de Jarque-Bera (p normal, en la **Figura 16**) también mayormente utilizado como Método JB; según indica Rico (2020) este se basa en examinar la asimetría y la curtosis de las distribuciones.

La prueba de normalidad JB muestra lo siguiente:

- Si $p < 0.05$ los datos tienen variabilidad.
- Si $p > 0.05$ los datos son normales.

Los valores cercanos a cero indican que los valores están distribuidos adecuadamente, y si están lejos de cero esto indica que se rechazará la hipótesis nula.

En la **Figura 16** se muestran los resultados de la normalidad de fuerza máxima. Indica que $p(\text{normal})$ es > 0.05 , es decir, los datos son cercanos a cero. Esto da como resultado una fiabilidad del 95% en las pruebas de resistencia al estallido de los diferentes materiales textiles empleados.

Figura 16

Normalidad de Fuerza Máxima

	ALGODÓN	ACRÍLICO	NYLON
N	5	5	5
Shapiro-Wilk W	0.882	0.9409	0.9179
p(normal)	0.3183	0.6725	0.5168
Anderson-Darling A	0.3495	0.2229	0.2601
p(normal)	0.3025	0.6563	0.5278
p(Monte Carlo)	0.337	0.7643	0.63
Lilliefors L	0.2465	0.2069	0.2236
p(normal)	0.4106	0.6888	0.5686
p(Monte Carlo)	0.4016	0.7175	0.5767
Jarque-Bera JB	0.6589	0.4123	0.4532
p(normal)	0.7193	0.8137	0.7973
p(Monte Carlo)	0.2932	0.6876	0.6234

En la **Figura 17** se presentan los resultados de la normalidad de la extensión. Señala que $p(\text{normal})$ es > 0.05 , es decir, los datos son cercanos a cero. Esto da como resultado una fiabilidad del 95% en las pruebas de resistencia al estallido de cada material textil empleado.

Figura 17*Normalidad de la Extensión*

	ALGODÓN	ACRÍLICO	NYLON
N	5	5	5
Shapiro-Wilk W	0.8518	0.796	0.9319
p(normal)	0.2002	0.07508	0.6097
Anderson-Darling A	0.4041	0.5809	0.2693
p(normal)	0.2074	0.06025	0.5088
p(Monte Carlo)	0.2334	0.0585	0.5902
Lilliefors L	0.2566	0.3581	0.2054
p(normal)	0.3482	0.03516	0.6993
p(Monte Carlo)	0.3514	0.0284	0.7219
Jarque-Bera JB	0.6901	1.272	0.565
p(normal)	0.7082	0.5293	0.7539
p(Monte Carlo)	0.2377	0.0438	0.4416

3.2.2. Análisis de la varianza

De acuerdo con De la Fuente (2019) el análisis de varianza es un método estadístico para determinar si diferentes conjuntos de muestras aleatorias de una variable determinada provienen de la misma población o de poblaciones diferentes. En general, cada conjunto de muestras se caracteriza por la exposición a un tratamiento particular que, en última instancia, puede influir en los valores tomados por la variable de interés.

Para comprender mejor los datos obtenidos en el software Past 4, sus abreviaturas y símbolos se definen a continuación:

- **N:** número de muestras
- **Min:** valor mínimo que alcanzan las muestras
- **Max:** valor máximo que alcanzan las muestras
- **Mean:** media de los valores de las muestras
- **Std. error:** error estándar del valor de la media

- **Variance:** varianza de las muestras
- **Stand. dev:** desviación estándar
- **Coeff. var:** coeficiente de variación

La **Figura 18** muestra la variación de la fuerza máxima de las pruebas de resistencia al estallido de los materiales de algodón, acrílico y nylon. Estos datos se determinaron en el software Past 4.

Figura 18

Varianza de la Fuerza Máxima

	ALGODÓN	ACRÍLICO	NYLON
N	5	5	5
Min	404.18	435.43	1026.6
Max	439.17	510.78	1146.92
Sum	2100.54	2337.46	5383.03
Mean	420.108	467.492	1076.606
Std. error	7.00322	13.89077	22.98599
Variance	245.2255	964.7671	2641.779
Stand. dev	15.65968	31.0607	51.39824
Median	414.22	467.92	1075.08
25 prcntil	406.455	438.005	1027.725
75 prcntil	436.705	496.765	1126.25
Mode	NA	NA	NA
Skewness	0.4373364	0.4479678	0.4234625
Kurtosis	-2.715237	-1.088037	-1.44412
Geom. mean	419.8759	466.6746	1075.631
Coeff. var	3.727536	6.644114	4.774099

La **Figura 19** demuestra la varianza de la extensión de las pruebas de resistencia al estallido en los materiales de algodón, acrílico y nylon. Estos datos fueron determinados a través del software Past 4.

La **Figura 18** y **Figura 19** presentan los resultados del análisis de varianza de los ensayos de resistencia al estallido. Al examinar la varianza de la fuerza máxima, se concluye que los calcetines de nylon tuvieron una resistencia de 1126.25 N, superando a las muestras de algodón

con 436.70 N y a las muestras de acrílico con 496.76 N. Estos datos sugieren claramente que las muestras elaboradas con nylon exhiben una durabilidad superior.

Figura 19

Varianza de la Extensión

	ALGODÓN	ACRÍLICO	NYLON
N	5	5	5
Min	59.93	51.78	56.05
Max	61.25	57.46	63.06
Sum	303.52	268.17	301.45
Mean	60.704	53.634	60.29
Std. error	0.272793	0.9915523	1.195462
Variance	0.37208	4.91588	7.14565
Stand. dev	0.6099836	2.217178	2.673135
Median	60.95	53.06	60.96
25 prcntil	60.055	52.17	57.85
75 prcntil	61.23	55.385	62.395
Mode	NA	NA	NA
Skewness	-0.5513941	1.841515	-1.133137
Kurtosis	-2.651485	3.76992	1.467641
Geom. mean	60.70154	53.5984	60.24157
Coeff. var	1.004849	4.133905	4.433795

En cuanto a la varianza de la extensión, se observa que los calcetines de nylon registraron un alargamiento de 62.39 mm en comparación con las muestras de algodón que alcanzaron 61.23 mm y las muestras de acrílico que registraron 55.38 mm. Esto muestra claramente que los ejemplares de nylon tienen mayor elasticidad.

3.2.3. Análisis e interpretación de resultados

Se utilizaron los programas Past 4 y Excel para analizar e interpretar los resultados utilizando los datos de fuerza máxima, extensión y tiempo de rotura para las muestras de algodón, acrílico y nylon presentados en la **Tabla 9**, **Tabla 10** y **Tabla 11** se obtuvieron del programa TestWise del equipo de laboratorio Dinamómetro Titán 5 en el que se realizaron ensayos de resistencia al estallido de muestras de calcetines.

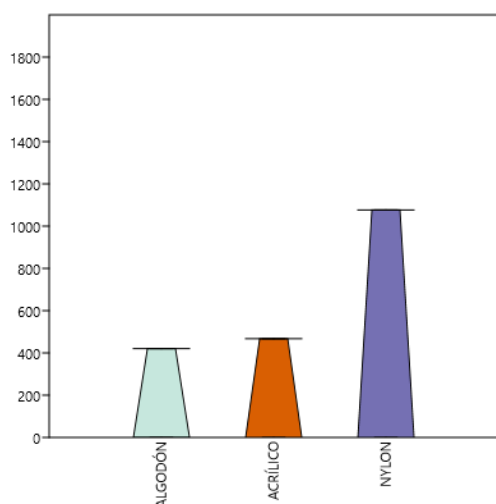
Con el objetivo de proporcionar una interpretación detallada y accesible de los resultados obtenidos, se presentan a continuación gráficos estadísticos que visualizan de manera integral las diversas métricas de la investigación.

- **Box Plot**

La **Tabla 9** indica los valores obtenidos de la fuerza máxima representada en Newtons, estos están representados en la **Figura 20**, se observan en las barras que las muestras de calcetines elaborados con nylon tienen mayor altura, en comparación con las de algodón y acrílico; esto da a entender que las muestras de nylon, al requerir más fuerza para llegar al punto del estallido, son más resistentes a este tipo de ensayos en el laboratorio. El hilo nylon presenta un 156.02% en relación con el algodón y con el acrílico un 130.11%. Entre el algodón y el acrílico, el algodón presenta un 11.29% de fuerza máxima mayor que el acrílico.

Figura 20

Fuerza máxima, Box Plot



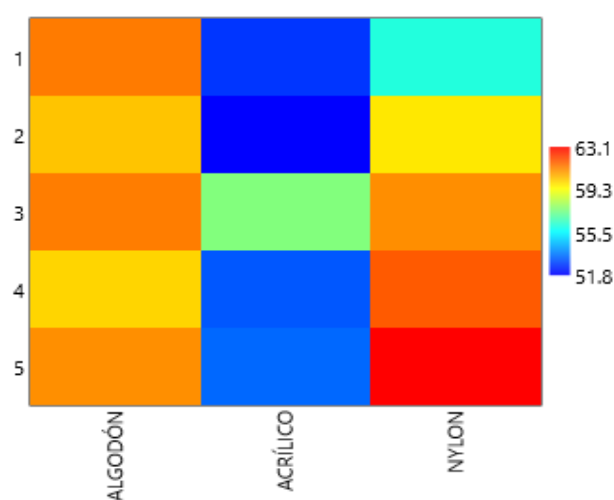
- **Matrix Plot**

Este tipo de gráfico estadístico señala una escala de color, que el valor más alto se torna de color rojo y el valor más bajo de tono azul, cambiando sus tonalidades dependiendo la variación

de los datos. En la **Figura 21** se representan los ejes “X” y “Y”. En el eje “X” están descritos los materiales utilizados para la prueba del estallido, en cambio, en el eje “Y” se indica el número de muestras (5). Además de la extensión máxima y mínima de las muestras de cada material. Observando en la figura, los valores oscilan desde 51.8 mm a 63.1 mm. Las muestras con una mayor extensión son las de algodón, por sus colores amarillo y naranja. El algodón frente al acrílico y al nylon presenta una extensión de 13.13% más; en cambio, en relación con el nylon frente al acrílico presenta una diferencia de extensión del 11.05%.

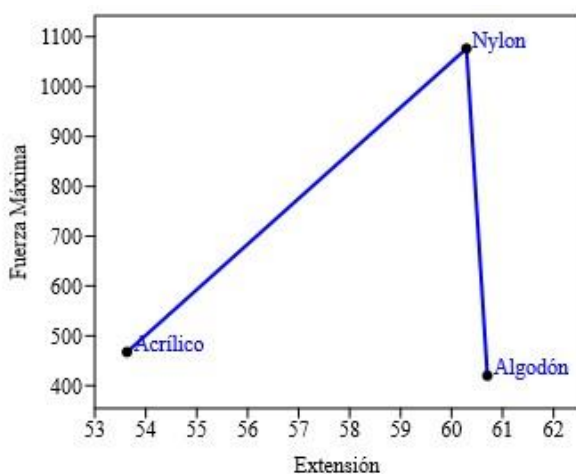
Figura 21

Extensión, Matrix Plot



- **Gráfico de líneas**

Los gráficos de líneas se componen de un rango continuo de números o nombres en el eje x, y de un valor numérico asociado en el eje y. El eje x de un gráfico de líneas muestra una variable continua, como el tiempo o la distancia, y dibuja una línea que visualiza el cambio de valores entre cada intervalo de tiempo o distancia consecutivos. Cada intervalo está marcado con un punto correspondiente a un valor numérico medido por el eje y.

Figura 22*Fuerza máxima y Extensión*

Al obtener los datos de las pruebas de resistencia al estallido realizadas a las muestras de los materiales textiles, se elaboró el gráfico estadístico de líneas visto en la **Figura 22**, en el eje “x” se indica la extensión representada en mm (milímetros), que van desde los 53.63 mm a 60.7 mm. Y, en el eje “y” se indica la fuerza máxima, misma que está representada en N (Newton), los valores oscilan desde 420.11 N hasta 1076.61 N. En la unión de los puntos de cada coordenada (extensión; fuerza máxima) de los materiales textiles, se logra identificar la media de las muestras de acrílico, estas tuvieron una menor fuerza al igual que la extensión. En cambio, los especímenes del material de nylon la resistencia aumentó significativamente al mismo tiempo que la extensión, pero menor al del algodón. Finalmente, el algodón obtuvo una mayor extensión, pero la resistencia bajó de una manera descomunal en relación con el nylon y en una minoría comparado con el acrílico.

En definitiva, se observa que las muestras acrílicas tienen menor resistencia y extensibilidad, mientras que las muestras de nylon muestran un aumento significativo en resistencia y extensibilidad. El algodón tiene mayor extensibilidad, pero una durabilidad mucho menor que el nylon.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El presente trabajo de titulación se enfocó en evaluar la resistencia al estallido de calcetines deportivos elaborados con distintos materiales, específicamente algodón, acrílico y nylon. A través de pruebas que analizaron el comportamiento a la extensión, fuerza máxima y tiempo de rotura de los materiales.

- A partir del desarrollo de muestras de calcetines deportivos de malla fina talla 10-12 con materiales básicos como: algodón, acrílico y nylon; en la máquina calcetera WEIHUAN WH-B con un diámetro de $3 \frac{3}{4}$ x 144 agujas se utilizó hilo de vanizado lycra de título 75 dTex para cada muestra. Esta investigación tiene implicaciones significativas al demostrar que el diseño, disposición de hilos de la máquina de calcetines y su calibración se mantienen constantes durante la producción de muestras deportivas.
- Las pruebas de resistencia al estallido de calcetines deportivos tipo liso se realizaron con el equipo Dinamómetro Titán 5, mismo que cuenta con el programa TestWise, y según las indicaciones y parámetros de la norma ASTM D 3787; se calibró equipo y las muestras fueron cortadas en dimensiones de 125 mm x 125 mm, también fueron debidamente acondicionadas acorde al estándar y en requerimientos del ensayo. La combinación de estos datos con el análisis del software Past 4 proporciona una vista estadística detallada que facilita la comparación entre los diferentes materiales evaluados. Esta integración de mediciones rigurosas y análisis estadísticos permite una evaluación comparativa

integral y proporciona información valiosa sobre las propiedades y el rendimiento de cada material al ser expuestos a actividades deportivas.

- Los resultados obtenidos de las pruebas de resistencia al estallido según la norma ASTM D 3787, realizadas en muestras de diferentes materiales se analizaron con el software Past 4 y se obtuvo lo siguiente:

Fuerza máxima de calcetines. Los calcetines de nylon tienen una mayor resistencia a la prueba del estallido, por ser una fibra sintética, con una fuerza máxima promedio de 1076,61 N, superando significativamente al algodón (420,11 N) y al acrílico (467,49 N). Esto representa un aumento del 156.02% respecto al algodón y del 130.11% con relación al acrílico. El algodón exhibe una resistencia del 11.29% superior en comparación con el acrílico.

Extensión y tiempo de rotura de calcetines. En términos de extensión, el algodón proporcionó el mayor alargamiento promedio con 60,7 mm, seguido del nylon con 60,29 mm y el acrílico con 53,63 mm. La diferencia de elasticidad entre estos materiales indica la flexibilidad superior del algodón. Y en cuanto al tiempo de rotura, este va de la mano con la extensión; los calcetines de algodón y nylon muestran un tiempo de ruptura promedio de 12 segundos, mientras que los calcetines acrílicos tienen un tiempo de rotura de 10 segundos. Estos datos nos ayudan a determinar que el algodón y el nylon tienen mayor extensión previo a la rotura, en comparación con el acrílico.

- En el análisis de los resultados de la prueba de resistencia al estallido utilizando el software Past 4, se encontró que el p normal asociado con las pruebas de normalidad fue superior a 0.05, lo que indica que tanto la fuerza máxima como la extensión de los datos cumplen con una distribución normal. Esta validez técnica es esencial para

asegurar que la información proporcionada refleja con precisión las propiedades y el rendimiento de los materiales evaluados. Además, también ayudó a crear bases confiables para futuras investigaciones y aplicaciones en el ámbito textil, específicamente en el área de calcetería.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los fabricantes de calcetines deportivos que consideren el uso del hilo de nylon cuando produzcan calcetas que requieran una alta resistencia al estallido, especialmente durante actividades deportivas de alta intensidad. Ya que este material posee propiedades mecánicas, que incluyen una mayor resistencia y elasticidad.
- Este trabajo de investigación es de gran importancia para la industria textil, especialmente en el campo de los calcetines deportivos. Al comprender mejor las propiedades mecánicas de los diferentes materiales y su impacto en la resistencia al estallido, los fabricantes pueden tomar decisiones más informadas en la selección de materiales y los procesos de fabricación. Esto no sólo mejora la calidad y durabilidad de los productos, sino que también contribuye al desarrollo económico del país, permitiendo que los productos nacionales sean más competitivos en el mercado mundial.
- La investigación en esta área apoya la sostenibilidad industrial y tecnológica al promover el uso de materiales y procesos que optimicen los recursos y minimicen el impacto ambiental. Así, esta investigación no sólo beneficia a la industria textil, sino que también tiene un impacto positivo en los consumidores y en la economía en su conjunto.

- Seguir los pasos necesarios para obtener los especímenes de cada material en la máquina calcetera de acuerdo con los parámetros dictados por la norma ASTM-D 3787, como la medida que se deben cortar cada una de las muestras, el acondicionamiento de estas y la ubicación correcta de los especímenes en las placas circulares y las mismas en las mordazas correspondientes al dinamómetro para impedir los deslizamientos de las muestras, falsas lecturas en el programa TestWise y en consecuencia un mal análisis de resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaa Arafa Badr. (2018). Anti-microbial and durability characteristics of socks made of cotton and regenerated cellulosic fibers. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 3367–3373.
<https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.11.015>
- Almogbel, Y., Aldawsari, A., Alharbi, M., Althobaiti, F., & Almutairi, S. (2019). Effect of yarn twist level and knitting machine gauge on mechanical properties of sports socks. *Textile Research Journal*, 18. <https://www.mdpi.com/2079-6412/9/6/311>
- Alonso, A., García, L., León, I., García, E., Gil, B., & Ríos, L. (2020). Métodos de investigación de enfoque experimental. *Metodología de La Investigación Educativa*.
<http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/Experimental.pdf>
- ASTM. (2020). Standard Test Method for Bursting Strength of Textiles — Constant-Rate-of-Traverse (CRT) Ball Burst Test 1. In *Annual Book of ASTM Standards: Vol. 07.01*.
<https://www.astm.org/d3787-16r20.html>
- Chicharro, E., Gijón, G., Sánchez, R., & Martínez, A. (2022). The influence of sock composition on the appearance of foot blisters in hikers. *Journal of Tissue Viability*, 31(2), 315–318.
<https://doi.org/10.1016/j.jtv.2022.02.002>
- Chowdhary, U., Adnan, M. M., & Cheng, C.-I. (2018, February). Bursting Strength and Extension for Jersey, Interlock and Pique Knits. *Trends in Textile Engineering & Fashion Technology*, 1(2), 19–27. <https://doi.org/10.31031/tteft.2018.01.000506>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.
<https://doi.org/10.1075/ttwia.40.16bee>

- Cortez, E., Becerril, I., Méndez, A., Cortés, J., & Cortés, M. (2020). *Caracterización de tejido de punto inglés e italiano mediante pruebas de resistencia al estallido*.
<https://www.esfm.ipn.mx/assets/files/esfm/docs/RNAFM/articulos-2020/XXVRNAFM026.pdf>
- CottonWorks. (2023a). *Fundamentos del tejido de calcetas*.
<https://cottonworks.com/es/temas/fuente-fabricacion/produccion-prendas-de-vestir/fundamentos-tejido-calcetas/?highlight=calcetas>
- CottonWorks. (2023b). *Fundamentos del tejido de punto*.
<https://cottonworks.com/es/temas/fuente-fabricacion/tejido-de-punto/fundamentos-tejido-de-punto/>
- CraftsBliss. (2021). *Can you knit socks with cotton yarn?* <https://craftsbliss.com/knit-socks-with-cotton-yarn/>
- Cüreklibatır Encan, B., & Marmaralı, A. (2022). Effect of yarn type on performance of diabetic socks. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 47(3), 290–295.
<https://doi.org/10.56042/ijftr.v47i3.49041>
- De la Fuente, S. (2019). *Modelos De Análisis De La Varianza*. Universidad Autónoma de Madrid.
<http://www.estadistica.net/ECONOMETRIA/ANALISIS-VARIANZA/analisis-varianza.pdf>
- Değirmenci, Z., & Çoruh, E. (2017). The influences of loop length and raw material on bursting strength air permeability and physical characteristics of single jersey knitted fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 12(1), 43–49.
<https://doi.org/10.1177/155892501701200105>

- Ertugrul, S., & Ucar, N. (2000). *Predicting bursting strength of cotton plain knitted fabrics using intelligent techniques*. 70(10). <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/004051750007001001>
- Fanyuan Instrument. (2024). *Prueba de resistencia al estallido y equipos relacionados*. <https://fyitester.com/es/probador-de-resistencia-al-estallido/>
- Gester. (2021). *¿Qué es la prueba de resistencia al estallido textil?* https://es.gester-instruments.com/what-is-the-textile-burst-strength-test_n243
- Google Maps. (2023). *Ubicación de la Planta Académica Textil*. <https://www.google.com/maps/@0.3785072,-78.1230166,18z?entry=ttu>
- Granados, D., Vargas, F., Arévalo, A., Muñiz, G., & Díaz, S. (2019). *Calcetines de Bambú* [Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3f202025-d056-4d27-9aa3-e3b1e658a6a2/content>
- Guignier, C., Camillieri, B., Schmid, M., Rossi, R. M., & Bueno, M.-A. (2019). E-Knitted textile with polymer optical fibers for friction and pressure monitoring in socks. *Sensors (Switzerland)*, 19(13), 31–33. <https://doi.org/10.3390/s19133011>
- Hussain, T., Safdar, F., Nazir, A., & Iqbal, K. (2013). Optimizing the shrinkage and bursting strength of knitted fabrics after resin finishing. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 35(6), 1451–1456. https://www.researchgate.net/publication/259885295_Optimizing_the_Shrinkage_and_Bursting_Strength_of_Knitted_Fabrics_after_Resin_Finishing#fullTextFileContent
- Islam, A., Billal Hossain, M., Haq, E., Saber Shravan, A., & Rahman, A. (2022). Factors

- Influencing Bursting Strength of Single Jersey Knitted Fabrics. *European Scientific Journal, ESJ*, 18(36), 68. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p68>
- James Heal. (2021). *Wascator*. <https://www.jamesheal.com/es/instrument/wascator>
- Kırcı, F., Karamanlargil, E., Duru, S. C., Nergis, B., & Candan, C. (2021). Comfort Properties of Medical Compression Stockings from Biodesigned and Cotton Fibers. *Fibers and Polymers*, 22(10), 2929–2936. <https://doi.org/10.1007/s12221-021-0615-8>
- Knitgrammer. (2022). *Best summer sock yarns*. <https://www.knitgrammer.com/blog/best-summer-sock-yarn/>
- Lafayette. (2019). *¿Conoces los tipo de tejidos existentes?* <https://lafayette.com/conoces-los-tipos-de-tejido-existentes/>
- Li, W., Liu, X. D., Cai, Z. B., Zheng, J., & Zhou, Z. R. (2011). *Effect of prosthetic socks on the frictional properties of residual limb skin*. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2011.05.032>
- Mansoor, T., Hes, L., & Bajzik, V. (2021). A New Approach for Thermal Resistance Prediction of Different Composition Plain Socks in Wet State (Part 2). *Autex Research Journal*, 21(2). <https://doi.org/10.2478/aut-2019-0070>
- Mavruz, S., & Ogulata, R. T. (2010). Taguchi approach for the optimisation of the bursting strength of knitted fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 18(2), 78–83. https://www.researchgate.net/profile/Tugrul-Ogulata/publication/229041869_Taguchi_Approach_for_the_Optimisation_of_the_Bursting_Strength_of_Knitted_Fabrics/links/541937480cf2218008bf556e/Taguchi-Approach-for-the-Optimisation-of-the-Bursting-Strength-of-Kn

- Mehedi Hashan, M., Faridul Hasan, K. M., Fazle Rabbi Khandaker, M., Ch Karmaker, K., Deng, Z., & Jamil Zilani, M. (2017). Functional properties improvement of socks items using different types of yarn. *International Journal of Textile Science*, 2017(2), 34–42. <https://doi.org/10.5923/j.textile.20170602.02>
- Mishra, R., Jamshaid, H., Yosfani, S. H. S., Hussain, U., Nadeem, M., Petru, M., Tichy, M., & Muller, M. (2021). Thermo physiological comfort of single jersey knitted fabric derivatives. *Fashion and Textiles*, 8(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40691-021-00266-5>
- Mobarak Hossain, M., Haque, F., Banik, J., & Shohel Rana, A. (2018). Factors of Weft Knitted Fabrics Related to the Bursting Strength. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 9(4). <http://www.ijser.org>
- Moreta, M. (2019, May 28). *La innovación llegó al calcetín*. <https://www.revistalideres.ec/lideres/innovacion-calcetin-industria-medicina-productos.html>
- Ortega, C. (2021). *Análisis comparativo: Qué es y cómo se realiza*. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-comparativo/#:~:text=El análisis comparativo es una,explicación de diferencias o semejanzas.>
- Ortega, C. (2022). *Investigación analítica: Qué es , importancia y ejemplos*. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-analitica/>
- Ortiz, É. (2019). *Reducción de la materia prima solicitada en adicionales para mejorar la eficiencia del salón de tejido de calcetines CRYSTAL S.A.S*. [Universidad de Antioquia]. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/12163/3/OrtizElida_2019_ReducccionMateriaPrima.pdf

- Özbayrak, N., & Kavuşturan, Y. (2009). *The effects of inlay yarn amount and yarn count on extensibility and bursting strength of compression stockings*. 102–107. https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/23130/2/Özbayrak_Kavuşturan_2009.pdf
- Paesano, C. (2021). Tejidos De Punto. *Escuela Raggio*, 9. [http://www.escuelaraggio.edu.ar/pagina-de-practicos-2021/TPS/4/indu-4/tej-punto/TP 4.pdf](http://www.escuelaraggio.edu.ar/pagina-de-practicos-2021/TPS/4/indu-4/tej-punto/TP%204.pdf)
- Predrag, T., Dušan, T., & Jelka, G. (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>
- Rico, V. (2020). *Test de Normalidad Jarque-Bera en R*. Finanzas Cuantitativas En Español. <https://ricovictor.com/index.php/2020/11/21/test-de-normalidad-jarque-bera-en-r/>
- Ruiz, L. (2019). *Investigación Experimental*. 1–14. <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Investigación-experimental.pdf>
- Sánchez, C. A. (2023). Las pruebas de normalidad Introducción. *Research Gate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23329.48483>
- Shishoo, R. (2015). *Textiles for Sportswear* (Woodhead Publishing Series in Textiles (ed.)). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-229-7.00001-1>
- Smith, J., & Pitts, N. (1883). Selecting Socks. *Extension Fact Sheet*, May, 1–4. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.168.5602&rep=rep1&type=pdf>
- Solmartex. (2021). *WeiHuan*. <https://www.solmartex.com/weihuan>
- Tantawy, S. A. El, El-hady, R. A. M. A., & Qandeel, A. M. M. S. (2020). *The influence of sports socks structures on its functional properties*. 9(1), 1–10. <http://www.ajer.org/papers/Vol-9->

issue-1/A09010110.pdf

Tasić, P., Trajković, D., & Geršak, J. (2023). *Influence of structural and constructional parameters of knitted fabrics on the thermal properties of men's socks.*

[https://doiserbia.nb.rs/img/doi/0367-598X/2023 OnLine-First/0367-598X2300004T.pdf](https://doiserbia.nb.rs/img/doi/0367-598X/2023%20OnLine-First/0367-598X2300004T.pdf)

Tomljenović, A., Živičnjak, J., & Mihaljević, I. (2023). *Usage durability and comfort properties of socks made from differently spun modal and micro modal yarns.* 1–27.

<https://doi.org/10.3390/ma16041684>

Universidad De La República Uruguay. (2020). *Etapas de la investigación bibliográfica.*

<https://www.fenf.edu.uy/wp-content/uploads/2020/12/14dediciembrede2020Etapasdelainvestigacionbibliografica-1.pdf>

Universidad Técnica del Norte. (2020). *Breve descripción de los equipos disponibles en los laboratorios de la Carrera de Textiles.*

<https://textiles.utn.edu.ec/wp-content/uploads/2020/11/3.-ANEXO-ESPECIFICACIONES-DE-LOS-EQUIPOS-DE-LABORATORIO.pdf>

UTN. (2022). *Universidad Técnica del Norte.* <https://contabilidad.utn.edu.ec/wp-content/uploads/2013/05/Lineas-de-Investigación-UTN.pdf>

Uyanik, S., Degirmenci, Z., Topalbekiroglu, M., & Geyik, F. (2016). Examining the relation between the number and location of tuck stitches and bursting strength in circular knitted fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 24(1), 114–119.

<https://doi.org/10.5604/12303666.1170266>

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de Laboratorio

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



Ibarra, 23 de enero del 2024

CERTIFICADO DE LABORATORIO

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

CERTIFICO

Que la señorita **Joudee Irene Rojas Copara**, portadora de la cédula de ciudadanía N° 1752383339, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA AL ESTALLIDO DE CALCETINES DEPORTIVOS TIPO LISO EN MATERIALES DE FONDO ALGODÓN, ACRÍLICO Y NYLON”**, los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **MÁQUINA CALCETERA WEIHUAN WH-B**
- **DINAMÓMETRO TITAN 5 MODELO 1410- ASTM D 3787-01: Método estándar para la resistencia al estallido en textiles. Método de bola de acero.**

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

Atentamente:



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

Anexo 3

Fabricación de calcetines deportivos



Anexo 4

Pruebas en el equipo Dinamómetro Titán 5

