



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN

CURRICULAR, MODALIDAD PRESENCIAL

TEMA:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y A LA ABRASIÓN, EN TEJIDO JERSEY TERMINADO EN ALGODÓN 100% Y MEZCLA BAMBÚ/ALGODÓN 70/30 FABRICADOS CON TÍTULO 20/1 Ne”

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

Línea de investigación: Producción industrial y tecnológica sostenible

Autor: Cruz Vivanco Anthony Stalin

Director: MSc. Esparza Encalada Darwin José

Ibarra, 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:		230049496-6	
APELLIDOS Y NOMBRES:		Cruz Vivanco Anthony Stalin	
DIRECCIÓN:		Santo Domingo, Av. Tsáchila y Río Upano	
EMAIL:		ascruzvl@utn.edu.ec ; stalin.artevivo98@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL:	098 875 4411

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y A LA ABRASIÓN, EN TEJIDO JERSEY TERMINADO EN ALGODÓN 100% Y MEZCLA BAMBÚ/ALGODÓN 70/30 FABRICADOS CON TÍTULO 20/1 Ne.
AUTOR:	Cruz Vivanco Anthony Stalin
FECHA:	10-04-2024
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Textil
DIRECTOR:	MSc. Esparza Encalada Darwin José

CONSTANCIAS

El (los) autor (es) manifiesta (n) 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 (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días, del mes de abril de 2024

EL AUTOR:

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Anthony Cruz", written over a horizontal line.

Nombre: Cruz Vivanco Anthony Stalin

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 04 de abril de 2024

MSc. Esparza Encalada Darwin José

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.



DARWIN JOSE ESPARZA
ENCALADA

(f): _____

MSc. Darwin José Esparza Encalada

C.C.: 100158457-0

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular “**ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y A LA ABRASIÓN, EN TEJIDO JERSEY TERMINADO EN ALGODÓN 100% Y MEZCLA BAMBÚ/ALGODÓN 70/30 FABRICADOS CON TÍTULO 20/1 Ne**” elaborado por Cruz Vivanco Anthony Stalin, previo a la obtención del título de Ingeniero Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte.



Firmado digitalmente por
DARWIN JOSE ESPARZA
ENCALADA

(f): _____

MSc. Esparza Encalada Darwin José

C.C.: 100158457-0



Firmado digitalmente por
ELVIS RAUL RAMIREZ
ENCALADA

(f): _____

MSc. Ramírez Encalada Elvis Raúl

C.C.: 100145897-3

WILSON ADRIAN
HERRERA
VILLARREAL

Firmado digitalmente
por WILSON ADRIAN
HERRERA VILLARREAL
Fecha: 2024.04.04
19:25:21 -05'00'

(f): _____

MSc. Herrera Villarreal Wilson Adrián

C.C.: 100286804-8

DEDICATORIA

El actual trabajo es dedicado a mi madre Ruht Dianita quien ha sido partícipe de cada alegría, de cada esfuerzo, con sus inagotables ganas de vivir y sus enseñanzas para servir a los demás, y a mi progenitor Filomentor Anaximandro, hombre de letras, de libros, de ciencia infinita, gracias a quien adquirí mi amor por los secretos del Universo.

A Ena, mi ángel, quien me ha acompañado en este camino.

A mis queridas tías Anita, Cesilia y Dioselina quienes siempre han sido como una luz al final del túnel y quienes siempre han confiado en mí.

Anthony Stalin Cruz Vivanco

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas y amigos/as que formaron parte de mi proceso académico y al desarrollo de esta inolvidable etapa.

Al MSc. Darwin Esparza por el apoyo brindado en el desarrollo del presente trabajo, también al MSc. Omar Godoy por sus auditorías en el transcurso de la elaboración de la tesis, pero principalmente por ver en mí una gran persona y un profesional de alto valor, de la prestigiosa Universidad Técnica del Norte.

A todo el factor docente y técnico pedagógico de la distinguida Carrera de Textiles y en especial a la Universidad Técnica del Norte, por la preparación y el apoyo recibido a lo largo de todo el trayecto académico.

Anthony Stalin Cruz Vivanco

RESUMEN

El actual consumo de algodón en el mundo va en aumento debido a la moda rápida, por parte de la industria textil. El bambú se presenta como una alternativa sustentable para reemplazar al algodón, ya que este posee características interesantes en cuanto a su índice de crecimiento y por consiguiente convierte al proceso de producción de hilos, tejidos y productos textiles de bambú en una posible solución con menor impacto ambiental.

El análisis comparativo fue realizado bajo las normas ISO 13934-1 (ensayo Dinamómetro) para la tracción e ISO 12947-2 (ensayo Martindale) para la abrasión. Ambos tejidos de punto jersey simple fueron sometidos bajo los mismos parámetros iniciales, y condiciones similares en cuanto a gramaje, densidad, tipo de puntada e incluso título de hilo, para que el análisis comparativo tenga validez experimental.

Se demostró que la muestra algodón 100% y bambú/algodón 70/30% poseen una alta equivalencia en cuanto a su resistencia a la tracción, obteniendo valores promedios cercanos en sus variables de fuerza máxima (N) y elongación a la fuerza máxima (%), en su sentido longitudinal y transversal. Sin embargo, el tejido algodón 100% se mantuvo entre 0.79% - 10.38% más resistente.

En cuanto a la comparativa de resistencia a la abrasión, el tejido de punto bambú/algodón 70/30% precisó un 114,3% mayor resistencia a la abrasión que la muestra algodón 100%, este resultado permitió obtener valores de correlación y una comparativa de alta relevancia académica.

Los resultados obtenidos fueron analizados con el software estadístico Past 4, obteniendo una confiabilidad del 95% según el método de dispersión Jaque-Bera, por consiguiente, se obtuvo una apreciación de que los datos son confiables ($p > 0,05$).

Palabras clave: resistencia, abrasión, tracción, bambú, algodón, comparativo.

ABSTRACT

The current global cotton consumption is on the rise due to fast fashion trends in the textile industry. Bamboo emerges as a sustainable alternative to replace cotton, given its compelling features such as rapid growth, making bamboo thread, fabrics, and textile products a potential solution with reduced environmental impact.

Comparative analysis was conducted following ISO 13934-1 standards (Dynastat Test) for tensile strength and ISO 12947-2 standards (Martindale Test) for abrasion. Both single jersey knit fabrics were subjected to identical initial parameters and similar conditions regarding weight, density, stitch type, and yarn count to ensure the experimental validity of the comparative analysis.

It has been demonstrated that 100% cotton and 70/30% bamboo/cotton samples exhibit high equivalence in terms of their tensile strength, yielding average values close in their maximum force (N) and elongation at maximum force (%) variables, both longitudinally and transversely. However, the 100% cotton fabric remained between 0.79% - 10.38% more resistant.

Regarding abrasion resistance, the 70/30% bamboo/cotton knit fabric showed a 114.3% greater resistance to abrasion than the 100% cotton sample. This outcome led to the derivation of correlation values and academically relevant comparisons.

The obtained results were analyzed using the statistical software Past 4, ensuring a 95% reliability according to the Jaque-Bera dispersion method. Consequently, an appreciation for the reliability of the data ($p > 0.05$) was established.

Keywords: resistance, abrasion, tensile strength, bamboo, cotton, comparative.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Descripción del tema.....	2
Antecedentes	2
Importancia del estudio.....	4
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos	5
Características del sitio de proyecto	5
CAPÍTULO I	7
1. ESTADO DEL ARTE.....	7
1.1 Estudios previos	7
1.2 Marco conceptual.....	11
1.2.1 Bambú	11
1.2.4 El algodón	21
1.2.5 Tejido de punto	25
1.2.6 Tejido Jersey	27
1.2.7 Resistencia a la tracción.....	29
1.2.8 Resistencia a la abrasión	32
1.3 Marco legal	33

1.3.1 Constitución de la república del Ecuador	33
CAPÍTULO II	35
2. METODOLOGÍA	35
2.1 Tipos de Investigación	36
2.1.1 Enfoque de la investigación.....	36
2.1.2 Método de investigación.....	37
2.1.3 Técnica de investigación.....	38
2.2 Normas de referencia	39
2.2.1 ISO 12947-2 Determinación de la resistencia a la abrasión de los tejidos	39
2.2.2 ISO 13934-1 Propiedades de los tejidos frente a la tracción	40
2.3 Flujogramas.....	40
2.3.1 Flujograma general	40
2.3.2 Flujograma muestral	41
2.4 Equipos y materiales	43
2.5 Procedimiento	44
2.5.1 Caracterización de los tejidos de muestra.....	44
2.5.2 Selección de las muestras.....	46
2.5.3 Selección de muestras y probetas de tejido jersey mezcla bambú/algodón.....	47
2.6 Metodología de campo.....	48
2.6.1 Preparación de muestras para ensayos.....	50

CAPÍTULO III	58
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
3.1 Resultados.....	58
3.1.1 Resistencia a la tracción.....	58
3.1.2 Resistencia a la abrasión.....	68
3.1.3 Análisis de resultados.....	70
3.1.4 Normalidad de datos.....	71
3.1.5 Análisis de la varianza.....	74
3.2 Discusión de resultados.....	76
3.2.1 Evaluación de resistencia a la tracción.....	77
3.2.2 Evaluación de resistencia a la abrasión.....	84
3.2.3 Evaluación general de resistencia a la tracción y abrasión.....	87
CAPÍTULO IV	90
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
4.1 Conclusiones.....	90
4.2 Recomendaciones.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Taxonomía del Bambú</i>	14
Tabla 2 <i>Composición Química del Bambú</i>	16
Tabla 3 <i>Composición Algodón</i>	23
Tabla 4 <i>Equipos de ensayos</i>	43
Tabla 5 <i>Caracterización General tejidos muestra</i>	44
Tabla 6 <i>Caracterización Título de Hilos Tejidos muestra ASTM D 1059-76</i>	45
Tabla 7 <i>Ficha informativa para la evaluación de la resistencia a la tracción</i>	59
Tabla 8 <i>Resultados evaluación de la resistencia a la tracción longitudinal CO 100%</i>	61
Tabla 9 <i>Resultados evaluación de la resistencia a la tracción transversal CO 100%</i>	62
Tabla 10 <i>Resultados evaluación resistencia a la tracción longitudinal BA/CO 70/30%</i>	63
Tabla 11 <i>Resultados evaluación de resistencia a la tracción transversal BA/CO 70/30%</i>	64
Tabla 12 <i>Ficha informativa para evaluación de resistencia a la abrasión</i>	68
Tabla 13 <i>Resultados de la evaluación de resistencia a la abrasión CO 100%</i>	69
Tabla 14 <i>Resultados de la evaluación de resistencia a la abrasión BA/CO 70/30%</i>	70
Tabla 15 <i>Resultado general de resistencia a la tracción CO 100% Y BA/CO 70/30%</i>	77
Tabla 16 <i>Resultado general resistencia a la abrasión CO 100% y BA/CO 70/30%</i>	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación Laboratorio CTEX</i>	6
Figura 2 <i>Resistencia específica Bambú Guadua y Mosso</i>	10
Figura 3 <i>Fotografía SEM rayón de bambú (8000x)</i>	12
Figura 4 <i>Fotografía SEM rayón de bambú con nanopartículas de CU</i>	12
Figura 5 <i>Morfología del bambú</i>	14
Figura 6 <i>Morfología tallo de bambú</i>	15
Figura 7 <i>Representación esquemática de la célula de bambú</i>	17
Figura 8 <i>Relación Lignina - Celulosa</i>	18
Figura 9 <i>Composición visual celulosa, hemicelulosa y lignina</i>	19
Figura 10 <i>Proceso obtención fibra de bambú</i>	20
Figura 11 <i>Estructura fibra algodón</i>	22
Figura 12 <i>Influencia Longitud de fibra - Tenacidad</i>	24
Figura 13 <i>Dirección pasadas y columnas</i>	25
Figura 14 <i>Relación puntos flotantes y longitud de bucle</i>	27
Figura 15 <i>Derecho y revés tejido jersey</i>	28
Figura 16 <i>Diseño de levas y disposición de agujas</i>	29
Figura 17 <i>Propiedades mecánicas de resistencias</i>	30
Figura 18 <i>Curva Carga - Alargamiento</i>	31
Figura 19 <i>Trabajo y carga de rotura</i>	32
Figura 20 <i>Principales factores del pilling</i>	33
Figura 21 <i>Flujograma general</i>	41
Figura 22 <i>Flujograma muestral</i>	42

Figura 23	<i>Selección muestras single jersey 100% CO</i>	46
Figura 24	<i>Selección muestras single jersey bambú/algodón 70/30%</i>	47
Figura 25	<i>Método evaluación resistencia a la tracción</i>	48
Figura 26	<i>Método evaluación resistencia a la abrasión</i>	49
Figura 27	<i>Evaluación general de resistencia a la tracción y abrasión</i>	50
Figura 28	<i>Corte probetas algodón 100% y mezcla bambú/algodón 70/30%</i>	51
Figura 29	<i>Preparación y ajuste equipo Dinamómetro</i>	51
Figura 30	<i>Configuración software Dinamómetro</i>	52
Figura 31	<i>Carga de probetas Dinamómetro</i>	52
Figura 32	<i>Inicio ensayo resistencia a la tracción</i>	53
Figura 33	<i>Selección de pesas Martindale</i>	54
Figura 34	<i>Troquelado testigos base</i>	54
Figura 35	<i>Ajuste testigos base</i>	55
Figura 36	<i>Probetas muestras de tejidos</i>	55
Figura 37	<i>Probetas esponja base</i>	56
Figura 38	<i>Ajuste de probetas en armazón</i>	56
Figura 39	<i>Probetas fijadas en armazón</i>	57
Figura 40	<i>Probetas ajustadas e inicio de ensayo abrasión</i>	57
Figura 41	<i>Gráfica resistencia a la tracción (N) CO 100% y BA/CO /70/30%</i>	65
Figura 42	<i>Elongación a la fuerza máxima (%) CO 100% y BA/CO /70/30%</i>	66
Figura 43	<i>Distribución normal tracción y abrasión BA/CO 70/30%</i>	71
Figura 44	<i>Distribución normal tracción y abrasión CO 100%</i>	73
Figura 45	<i>Análisis varianza tracción y abrasión muestra CO 100%</i>	74

Figura 46	<i>Análisis varianza tracción y abrasión muestra BA/CO 70/30%</i>	75
Figura 47	<i>Comparativa porcentual resistencia a la tracción</i>	78
Figura 48	<i>Gráfica comparativa resistencia tracción CO 100% Y BA/CO 70/30%</i>	80
Figura 49	<i>Gráfica variación resistencia a la tracción</i>	83
Figura 50	<i>Gráfica general resistencia a la abrasión CO 100% Y BA/CO 70/30%</i>	85
Figura 51	<i>Gráfica variación ciclos de abrasión</i>	87
Figura 52	<i>Evaluación general tracción y abrasión</i>	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	<i>Certificado Uso Laboratorio</i>	99
Anexo 2	<i>Certificado composición tejido bambú/algodón</i>	100
Anexo 3	<i>Certificado OEKO TEX</i>	101
Anexo 4	<i>Ficha Técnica muestra single jersey algodón 100%</i>	102
Anexo 5	<i>Muestras single jersey algodón 100% y bambú/algodón 70/30%</i>	102
Anexo 6	<i>Dinamómetro Titán 5 y equipo Martindale</i>	103
Anexo 7	<i>Análisis cualitativo microscopía tejidos muestra</i>	103
Anexo 8	<i>Ensayo dinamometría algodón 100%</i>	104
Anexo 9	<i>Ensayo dinamometría bambú/algodón 70/30%</i>	104
Anexo 10	<i>Norma ASTM D 1059-76</i>	105

INTRODUCCIÓN

Las fibras de bambú han sido más comercializadas en la última década, desde que empezó su producción para fines textiles, aunque existe la tecnología para obtener su celulosa desde hace varias décadas, la producción industrial y sus aplicaciones en el segmento textil se veían limitadas geográficamente; ya que pocos países tienen la predisposición y la tecnología necesaria para ser relevante en el área de los textiles de Bambú.

A su vez, más de 20 millones de toneladas de algodón son comerciados y desechados cada año. Por lo cual, en este sentido, el bambú para fines textiles por su parte ha demostrado un mayor crecimiento de uso, producción y ventas globales, en comparación con los últimos años. (Soler, 2017). Debido a múltiples propiedades recientemente exploradas como su textura, características antibacterianas, comodidad, transpirabilidad y caída natural.

Se intenta reemplazar al algodón debido a la enorme cantidad de pesticidas que se emplean desde su siembra hasta la cosecha, además de su abrupto consumo de recursos hídricos (FAO, 2023). Aunque se promueve el empleo de productos agroecológicos, aún existe una latente preocupación por organismos internacionales.

Hoy en día potencias mundiales en el área textil como China, India y Bangladesh, no solo están aumentando el consumo de productos y prendas de vestir obtenidos a partir de celulosa de bambú, sino que también tienen una amplia oferta considerable que cada vez se populariza más (Jurado & Chávez, 2020). Entre las mezclas más comunes en el mercado se encuentran: telas de bambú 100%, mezcla bambú/algodón, bambú/poliéster, bambú/poliéster/lycra e incluso bambú/lycra.

Descripción del tema

El presente trabajo bibliográfico, experimental y comparativo entre tejidos jersey 100% algodón y mezcla bambú/algodón pretende identificar la caracterización de ambos especímenes de tejido de punto jersey, en cuanto a su similitud o diferencia, en su comportamiento de resistencia a la tracción (ISO 13934-1) y resistencia a la abrasión (ISO 12947-2).

Ambos tejidos analizados, tanto el algodón como la mezcla bambú/algodón han sido cuidadosamente seleccionados, con valores similares en cuanto a su estructura de tejido (columnas y pasadas) además de su titulación de hilos y finalmente una alta equivalencia en cuanto a su gramaje (99.5%).

Los resultados de esta investigación permitirán obtener un panorama más amplio sobre la resistencia a la abrasión y a la tracción y su comportamiento en un tejido jersey con alto contenido de fibras de bambú; con presencia de algodón, en contraste con un tejido con 100% de contenido de algodón.

Antecedentes

El estudio de materiales modernos como los biotextiles de bambú han adquirido alta relevancia académica, comercial e industrial, en este sentido Ahmad et al. (2022) destaca que:

El mercado del bambú generó aproximadamente 34.200 millones de dólares en 2020, lo que convierte a la celulosa de bambú en un actor importante en el mercado verde. El rápido crecimiento, la excelente resistencia mecánica y la sucesión limitada del bambú, en comparación con otras plantas, han atraído considerable atención con respecto a la aspectos económicos y medioambientales. (p. 1)

Hoy en día el algodón según Visarrea (2018) es uno de los materiales textiles con mayor presencia alrededor del mundo, debido a sus propiedades de confort y su extensa relación con el ser humano, por otra parte, el bambú hoy en día también está tomando pulso en los mercados, y está ganando mayor fama debido a que predispone múltiples cualidades. Lo que le permite ser transformado en biocombustibles, ser hilado, tejido y transformado en un producto final de alto valor comercial, y además con capacidades únicas de suavidad al tacto, transpirabilidad y resistencia.

En cuanto al bambú en el campo textil, Ajala (2018) menciona que ha ganado terreno como un producto bio renovable, y usado ampliamente por ser constituido como una biomasa de rápida reproducción y más amigable con el medio ambiente. En comparación con las demandadas fibras celulósicas de algodón.

En un estudio comparativo a nivel molecular entre las fibras de bambú y algodón, Shen et al., (2004) expone que:

Mediante la técnica de mecha de columna, se determinó que ambas tienen energías libres superficiales similares, sin embargo, el bambú obtuvo el doble de componente de ácido de Lewis, lo que le otorga un tacto similar al contacto entre el agua y la piel (pp. 194–195).

En conclusión, aunque ambas fibras poseen características muy similares, también tienen diferencias marcadas en algunos aspectos específicos debido su naturaleza, este podría ser un punto crucial para comprender el porqué de varios aspectos individuales que presentan tanto las muestras jersey de algodón y la mezcla bambú/algodón.

Importancia del estudio

Es inevitable eludir el hecho que la huella verde que proporcionan los cultivos intensivos de algodón y su producción textil prominente alrededor del mundo. Para este caso aprovechar y disponer de nuevas alternativas, como las fibras obtenidas de bambú, con menor porcentaje en la huella de carbono, siempre será una opción para considerarse, sin embargo, aún existen varias interrogantes de carácter técnico como: sus índices de resistencia tanto a la abrasión como a la tracción, factores de vital relevancia por la constante fricción a la que son sometidas las prendas de vestir y artículos en el uso cotidiano.

Una vez culminado el actual estudio comparativo se podrá determinar de forma porcentual, y conductualmente también, que a partir de los resultados de ensayos de resistencia a la abrasión y a la tracción efectuados tanto en el algodón, como en la muestra mezcla bambú/algodón; mostrará si al final de las pruebas el bambú presentará mayor resistencia de forma longitudinal, transversal y también en cuanto a sus factores de abrasión, en la constitución de ambos tejidos, analizados bajo los mismos parámetros y condiciones iniciales, y este será el factor académico más relevante.

Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de la resistencia a la tracción y a la abrasión de los tejidos de punto jersey simple algodón 100% y mezcla bambú/algodón, fabricados con título 20/1 Ne, utilizando los equipos del laboratorio físico.

Objetivos específicos

- Realizar una recopilación bibliográfica sobre el índice de resistencia a la abrasión y a la tracción que poseen los tejidos de algodón y mezcla algodón/bambú, mediante los equipos Martindale y dinamómetro aplicando las normas (ISO 12947-2 e ISO 13934-1) para medir estos parámetros.
- Obtener datos cuantitativos de desempeño físico-mecánico en base a los ensayos efectuados en los tejidos de algodón 100% y mezcla bambú/algodón, a partir de los resultados experimentales de resistencia a la abrasión y resistencia a la tracción.
- Analizar y comparar los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción y a la abrasión de los tejidos de algodón 100% y la mezcla de bambú/algodón para concluir si el bambú puede ser una fibra que supere, iguale o si su comportamiento de resistencia es menor al algodón.

Características del sitio de proyecto

El actual tema de investigación ha sido llevado a cabo con éxito la ciudad de Ibarra-Ecuador, perteneciente a la provincia de Imbabura, en el área e instalaciones de los laboratorios de la planta académica Textil de la Carrera de Ingeniería Textil de la Facultad de Ingenierías en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte. La planta textil está situada en el barrio Azaya, al norte de la ciudad, entre las calles Luciano Solano Sala, Morona Santiago y la Av. 13 de abril, con Coordenadas Geodésicas 0.378673, -78.122237.

Figura 1

Ubicación Laboratorio CTEX



Nota. La figura indica la vista satelital e información cartográfica de la Carrera de Textiles, Ibarra, Ecuador. Fuente: (Google Maps, 2023).

La Carrera de Textiles CTEX, no solo cuenta con el mejor laboratorio de ensayos textiles del Ecuador, además que brinda soluciones y servicios a empresas importantes de manufactura y confección industrial, sino que se encuentra en el corazón de la única carrera de ingeniería textil vigente del país, su cuerpo docente tiene amplia experiencia y cuenta con especialistas en cada rama; desde hilatura, tejeduría de punto, tejeduría plana, no tejidos, tintorería, acabados textiles y confección.

CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL ARTE

1.1 Estudios previos

En cuanto al algodón que corresponde a uno de los dos materiales empleados para el análisis comparativo planteado “Este ha mostrado un amplio estatus temporal en cuanto a convivencia, historia y un largo camino, con centenares de años en interacción directa con el ser humano” (FAO, 2023). No obstante, se ha convertido en un cultivo nocivo para el medio ambiente, por lo cual es necesaria la innovación constante en cuanto al uso y desarrollo de nuevas alternativas para materias primas.

Se ha mencionado en reiteradas ocasiones que el bambú es un material ideal para la sostenibilidad: “Según estudios recientes la biomasa lignocelulósica de bambú posee características de sostenibilidad en el tiempo, en cuanto a su capacidad para ser renovable y en criterio de su abundancia en el ambiente” (Biswas et al., 2022). Por lo cual ha sido implementada como una biomasa multidisciplinaria que proporciona las condiciones necesarias para producir diversos productos a nivel industrial, ya sea textiles u otras líneas de productos renovables.

En un eficaz intento por demostrar la incidencia del tipo de fibra en cuanto a su resistencia a la abrasión, se comparó un mismo tejido de punto en diferentes composiciones; para medir su resistencia a la abrasión y Hoque et al. (2022) determinó que:

La investigación fue enfocada en composiciones 100% algodón, 100% viscosa regenerada y 100% poliéster y arrojó como resultado, que naturalmente el poliéster obtuvo mejor grado de resistencia a la abrasión, seguido de la viscosa y con menor rendimiento el tejido a base de fibras de algodón (p. 9).

Sobre este resultado Kayseri & Kirtay (2015) afirman que se debe principalmente al nivel de vellosidad inicial que posee la fibra de algodón, al contrario de la viscosa y el poliéster que en la mayoría de las pruebas tienen un desempeño similar e indeleble a la forma de sus fibras y a su predisposición y orden bajo un análisis microscópico.

Esto indica que la viscosa regenerada, el poliéster y en general las fibras que tienen origen sintético o artificial pueden presentar un mejor factor de desempeño abrasivo, debido a que están diseñadas y fabricadas con un mejor coeficiente de variación desde su proceso de hilatura, por su parte las fibras naturales se encuentran expuestas a las irregularidades de su naturaleza, entorno y a la fricción de los procesos subsiguientes.

Ha sido muy bien abordado y desarrollado la temática de los principales factores que provocan la aparición de frisas o pilling en los tejidos de punto “...los tres puntos principales, que más afectan a la formación del pilling son: el factor de cobertura, las torsiones y el vaporizado de los tejidos” (Pocoroba, 2006, p. 10).

Estos afectan directamente a su resistencia abrasiva, lo que permite considerar que para la determinación de las características de abrasión de un textil de punto, hay que tomar en cuenta que se encuentra influenciado no solo por su estructura, sino que el número de torsiones y además si se aplica o no un vaporizado para otorgar estabilidad dimensional, pueden influir en su comportamiento.

En un estudio similar al tema propuesto, es decir al comparar un mismo estilo de estructura de tejido de punto con condiciones iniciales similares para medir sus atributos físicos-mecánicos de resistencia, Cayambe Salazar (2023) demuestra y expone que:

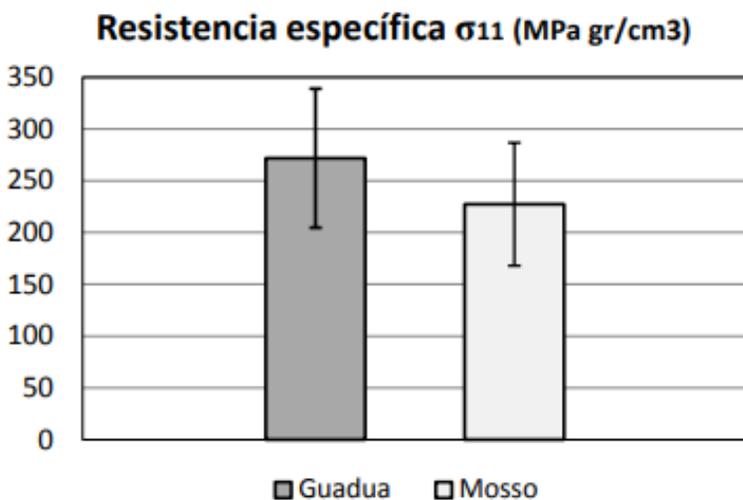
En un análisis comparativo tanto en resistencia al desgarrar, como a la abrasión en tejido de punto jersey 100% algodón y mezcla cáñamo/algodón 60/40%, en el cual la mezcla obtuvo 93% mayor resistencia al desgarrar en la sección de las columnas y 65% en sentido de las pasadas, además, en torno a la abrasión la mezcla también arrojó un 183% en cuanto a su resistencia a la abrasión.

Lo que sugiere que al combinar fibras textiles de diferentes características iniciales como: forma, resistencia específica, apariencia, densidad, coeficiente de variación, entre otros. La variación de sus valores puede provocar que los tejidos resultantes puedan adquirir una tendencia positiva o negativa de sus atributos mecánicos de resistencia, calidad o duración, según el porcentaje de composición y también de los tipos de fibras a combinarse.

A partir de una síntesis previa se expone en la Figura 2 un ejemplo de dos de las especies más comunes de bambúes de Sudamérica y de Asia, la Guadua y el Bambú Mosso secuencialmente.

Figura 2

Resistencia específica Bambú Guadua y Mosso



Fuente: (Morales et al., 2015)

En cuanto a su resistencia específica, se evidencia en la Figura 2 como en el caso de la Guadua mantiene un mayor desempeño (MPa g/cm³), este es un indicativo que no solo el método de obtención de las fibras de bambú resulta de vital importancia para conservar sus propiedades de resistencia, sino que la especie y su predisposición genética también puede llegar a tener un rol de relevancia en cuanto a las propiedades intrínsecas de sus productos o derivados y afectar directamente a su caracterización.

Sobre la resistencia mecánica de los textiles y materiales Álvarez et al., (2016) menciona que la resistencia específica se centra en la relación entre la resistencia a la tracción y la densidad de un material, mientras que la resistencia a la tracción se enfoca en la capacidad de un material para resistir tensiones de tracción directamente.

Gracias a esto ambas propiedades son cruciales en la selección de materiales para aplicaciones específicas, dependiendo de las necesidades de diseño y rendimiento, además se puede transformar de una unidad a otra y proporcionar una equivalencia directa.

1.2 Marco conceptual

1.2.1 Bambú

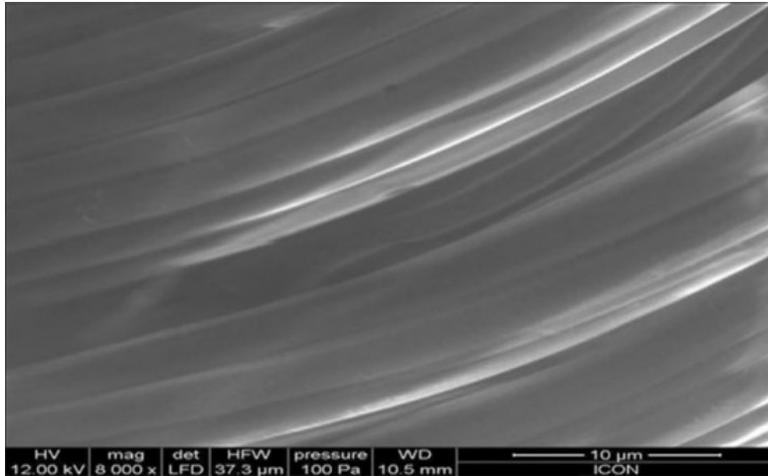
Las fibras de bambú están conformadas por componentes biológicos muy específicos en cuanto a su composición porcentual: “En general, las fibras de bambú están compuestas por varios materiales con diferentes porcentajes que contienen hemicelulosa, celulosa, lignina y también pectina” (El-Khatib et al., 2019, p. 3).

En cuanto a la generación de biomasa por metro cuadrado, en comparación con la mayoría de las especies de madera Teli & Sheikh (2013) indican que el bambú al ser lignocelulósico, y ya que es parte de la familia científica de las gramíneas Poaceae, se convierte por su naturaleza en un abundante recurso natural, además, es importante saber que la celulosa de bambú utilizada para la sintetización en fibras textiles puede ser modificada para mejorar las propiedades en cuanto a su elasticidad, absorción de agua, su resistencia térmica e incluso su resistencia a los ataques microbiológicos.

Esto se logra a través de una copolimerización de injertos, es decir que se incorporan cadenas de polímeros adicionales en la fibra original, los cuales se encuentran estructurados monoméricamente y de carácter sintético. En la Figura 3 se muestra una fibra de bambú a 8000x de aumento que no contiene ningún aditivo, es decir en su forma natural. Mientras que la Figura 4 denota una fibra de bambú a 2500x de aumento en el cual se evidencia un acabado con nanopartículas de CU.

Figura 3

Fotografía SEM rayón de bambú (8000x)

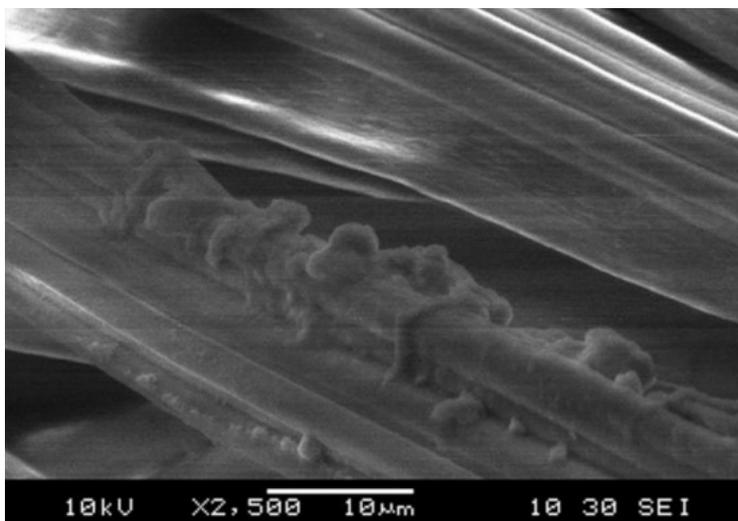


Fuente: (Teli & Sheikh, 2013, p. 304)

Visualmente la Figura 3 indica la apariencia microscópica a 8000x de aumento de una fibra regenerada de bambú, mientras que la Figura 4 denota su apariencia al aplicar un acabado textil.

Figura 4

Fotografía SEM rayón de bambú con nanopartículas de CU



Fuente: (Teli & Sheikh, 2013, p. 305)

La Figura 4 precisa el cambio a nivel microscópico cuando una fibra regenerada es sometida a un acabado, esta no solo consigue polimerizarse con el aditamento, sino que este le puede otorgar algunas características de resistencia mecánica, biológica, entre otros.

1.2.1.1 Bambú en El Ecuador

Sobre el bambú en Ecuador Yacelga (2018) menciona que se han identificado y estudiado alrededor de 44 especies de bambú, de las cuales prácticamente el 60% de su población pertenece a la especie *Guadua angustifolia*, que es la que predomina de forma autóctona en la mayoría de los climas a lo largo y ancho del país. El autor estima que en el país se superan las 15.000 ha, el restante 40% de especies de bambú en Ecuador corresponden a *Guadua angustifolia*, *Dendrocalamus aspe*, y en menor porcentaje de representación se hallan *Bambusa vulgaris*, *Phyllostachys aurea*, entre otros ejemplares con menor presencia.

1.2.1.2 Características taxonómicas y morfológicas

La taxonomía del bambú para muchos botánicos expertos sigue siendo compleja, debido a la gran cantidad de especies existentes: “Sin lugar a duda sus características son muy similares entre especie y especie, después de varios años exhaustivos de estudio, se determinó que comparten la familia Poaceae que no solo incluye bambúes, sino también pastos y cereales” (Rocky & Thompson, 2018).

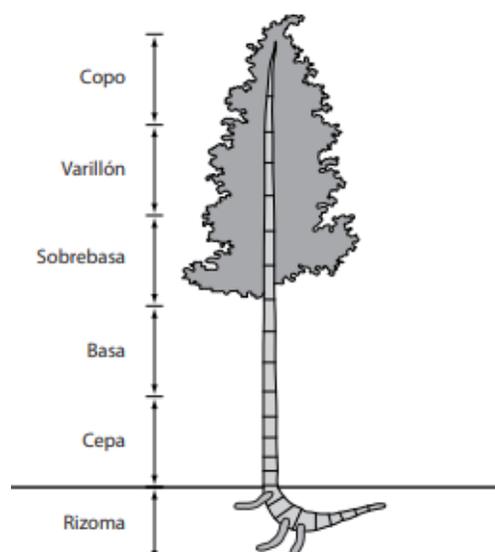
A continuación, en la Tabla 1 se detalla la clasificación taxonómica más aceptable por el colegiado botánico:

Tabla 1*Taxonomía del Bambú*

Características Taxonómicas del Bambú	
División	Espermatophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Monocotiledónea
Orden	Poales, Glumiflorae o Graminae
Familia	Poaceae
Sub-Familia	Bambusoideae
Nombre Vulgar	Bambú, Guadua

Nota. Fuente propia. Adaptado de (Visarrea, 2018)

En la Figura 5 se detalla la morfología general de las especies de bambú:

Figura 5*Morfología del bambú*

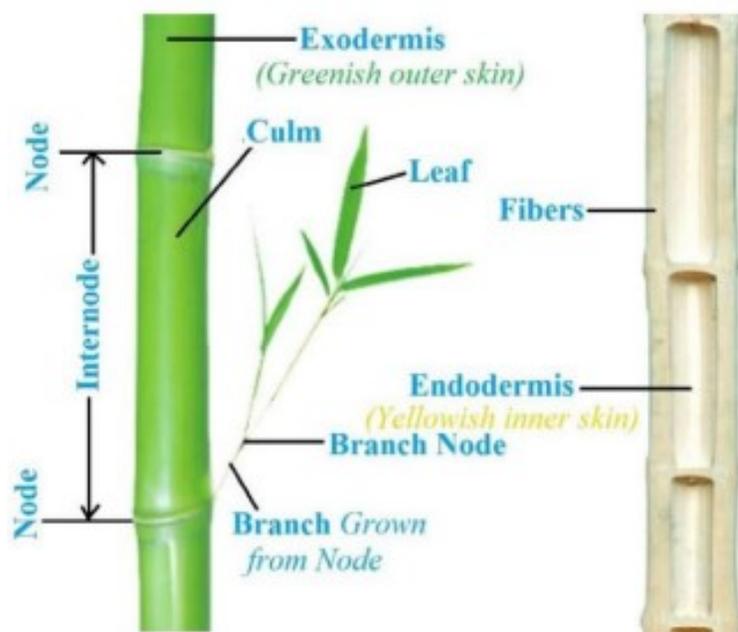
Fuente: (Estrada, 2010, p. 6)

La Figura 5 expuesta identifica y muestra las principales partes del bambú, desde su rizoma, que es un tipo de tallo subterráneo que crece horizontalmente para ramificarse, pasando por la parte basal, media, hasta llegar al copo o parte superior. “Además es interesante saber que el bambú además de su rápido desarrollo vascular y de crecimiento, posee conocidas propiedades para sus usos funcionales” (Waite, 2010). Justamente estas características vasculares son las que le ayudan a cumplir efectivamente la función de transportar los nutrientes desde su peculiar rizoma hasta su parte más alta en el copo.

Se indican las principales partes del tallo de bambú en la Figura 6, además de sus nodos e internodos, su exodermis, endodermis y las fibras en su estado natural, las cuales son procesadas para extraer su celulosa.

Figura 6

Morfología tallo de bambú



Fuente: (Rocky & Thompson, 2018)

Sobre las características intrínsecas del bambú Chávez & Jurado (2020) explican que se convierte en un cultivo óptimo, natural y biodegradable, para la producción de fibras textiles, por lo cual insta en una alternativa de producción para el mercado global con un impacto ecológico más controlado, convirtiéndose en un recurso que requiere menor o nula aplicación de pesticidas y bajo consumo de recursos hídricos. Justamente su robustez, su raudo crecimiento en el tiempo sin igual y el máximo aprovechamiento de su entorno, son algunas razones del porqué esta planta milenaria ha ido ganando pulso en algunas industrias tradicionales.

1.2.1.3 Composición Bambú

A En la Tabla 2 a continuación se muestran los principales factores de su composición química o biológica, de los que se obtiene una lista corta de sus elementos en su forma base u original.

Tabla 2

Composición Química del Bambú

Componente	% En Base Húmeda
Celulosa	48,2 - 73,8
Hemicelulosa	12,5 -73,3
Lignina	10,2 – 21,4
Pectina	0,37
Ceras	ND
Cenizas	2,3

Fuente: Propia. Adaptado de (Visarrea, 2018)

Cabe destacar que estos valores promedio de la Tabla 2 pueden oscilar significativamente dependiendo la especie e incluso las condiciones climáticas y medioambientales.

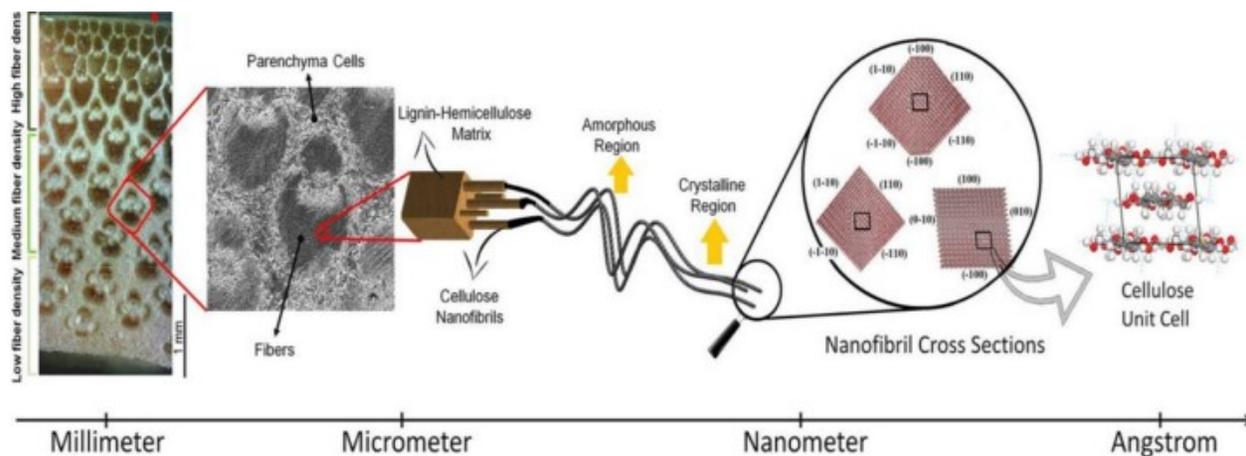
1.2.1.4 Celulosa de bambú

Sobre la celulosa de bambú: “Está presente en diferentes niveles porcentuales en las especies y subespecies de bambúes, está normalmente en mayor proporción que la lignina, hemicelulosa y pectinas, que son los otros compuestos más relevantes en cuanto a su estructuración celular” (Biswas et al., 2022). Es la base fundamental de las fibras textiles regeneradas vegetales, su presencia varía en valores porcentuales varía dependiendo de cada especie.

La Figura 7 muestra el aspecto visual de la estructura física de la celulosa compuesta en la mayoría de las especies de bambú, se identifica en su representación esquemática en forma milimétrica, micrométrica, nanométrica y en Angstrom.

Figura 7

Representación esquemática de la célula de bambú



Fuente: (Ahmad et al., 2022)

En la representación gráfica de la Figura 7 mostrada se puede observar la matriz de lignina-hemicelulosa, la región amorfa y la región cristalina que la compone también, además, se muestran las células fibrosas, nanofibrillas, región amorfa, región cristalina y su unidad celular.

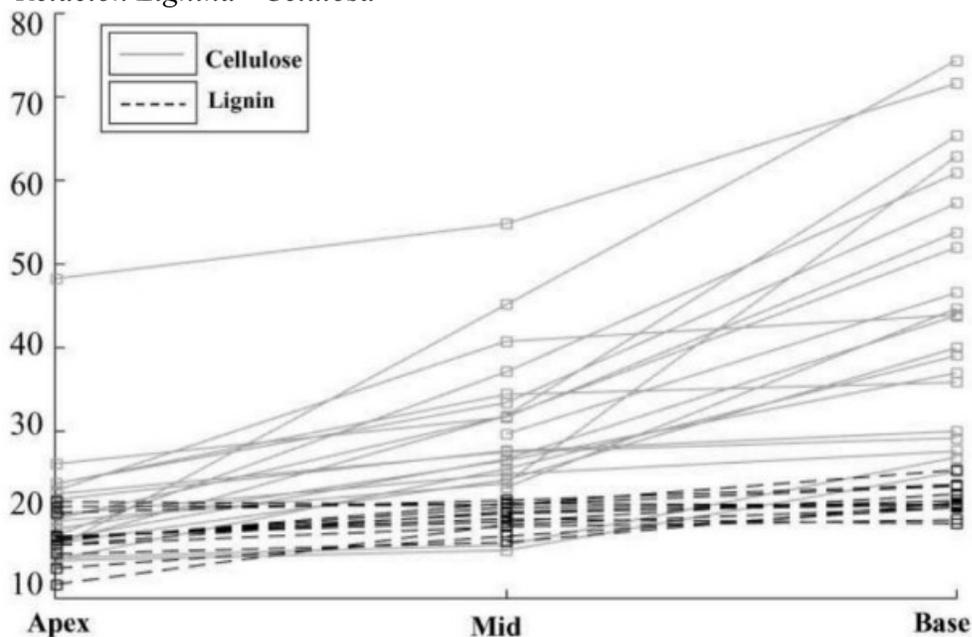
1.2.1.5 Lignina

Sobre este componente se menciona que “La lignina normalmente se halla en presencia de celulosa y hemicelulosa, por eso su composición porcentual presente entre especie y especie puede variar de forma significativa o mínima.” (Biswas et al., 2022).

En este sentido, la Figura 8 denota similar postura de varianza que tiene el contenido porcentual lignina y celulosa, en relación con el lugar de extracción de los cúmulos de fibras, ya sean del entrenudo basal, que es el contenido que se halla en la base cercana al suelo de las especies de bambú, también pueden ser extraído del entrenudo medio, o del entrenudo apical

Figura 8

Relación Lignina - Celulosa



Fuente: (Biswas et al., 2022)

La Gráfica indica la relación semi constante entre el contenido de Celulosa - Lignina, insoluble en ácido, a partir de 7 especies de bambú y la parte morfológica de extracción de las muestras (zona apical, media o basal).

1.2.1.6 Hemicelulosa

La hemicelulosa es un elemento presente en la estructura del bambú en su estado natural, es importante entender este compuesto químico ya que normalmente se lo halla en presencia de la celulosa Biswas et al (2022). Indica, además:

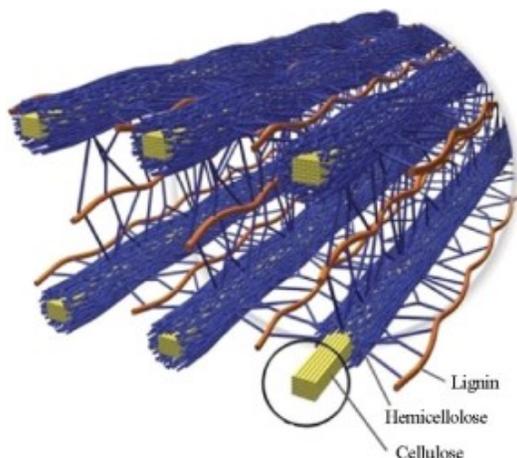
La hemicelulosa se une a la superficie de las microfibrillas de celulosa y puede ser de cuatro tipos. Son xiloglucano (xilanos), manoglicano (mananos), xiloglucano y β -glucano de enlace mixto. Las pectinas actúan como un gel hidratado entre las capas de celulosa y hemicelulosa.

En resumen, la hemicelulosa se adhiere a las fibras de celulosa en las plantas y hay diferentes tipos de hemicelulosas. Las pectinas forman un gel entre las fibras de celulosa y hemicelulosa en la estructura de las plantas. Estas sustancias son importantes en la biología y la estructura de las plantas.

Mediante la Figura 9 se muestra una representación gráfica a nivel macroscópico que indica como conviven en conjunto la celulosa, hemicelulosa y la lignina.

Figura 9

Composición visual celulosa, hemicelulosa y lignina



Fuente: (Doherty et al., 2011)

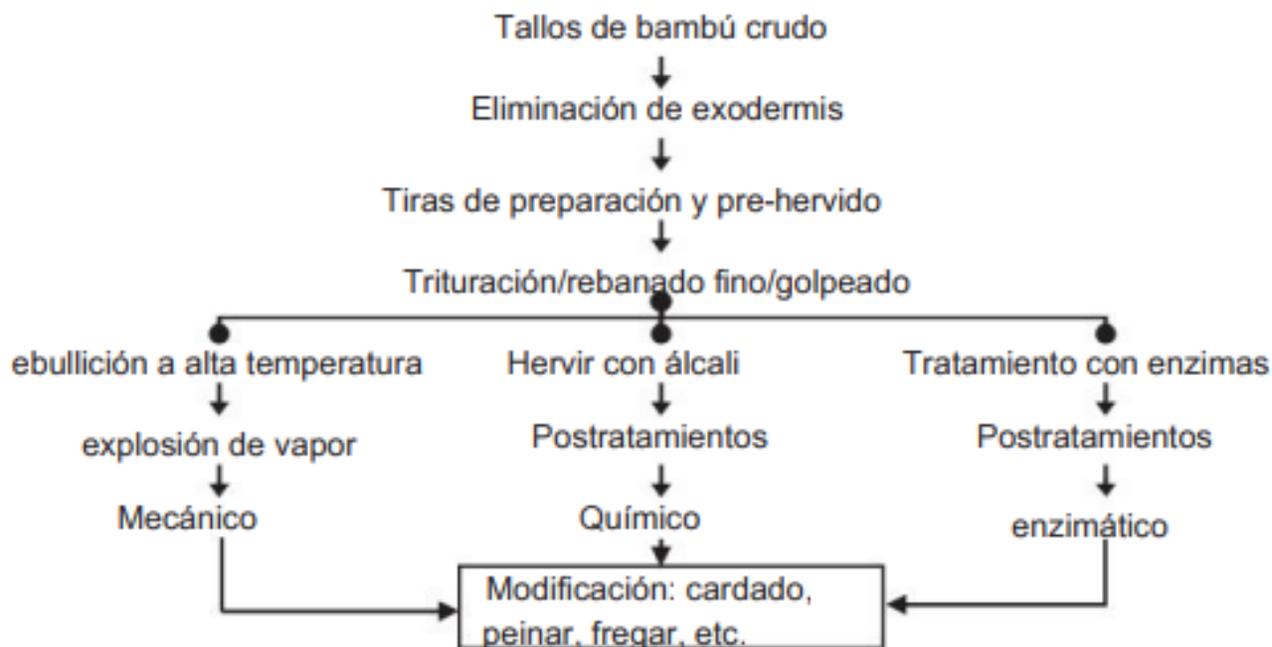
Se muestra la importancia de la hemicelulosa al formar un recubrimiento homogéneo alrededor de la celulosa en la Figura 9, sin embargo, en la delignificación posterior se busca únicamente aprovechar y utilizar la celulosa para la obtención de fibras regeneradas.

En resumen, se usan estas dos técnicas: espectrometría FTIR para medir la composición química de las fibras y observar cuanta presencia de lignina y hemicelulosa hay, y luego SEM (microscopía electrónica de barrido) para ver cómo se ven físicamente las fibras después del proceso de extracción de lignina y hemicelulosa.

En consecuencia, la Figura 10 proporciona las principales diferencias en la fabricación de hilos regenerados a partir del bambú.

Figura 10

Proceso obtención fibra de bambú



Fuente: (Rocky & Thompson, 2018)

El mapa conceptual presentado en la Figura 10 demuestra que los principios iniciales de obtención de fibras de bambú son los mismos en los 3 métodos, es decir se busca eliminar la exodermis o capa exterior, para pasar a triturarlas y obtener luego su celulosa, ya sea de forma mecánica, química o a través de procesos enzimáticos.

1.2.3.1 Usos y aplicaciones

Cuando el bambú obtiene un valor agregado este puede ser transformado en múltiples opciones disponibles para el mercado según Césare et al., (2019) ya sea en forma de:

Tablillas de bambú, material composite para la elaboración de paneles; fibra de bambú como refuerzo de matrices poliméricas; así como para su uso energético en la producción de etanol celulósico; en la producción de carbón activado, para la purificación de aguas o gases y para producir biochar, cuyas características básicas son apropiadas para usos agrícolas. (p. 2)

Las excepcionales características del bambú permiten múltiples usos y fabricación de productos y subproductos derivados de la planta de más rápido crecimiento en el mundo. Según Chávez & Jurado (2020) no solo Europa, Norteamérica y Asia están sacando provecho comercial e industrial de bambú, sino que en nuestra región de Sudamérica, países como Colombia, Perú y Chile producen desde toallas sanitarias, papel higiénico, para la industria textil y para el sector manufacturero en general.

1.2.4 El algodón

El algodón es conocido a nivel mundial como una fibra textil noble, debido a sus propiedades de confort, múltiples y variados usos, además, Ipiales (2022) destaca que después del poliéster es la fibra más usada alrededor del mundo.

Su origen natural le permite tener alta demanda y presencia en el mercado global, además, su proceso productivo ha sido estudiado y sintetizado, en todas las líneas de producción, desde su clasificación, acondicionamiento y manufactura industrial.

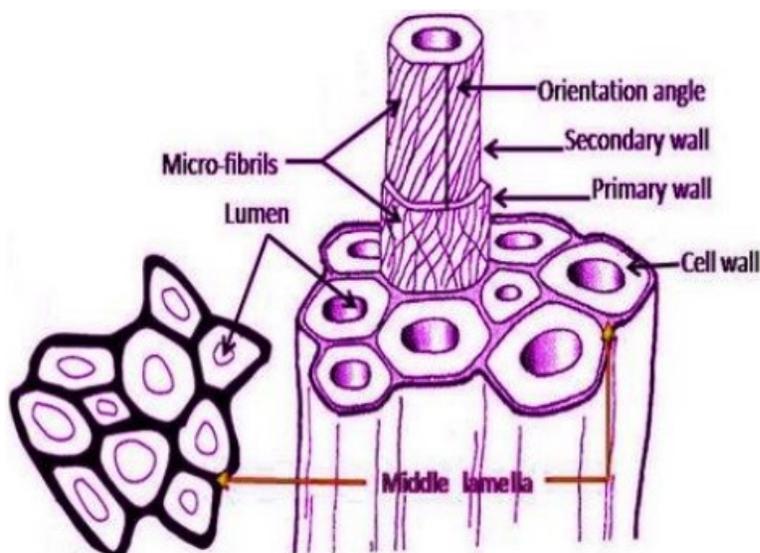
1.2.4.1 Características morfológicas y taxonómicas

El algodón posee sus propias características morfológicas y taxonómicas Carrera Gallissà (2017) menciona que:

Cuando una fibra se hincha, la distancia entre sus cadenas cristalinas no experimenta ninguna variación, sólo se hincha la parte amorfa. Este hinchamiento, hace cambiar la resistencia y el alargamiento a la rotura, así como la estabilidad dimensional de los tejidos. Al aumentar la cantidad de grupos OH de una fibra, aumentará su turgescencia. Así, por ejemplo, el rayón diacetato, será más turgesciente que el triacetato.

Figura 11

Estructura fibra algodón



Nota. La gráfica muestra las paredes celulares primarias, secundarias, lumen y microfibrillas del algodón.

1.3.1.2 Composición

Como lo indica Visarrea (2018) el algodón en su estado natural está constituido a nivel celular con mayoría de composición de celulosa entre el 94.5% - 96% como hace alusión la Tabla 3 a continuación. Además, mantiene relevancia menor los siguientes compuestos: principalmente sustancias nitrogenadas, sustancias pépticas y finalmente ceras y grasas secuencialmente, solo entre el 0.5% - 1.2% unitariamente puede representar cada una de las 3 sustancias mencionadas. Mientras con alta frecuencia el algodón mantiene una humedad relativa de 8% en relación con el peso, la cual puede variar levemente según las condiciones medioambientales y factores externos de humedad o escasez de esta.

Tabla 3

Composición Algodón

COMPONENTES	PORCENTAJE
Humedad	8%
Celulosa	94.5% - 96.0%
Ceras y grasas	0.5% - 0.6%
Sustancias pépticas	1.0% - 1.2%
Sustancias nitrogenadas	1.0% - 1.2%
Sustancias minerales	1.14%
Otras sustancias	1.32%

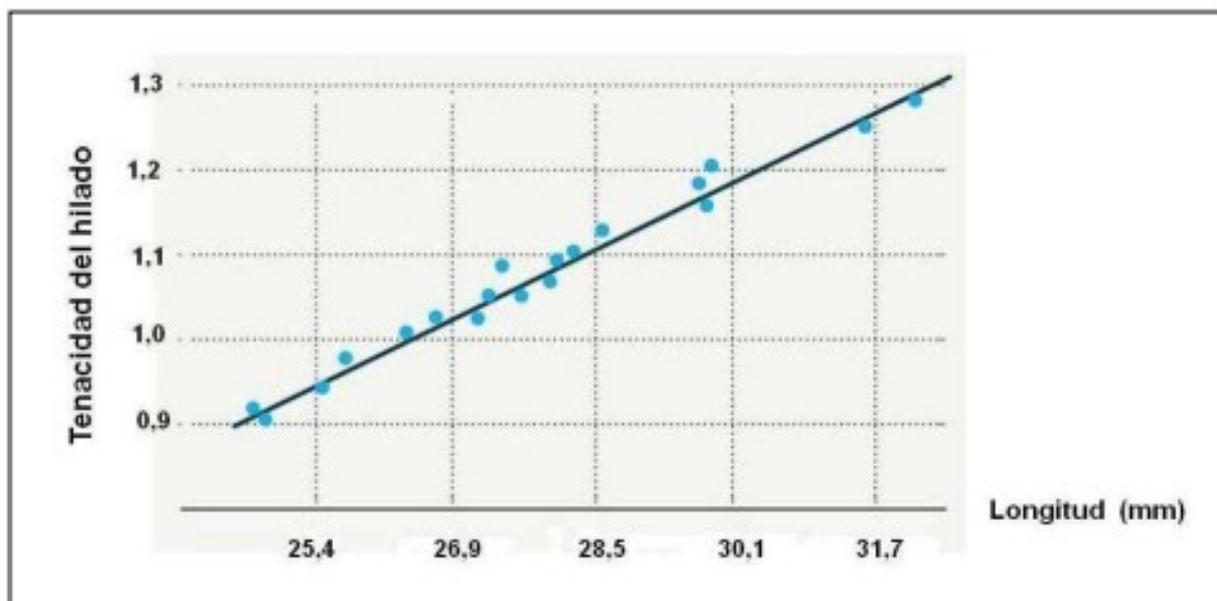
Fuente: (Visarrea, 2018)

1.2.4.2 Propiedades del algodón

El algodón tiene propiedades únicas, al igual que todas las fibras textiles, algunas de sus características “incluyen una buena resistencia a los álcalis, sin embargo, muestra una sensibilidad notoria ante la presencia de sustancias ácidas” (FAO, 2023). Se ha estudiado también la incidencia directa que tiene con los agentes oxidantes empleados en los procesos de blanqueo domésticos o industriales y en cierta forma ataca de forma progresiva a las fibras, afectando su tenacidad y resistencia. En este sentido IpiALES (2022) alude que la presencia de agentes reductores en conjunto con el algodón también puede atacar sus fibras, pero en este caso solo cuando las concentraciones son elevadas.

Figura 12

Influencia Longitud de fibra - Tenacidad



Nota. Se visualiza la relación directa que existe entre la longitud de fibra de algodón, a mayor longitud, la tenacidad del hilado incrementa. Fuente: (Carrera Gallissà, 2017)

1.2.5 Tejido de punto

Arribas Blanco (2021) en la revista Española de Física expone: “Los tejidos de punto tienen por sí mismos propiedades muy útiles en el campo de la industria. Además de su alta elasticidad y capacidad para cambiar de forma, son baratos, ligeros y sencillos de fabricar” (p. 23).

1.2.5.1 Tipos de tejido de punto

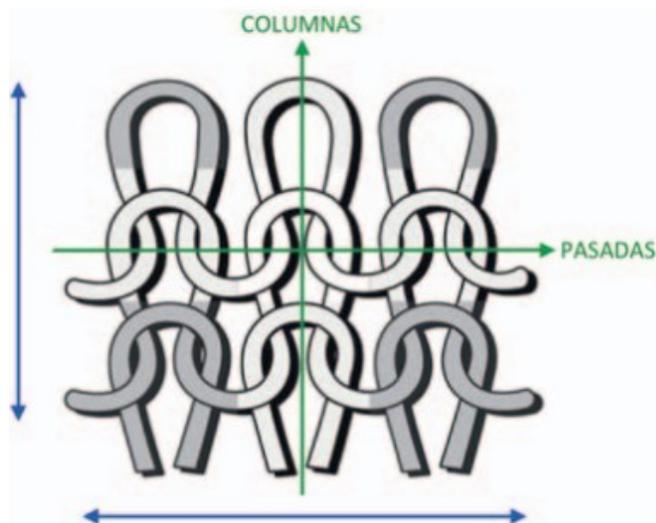
Los géneros de punto según su configuración estructural y tecnología de fabricación se dividen en dos grandes grupos que abarcan la mayoría del mercado de este arraigado estilo de tejido y además según Lockuán (2012) se pueden subclasificar en tejido de punto por trama o por urdimbre.

1.2.5.1.1 Tejido de punto por trama

Los géneros de punto por trama se encuentran conformados como lo indica la Figura 13 con una única serie de elemento, los cuales se entretrejen entre sí mismo.

Figura 13

Dirección pasadas y columnas



Nota. Diagrama de un tejido de punto indicando la dirección y forma estructural de las pasadas y columnas. Fuente: (Arribas Blanco, 2021)

Lockuán (2012) define que este tipo específico de entrelazamiento se denominan mallas y se forman siempre en forma curva vistos desde una perspectiva cercana, estas mismas curvas o bucles son las que les otorga las características intrínsecas de elasticidad, por lo que normalmente se los suelen emplear en prendas que van ceñidas al cuerpo. A su vez las columnas se forman verticalmente entre bucle y bucle mientras se añaden pasadas al tejido.

1.2.5.2 Propiedades tejidos de punto

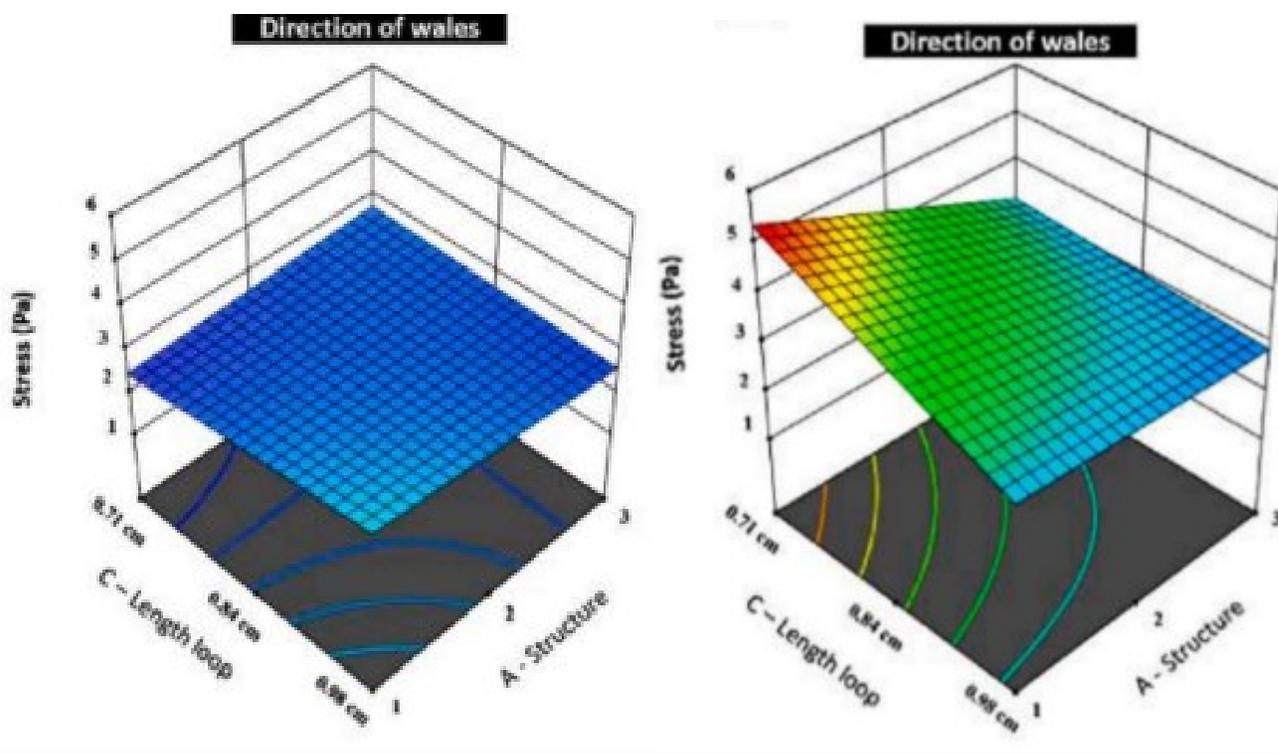
En un análisis reciente Santos et al. (2023) compara los tejidos de punto al comportamiento que tienen cuando se modifica la composición de los hilos, la longitud de los bucles y las puntadas flotantes en cuanto a su comportamiento mecánico y sus propias características se ven alteradas.

Y además dependen ínfimamente de su estructura de tejido, en el siguiente análisis de la **Figura 14** demuestra la incidencia correlacional que estos pueden tener, modificando cada aspecto o factores mencionados.

Tanto la densidad del punto flotante como la longitud del bucle (cm), este trabajo se lo realizó mediante las gráficas visuales, con técnica de la metodología de superficie de respuesta (RSM). Cuando se reduce la densidad de los puntos flotantes, se otorga mayor estabilidad al tejido, lo mismo ocurre cuando la longitud del bucle es menor, las propiedades mecánicas mejoran significativamente (Santos et al., 2023).

Figura 14

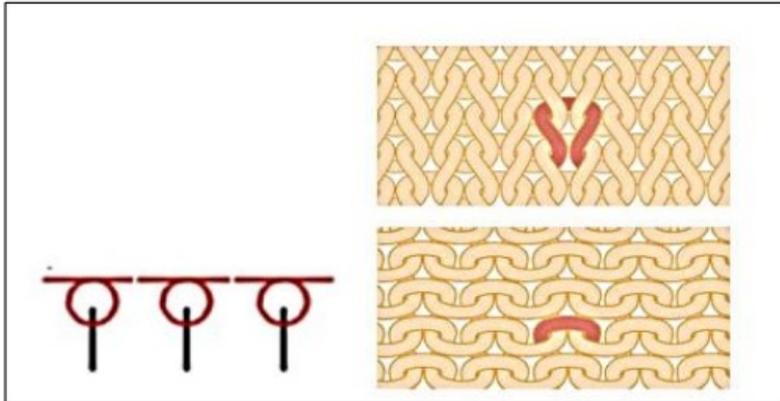
Relación puntos flotantes y longitud de bucle



Nota. La gráfica (RSM) indica la relación directa de la longitud del bucle, y expone que a menor longitud de bucle la estabilidad estructural aumenta. Fuente: (Santos et al., 2023)

1.2.6 Tejido Jersey

Según Andrango (2018) el tejido jersey es la variación más básica en cuanto a la estructura del ligamento clásico en géneros de punto por trama, es decir que es el punto de partida para obtener otras variaciones como rib e interlock. En la Figura 15 se visualiza la diferencia del derecho y revés de un tejido jersey simple y son fáciles de identificar, pueden tener buena elasticidad tanto longitudinal como transversalmente, pero tienen mayor porcentaje de encogimiento, en comparación con los tejidos de calada. Es un tejido que puede destejarse con bastante facilidad debido a su proceso de manufactura mecánica

Figura 15*Derecho y revés tejido jersey*

Fuente: (Villa, 2021)

1.2.6.1 Configuración tejido de punto

Es de vital importancia en la estructura del tejido de punto como lo indica Arribas Blanco (2021)

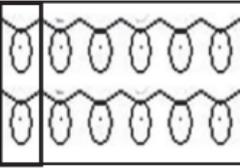
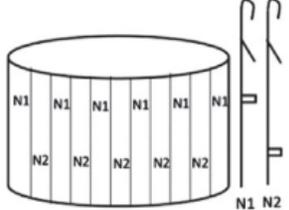
“La energía potencial elástica total del tejido es la suma de tres términos. Estos corresponden al estiramiento o tracción, torsión y flexión del hilo.” (p. 22)

El mismo autor expone dos parámetros sumamente relevantes en la configuración de la producción de un tejido de punto, en relación con las propiedades finales que este adquiere:

- La longitud de hilo por puntada: hace referencia a la cantidad total de hilo que se emplea para formar un bucle tejido, este se convierte en un parámetro crucial para determinar las propiedades de carácter dimensional de un tejido.
- La geometría de los bucles: otorga el equilibrio del tejido, además que es capaz de modificar la energía potencial elástica de la tela a nivel global.

Figura 16

Diseño de levas y disposición de agujas

Fabric Types	Notation Diagram	Cam Design	Needle Arrangement						
Plain Single Jersey		<table border="1" data-bbox="727 499 906 722"> <thead> <tr> <th data-bbox="727 499 831 569">C.T.</th> <th data-bbox="831 499 906 569">F1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="727 569 831 646">C.T-1</td> <td data-bbox="831 569 906 646">K</td> </tr> <tr> <td data-bbox="727 646 831 722">C.T-2</td> <td data-bbox="831 646 906 722">K</td> </tr> </tbody> </table>	C.T.	F1	C.T-1	K	C.T-2	K	
C.T.	F1								
C.T-1	K								
C.T-2	K								

Nota. Diagrama de notación, diseño de levas y disposición de agujas de tejidos de punto single Jersey. Fuente: (Hoque et al., 2022, p. 4)

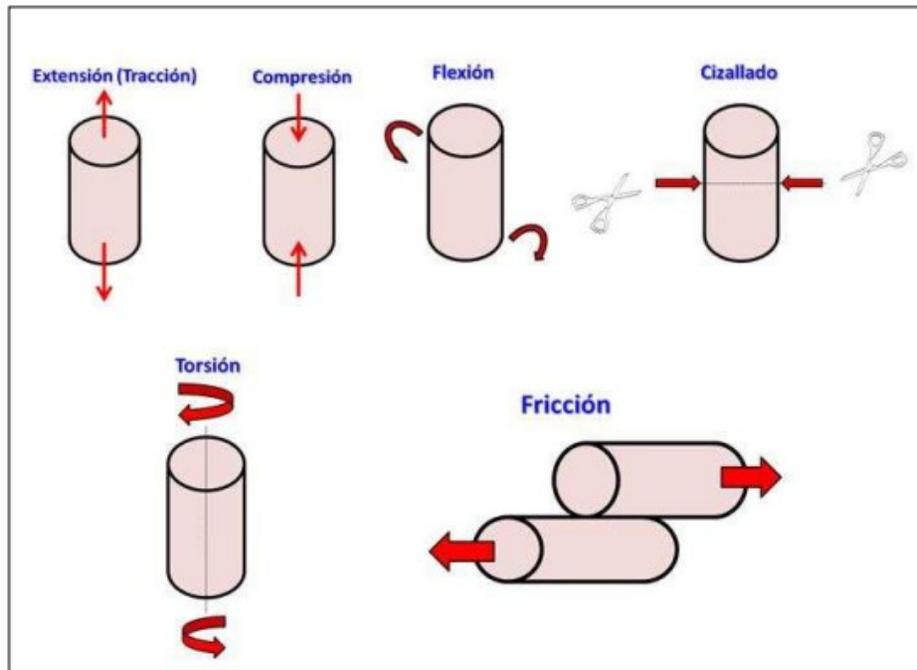
1.2.7 Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción es definida por Mamani (2017): “Es el máximo esfuerzo que un cuerpo puede soportar antes de romperse o distenderse de otro cuerpo a través de una fuerza intermedia”. (p. 24)

Según Carrera Gallissà (2017) “Tanto en el proceso industrial textil como durante su uso, las fibras textiles pueden estar sometidas a esfuerzos de extensión (tracción axial), compresión, flexión, cizallado, torsión y fricción”.

La Figura 17 que se visualiza a continuación indica las diferentes fuerzas a las que pueden ser sometidos los textiles y los materiales en general, factores que determinan algunas de las diferentes propiedades mecánicas a la que estas pueden ser sometidas como:

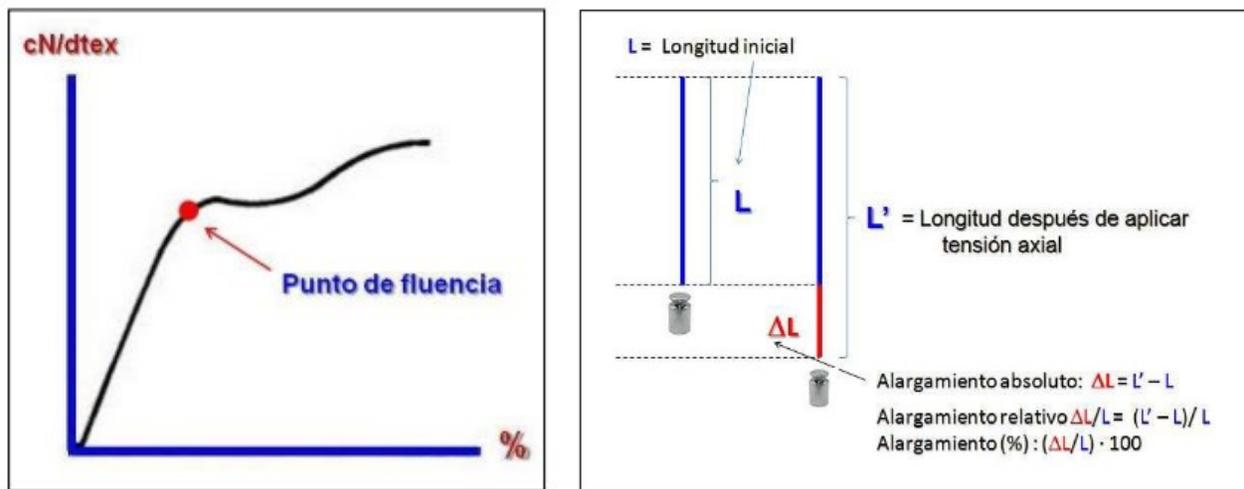
- Extensión (tracción), fricción, compresión, flexión, cizallado, torsión, aunque existen más, estas son las más comunes en análisis de materiales.

Figura 17*Propiedades mecánicas de resistencias*

Fuente: (Carrera Gallissà, 2017)

1.2.7.1 Extensión (tracción) axial

Esta representa gráficamente la interacción mecánica de una fibra o tejido cuando se somete a un esfuerzo de extensión tipo axial, esta muestra la fuerza necesaria hasta lograr la curva denominada carga-alargamiento. Como indica la Figura 18 además tiene un punto de influencia o límite elástico en donde la deformación provocada es equivalente a la carga aplicada. Es decir que expresa el momento particular en que se deforma la fibra o tejido cuando se aplica una fuerza de carácter axial.

Figura 18*Curva Carga - Alargamiento*

Nota. Curva carga-alargamiento y longitud después de aplicar tensión axial (alargamiento absoluto y relativo). Fuente: (Carrera Gallissà, 2017, pp. 122–124)

Entre algunos de los factores con un alto nivel de incidencia al momento de realizar una prueba de resistencia a la tracción se puede mencionar:

- Resistencia o tenacidad: Es también denominada carga específica de rotura, es la capacidad para resistir tensiones axiales (cN/dtex).
- Trabajo de rotura: Corresponde a la cantidad de energía necesaria para romper el material textil.

$$\text{Trabajo de rotura} = \int_0^{\text{rotura}} \text{Fuerza} \cdot dA$$

- Alargamiento a la rotura: Este es un indicador que otorga una medida del nivel de oposición por parte del material textil o la dificultad que opone al sufrir una extensión.

- Carga de rotura: Se mide en unidades de fuerza (N o lbf) y corresponde a la máxima carga o fuerza que puede soportar un material antes de su fractura como se visualiza en la Figura 19.

Figura 19

Trabajo y carga de rotura



Fuente: (Carrera Gallissà, 2017, pp. 121–123)

1.2.8 Resistencia a la abrasión

En el análisis de las definiciones del diccionario científico-práctico de Alcina & Doménech (2011) define a la resistencia a la abrasión como: resistencia a la deformación por fricción.

1.2.8.1 Pilling

Hoque et al. (2022) “El pilling es otra característica mecánica crucial de los tejidos. La formación de bolitas se produce cuando manojos o bolas de fibras enredadas se unen a la tela mediante una o más fibras” (p. 2)

Las variables que inciden en la formación del pilling en los tejidos se detallan en la Figura 20, en la cual se visualizan con mayor detalle.

Figura 20*Principales factores del pilling*

Fuente: (Pocoroba, 2006, p. 33)

1.3 Marco legal

1.3.1 Constitución de la república del Ecuador

El presente trabajo se fundamentó legalmente por varios tipos de reglamentos, leyes y artículos que sustentan el manejo ético de los recursos y del medio ambiente tomando en consideración los derechos de los autores a elaborar sus trabajos detallados a continuación:

Constitución de la República del Ecuador, 2008

Título II: Derechos

Capítulo primero: Principios de aplicación de los derechos

Sección cuarta: Cultura y ciencia

Como se menciona en la Constitución de la República del Ecuador (2008). En el **Art. 22:**

Las personas tienen derecho a desarrollar su capacidad creativa, al ejercicio digno y sostenido de las actividades culturales y artísticas, y a beneficiarse de la protección de los derechos morales y patrimoniales que les correspondan por la producción científica, literaria o artística de su autoría. (pp. 15-16)

Capítulo séptimo: Derechos de la naturaleza

Como amerita el cumplimiento de los tratados de los derechos de la naturaleza en el **Art. 72.** de la Constitución de la República del Ecuador (2008). Se menciona que:

La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tiene el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En caso de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas. (p. 33)

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

La investigación exploratoria es el enfoque y aplicación principal del presente estudio, debido a que no existe actualmente un análisis exhaustivo, en el cual mediante la ejecución de pruebas rigurosas bajo normativa ISO (Organización Internacional de Normalización) en cuanto a la determinación de la resistencia a la tracción y abrasión a los tejidos de punto jersey simple 100% algodón y mezcla bambú/algodón simultáneamente, los cuales serán analizados bajo el modelo comparativo, que permita conocer las principales ventajas o desventajas de combinar las fibras de bambú regenerado, las cuales tienen menor impacto ecológico, y su desempeño mecánico al combinarse con fibras tradicionales en nuestro medio, a nivel regional y global como el algodón.

Tal como lo expresa Sibanda & Murena (2023) en cuanto al desarrollo de metodologías y herramientas en la modernidad:

“El ecodiseño, tal como lo define la norma DIN EN ISO 14006 (2011), es la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y desarrollo de productos y servicios para evitar impactos ambientales desfavorables en el ciclo de vida de un producto” (p. 470).

En este sentido el tema propuesto para la actual investigación promueve la creación y uso de productos textiles alternativos, que beneficien y aporten a la producción, desarrollo, innovación y aplicación en la industria textil y derivados a partir de bambú regenerado, bajo un esquema técnico que abarque una orientación con diseño axiomático de aplicación experimental con base científica.

2.1 Tipos de Investigación

Para el desarrollo del actual trabajo investigativo, varias aristas convergen en un propósito con análisis científico para cumplir cabalmente los objetivos planteados inicialmente. La investigación bibliográfica permitió la adquisición y actualización de datos referentes al tema de tesis planteado. La investigación cuantitativa y finalmente el desarrollo del apartado experimental congregan sus principios técnicos para otorgar un alto estándar de rigurosidad y aval probatorio, tanto para las pruebas de laboratorio como para su interpretación estadística.

Finalmente, como el tema expuesto requiere determinar datos sin ideas prefijadas, se convierte en un modelo exploratorio como expresa Hernández (2018), que a su vez expone: “Cuando además describen vinculaciones entre categorías, conceptos, variables, sucesos, contextos o fenómenos son correlacionales, y si establecen procesos de causalidad entre tales términos se consideran correlacionales-causales (explicativos)” (p. 187).

2.1.1 Enfoque de la investigación

Aparte de ser el eje principal del presente trabajo, a partir de la investigación cuantitativa no solo se escogieron las mejores muestras, en cuanto a similitud y equivalencia, en base a tejidos de punto de algodón 100% y mezcla bambú/algodón, en este apartado las muestras seleccionadas de tejido de punto presentan tan solo una variación porcentual mínima en cuanto a su gramaje.

Además de una leve oscilación en cuanto al número de pasadas y columnas por pulgada de los tejidos a compararse seleccionados minuciosamente e incluso el título de hilo de fabricación como se muestra más adelante.

La regularidad de los factores mencionados no solo permite obtener datos más certeros y precisos, sino que disminuyen las probabilidades globales de la interpretación estadística cuantitativa, de las variables que puedan interferir en su posterior comparativa técnica.

2.1.2 Método de investigación

2.1.2.1 Método experimental

El actual estudio experimental está diseñado y dirigido a los conceptos de aplicación del método científico como eje clave de los parámetros y factores primordiales que lo conforman, como menciona Ramos-Galarza (2021) de esta forma se encuentra estructurado y sistematizado para garantizar la precisión y rigurosidad:

- **Manipulación de variables:** Se aplica en este caso singular del análisis comparativo entre el tejido jersey simple 100% algodón y mezcla bambú/algodón, tanto la tracción como la abrasión poseen su propias cualidades dependientes y codependientes que deberán ser tomadas en cuenta al momento del análisis de resultados, tabulación y posterior graficación.
- **Control de variables extrañas:** Se debe asegurar que si existe alguna diferencia o variabilidad en los resultados obtenidos sea debido a la variable independiente y no a otras influencias externas.
- **Replicación:** El tema expuesto y la ejecución de normativas ISO para realizar los ensayos de laboratorio con maquinaria homologada asegura la replicabilidad de los

ensayos de tracción y abrasión, tanto para las mismas condiciones iniciales o alguna leve o fortuita modificación en el diseño experimental.

- **Medición y registro de datos:** Los datos obtenidos fueron tomados para un alto estándar de rigurosidad antes, durante y después de la manipulación de la variable independiente, con el objetivo de determinar si existe una diferencia prominente entre los grupos experimental y de control.

2.1.2.2 Método comparativo-analítico

El método comparativo del trabajo investigativo presentado está basado en el contraste de las pruebas realizadas en laboratorio bajo condiciones controladas y la data obtenida de las mismas, en cuanto a la resistencia a la tracción y a la abrasión de las muestras implicadas de tejido jersey 100% algodón y mezcla bambú/algodón, las cuales se comparan y exponen visualmente a través de la sistematización de los resultados obtenidos de los ensayos, el cual permite según De Trigueros (2016) determinar o mostrar la tendencia total de los casos o variables implicadas, para contribuir a una perspectiva de mayor rango y relevancia al ser comparados en el mismo esquema gráfico y denotar el comportamiento obtenido en las pruebas de laboratorio.

2.1.3 Técnica de investigación

2.1.3.1 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica metodológica aplicada en el presente estudio emplea el uso del software Mendeley desktop en forma de gestor documental de información científica, brindando un soporte adicional y mayor grado de veracidad, reproducibilidad de información y estudios relevantes en diferentes áreas de ingenierías y afines. Además, se determinaron como indica Gómez-Luna et al. (2014):

“...los macro componentes del tema desarrollado, para luego ser simplificados y sistematizados en una estrategia efectiva de búsqueda y análisis de las principales características de los elementos estudiados”.

En gran porcentaje una vez definido el tema y subtemas para la ampliación y progresión del estado del arte, fueron revistas de plataformas de alto valor académico como: ScienceDirect, Springer, IEEE, Scopus, Scielo, además de normas, reportes técnicos, patentes y tesis doctorales, entre otras destacadas fuentes de información, previamente revisadas y aprobadas para su posterior publicación de tópicos especializados para el proceso de organización secuencial de la información especializada y exponencial.

2.2 Normas de referencia

2.2.1 ISO 12947-2 Determinación de la resistencia a la abrasión de los tejidos

La norma ISO 12947-2 se integra dentro de la extensa serie ISO 12947, la cual se erige como un marco normativo que rige los métodos de ensayo para la evaluación de la resistencia de los materiales textiles ante el fenómeno de la abrasión. En particular, la **ISO 12947-2: Determinación de la rotura de la probeta** (ISO 2016).

Se especializa en la meticulosa medición de la resistencia a la abrasión de tejidos mediante la aplicación del método Martindale. Este procedimiento se basa en la utilización de discos abrasivos con un material que sirve como testigo base, para llevar a cabo un número predeterminado de ciclos de abrasión, con el objetivo de evaluar la capacidad del tejido para resistir la manifestación de signos evidentes de desgaste superficial, hasta alcanzar la rotura del material.

2.2.2 ISO 13934-1 Propiedades de los tejidos frente a la tracción

La norma ISO 13934-1, bajo el título Textiles – Propiedades de los tejidos frente a la tracción. Parte 1: **Determinación de la fuerza máxima y del alargamiento a la fuerza máxima por el método de la tira**. Prescribe un protocolo meticuloso para la cuantificación de la resistencia a la tracción y alargamiento en materiales textiles. Este método se basa en la sujeción de una muestra textil a una abrazadera de velocidad constante y la aplicación controlada de una fuerza de tracción hasta el punto de rotura. Durante el proceso, se efectúa la captura de datos relativos a las fuerzas aplicadas y al alargamiento del material en el transcurso del ensayo (ISO, 2013).

La norma ISO 13934-1 establece directrices precisas para la ejecución de este procedimiento y la subsiguiente determinación de los resultados, siendo de relevancia incuestionable en el ámbito de la ingeniería textil para garantizar la calidad y resistencia de los materiales textiles.

2.3 Flujogramas

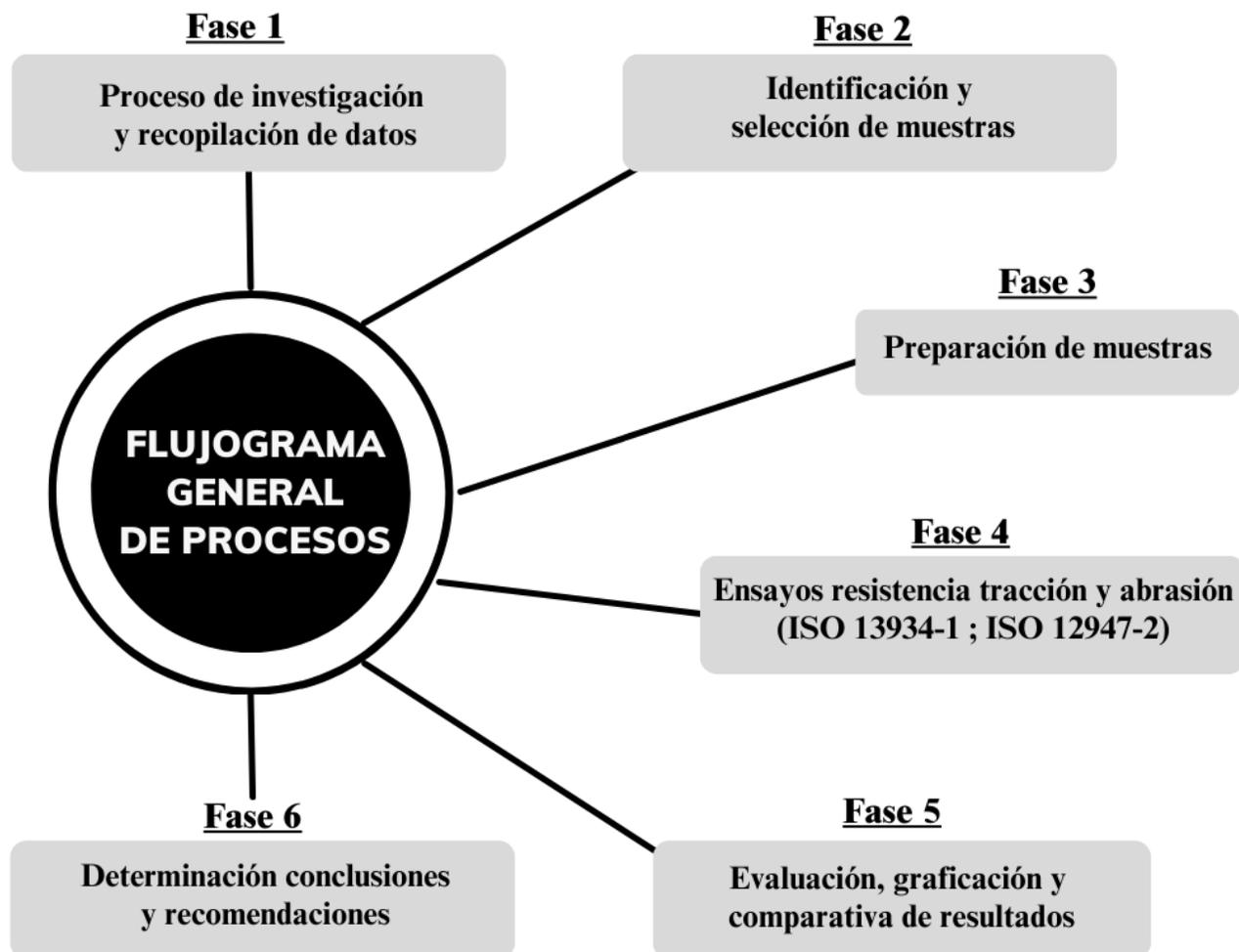
2.3.1 Flujograma general

Tal como se evidencia en la Figura 21, se muestra el flujograma general del proceso global, el cual está simplificado en base a los subprocesos necesarios para determinar la resistencia a la abrasión y a la tracción en las muestras de tejidos jersey 100% algodón y mezcla bambú/algodón.

Es a través de las normativas ISO 12947-2 (ensayo resistencia a la abrasión) e ISO 13934-1 (ensayo resistencia a la tracción) mismos que requieren una planificación previa a partir del cumplimiento de ciertos parámetros para que posteriormente pueda ser comparado su comportamiento mecánico, teniendo en cuenta condiciones iniciales.

Figura 21

Flujograma general

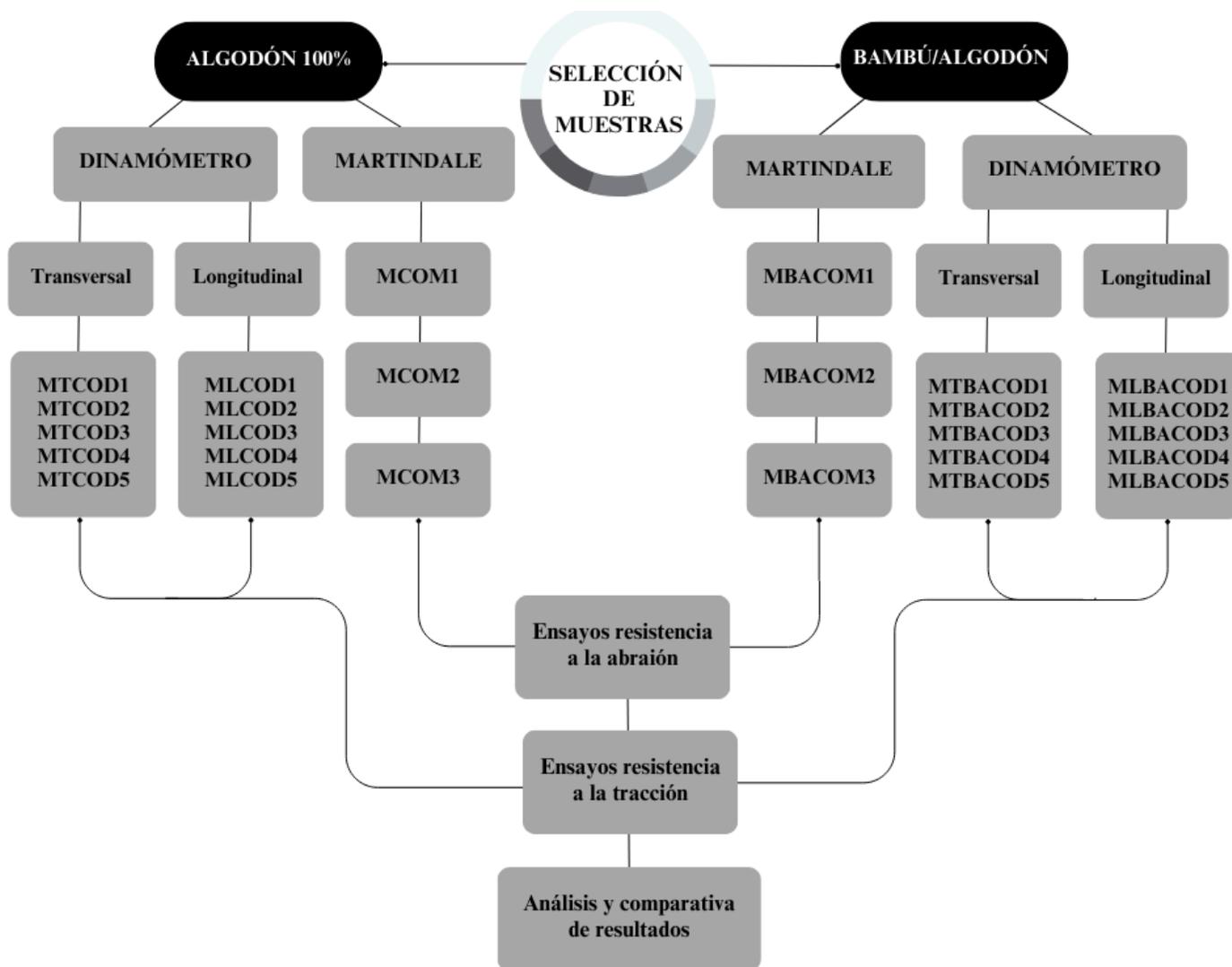


2.3.2 *Flujograma muestral*

El flujograma muestral que se detalla aplica la metodología de muestreo de la investigación como se indica en la Figura 22, evidencia la secuencia óptima y las etapas de esta, para la ejecución de los procesos y subprocesos que se requieren para la preparación y evaluación de los tejidos jersey 100% algodón y mezcla bambú/algodón.

Figura 22

Flujograma muestral



El diagrama muestral expuesto no solo confiere una sistematización adecuada del método de evaluación de ambos materiales contenidos, sino que también establece una sincronía secuencial para en lo posterior determinar y comparar individualmente cada tipo de resistencia con su respectivo apartado porcentual.

2.4 Equipos y materiales

Tabla 4

Equipos de ensayos

Equipos	Características
<p>Dinamómetro</p> <p>Marca: James Heal</p> <p>Modelo: Titan 5 Universal</p> <p>Tester</p>	<p>Este equipo proporciona un análisis técnico de ensayos para medir diversos factores mecánicos como: resistencia, tensión, flexión, desgarre, compresión, alargamiento a la rotura, entre otros y se puede aplicar a textiles y otro tipo de materiales. En el Anexo 6 se muestra la figura del equipo.</p> <p>Sus ventajas son su nivel de precisión y su software de análisis de datos incorporado.</p>
<p>Martindale</p> <p>Marca: James Heal</p> <p>Modelo: Midi-Martindale</p>	<p>El equipo Martindale, dispone de varios elementos que trabajan de forma integral en ciclos rotativos con el uso de un testigo de frotación para generar una fricción controlada, para medir diferentes factores como: resistencia a la abrasión y la valoración del nivel de pilling de textiles y materiales especializados. En el Anexo 6 se visualiza la figura del equipo.</p>

Fuente: (James Heal, 2023)

2.5 Procedimiento

2.5.1 Caracterización de los tejidos de muestra

Para iniciar con un análisis comparativo de resistencia tanto a la tracción y a la abrasión, para dos ejemplares de tejido de punto con diferente nivel de composición en cuanto a la materia prima de manufactura, las condiciones iniciales deben tener una similitud correlacional que sea equivalente, a partir de este principio se desarrolló la caracterización de ambas muestras en base a su densidad, es decir la contabilización en ambos sentidos, tanto en el sentido de columnas y pasadas correspondiente, además del título expresado en este caso en Ne (número inglés), el gramaje respectivo, que en este caso obtuvo tan solo 0.5% de variación y finalmente el porcentaje de composición contenido en las muestras denotado también en el Anexo 2 y Anexo 4.

Tabla 5

Caracterización general tejidos muestra

Materiales	Densidad	Título (Ne)	Gramaje (g/m²)	Composición (%)	
Sustrato textil 1	Columnas	33	20/1	199	BA/CO 70/30%
	Pasadas	88			
Sustrato textil 2	Columnas	32	20/1	200	CO 100%
	Pasadas	91			

Nota. Caracterización de factores técnicos de los materiales.

Tabla 6*Caracterización Título de Hilos Tejidos muestra ASTM D 1059-76*

Composición	Gramaje Tejido	Nro.	Tamaño real	Peso
Muestras	(g/m²)	muestras	hilos promedio	promedio
			(mm)	10 muestras
Algodón				
100%	200	10 hilos	287.4	0.0086 g
Mezcla				
Bambú/algodón	199	10 hilos	279.6	0.0082 g
70/30%				

La Tabla 6 detalla la relación directa entre el peso de las muestras, mismas que serán correlacionadas con el tamaño real de cada hilo según ASTM D 1059-76 (Anexo 10), es decir con la longitud proporcional, aplicando la fórmula de la constante de titulación en Ne y denotando su equivalencia

- **Título de hilo muestra Algodón 100%**

$$Ne = \frac{(0.5906 * 0.2874 \text{ m})}{0.0086 \text{ g}}$$

$$0.0086 \text{ g}$$

$$Ne = 19.73/1 = 20/1 \text{ Ne}$$

- **Título de hilo muestra Bambú/algodón 70/30%**

$$Ne = \frac{(0.5906 * 0.0082 \text{ m})}{0.0082 \text{ g}}$$

$$0.0082 \text{ g}$$

$$Ne = 20.13/1 = 20/1 \text{ Ne}$$

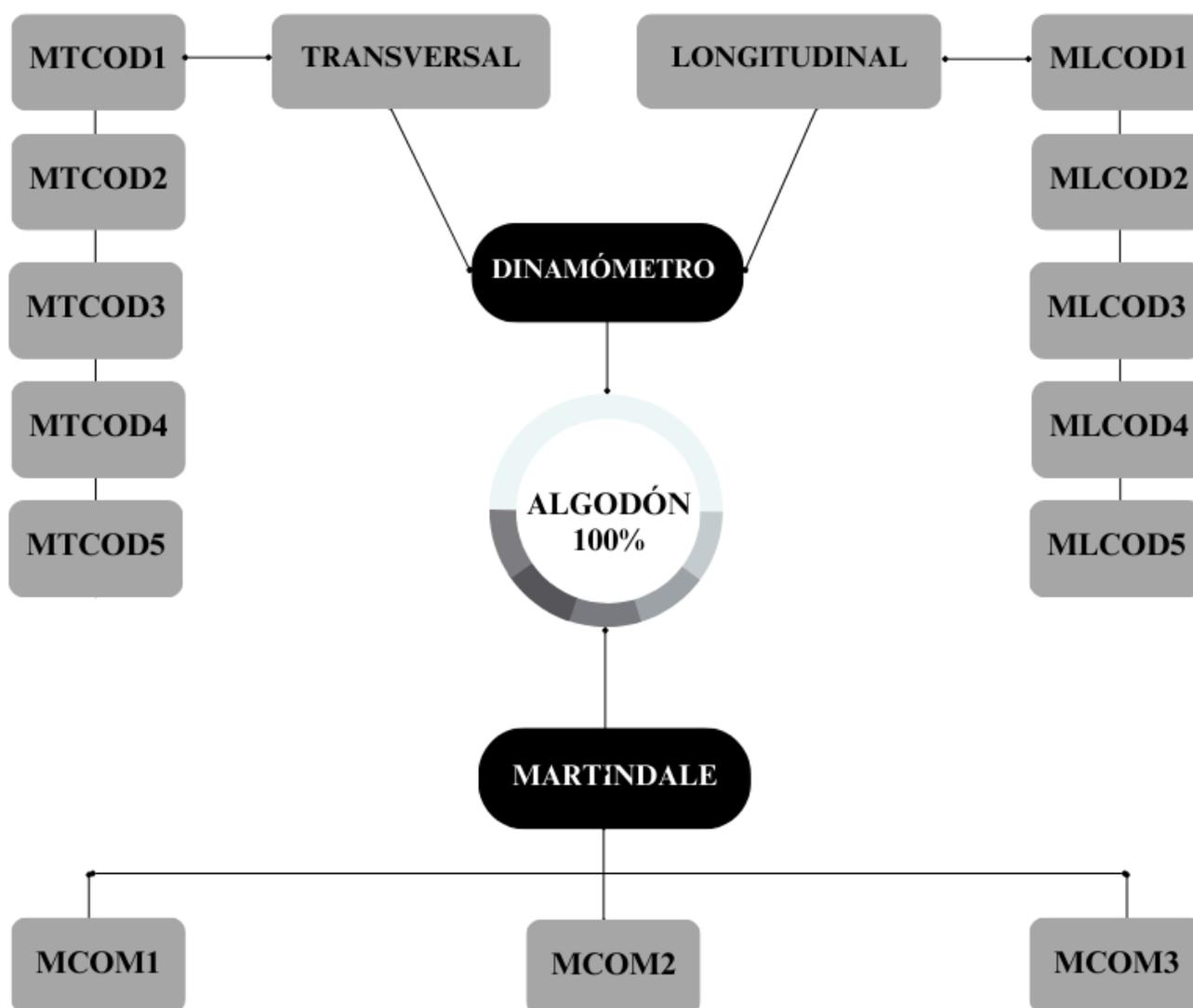
2.5.2 Selección de las muestras

2.5.2.1 Selección de muestras y probetas de tejido jersey 100% algodón

La Figura 23 confiere el número de probetas, es decir el número de muestras a analizarse para cada prueba, tanto para el Martindale como para el dinamómetro, además muestra la codificación especificada previamente para cada muestra del tejido jersey 100% algodón.

Figura 23

Selección muestras single jersey 100% CO

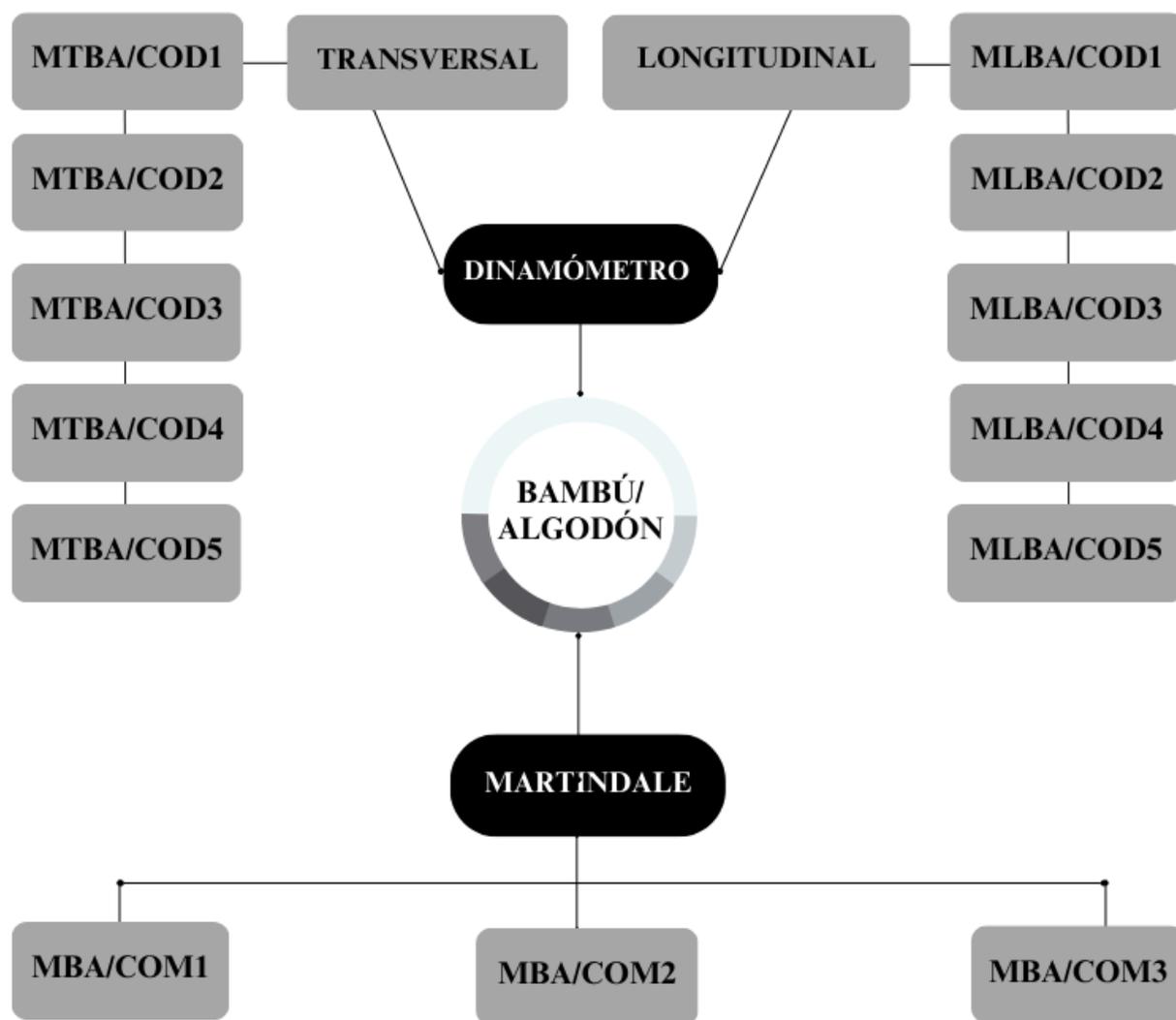


2.5.3 Selección de muestras y probetas de tejido jersey mezcla bambú/algodón

La Figura 24 confiere el número de probetas, es decir el número de muestras a analizarse para cada prueba, tanto para el Martindale como para el dinamómetro, además muestra la codificación especificada previamente para cada muestra del tejido jersey mezcla bambú/algodón.

Figura 24

Selección muestras single jersey bambú/algodón 70/30%



Nota. Se describe el flujograma muestral del tejido mezcla bambú/algodón 70/30%

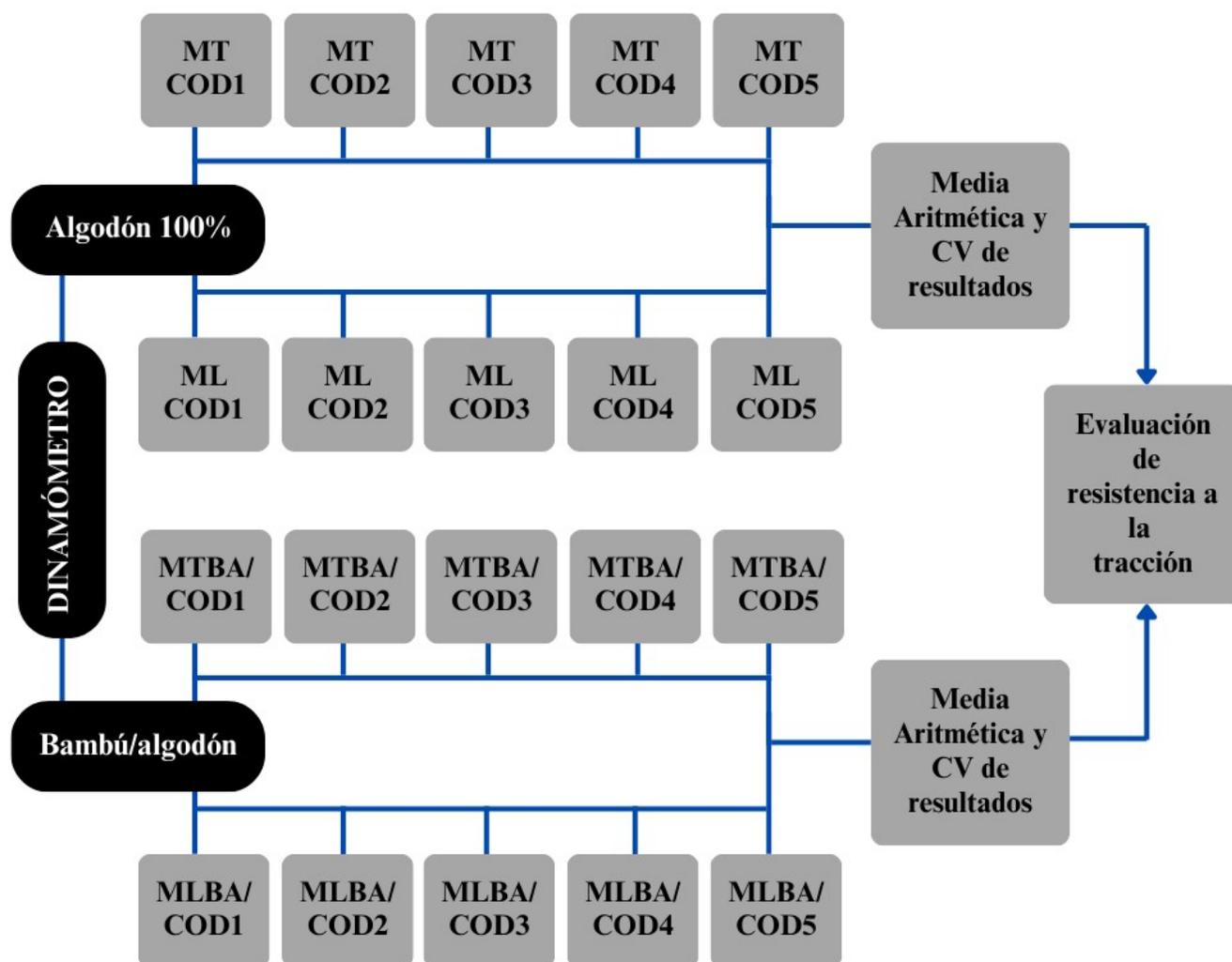
2.6 Metodología de campo

Análisis de resistencia a la tracción

Se indica en la Figura 25 el proceso lógico desglosado para evaluar la resistencia a la tracción de las muestras.

Figura 25

Método evaluación resistencia a la tracción



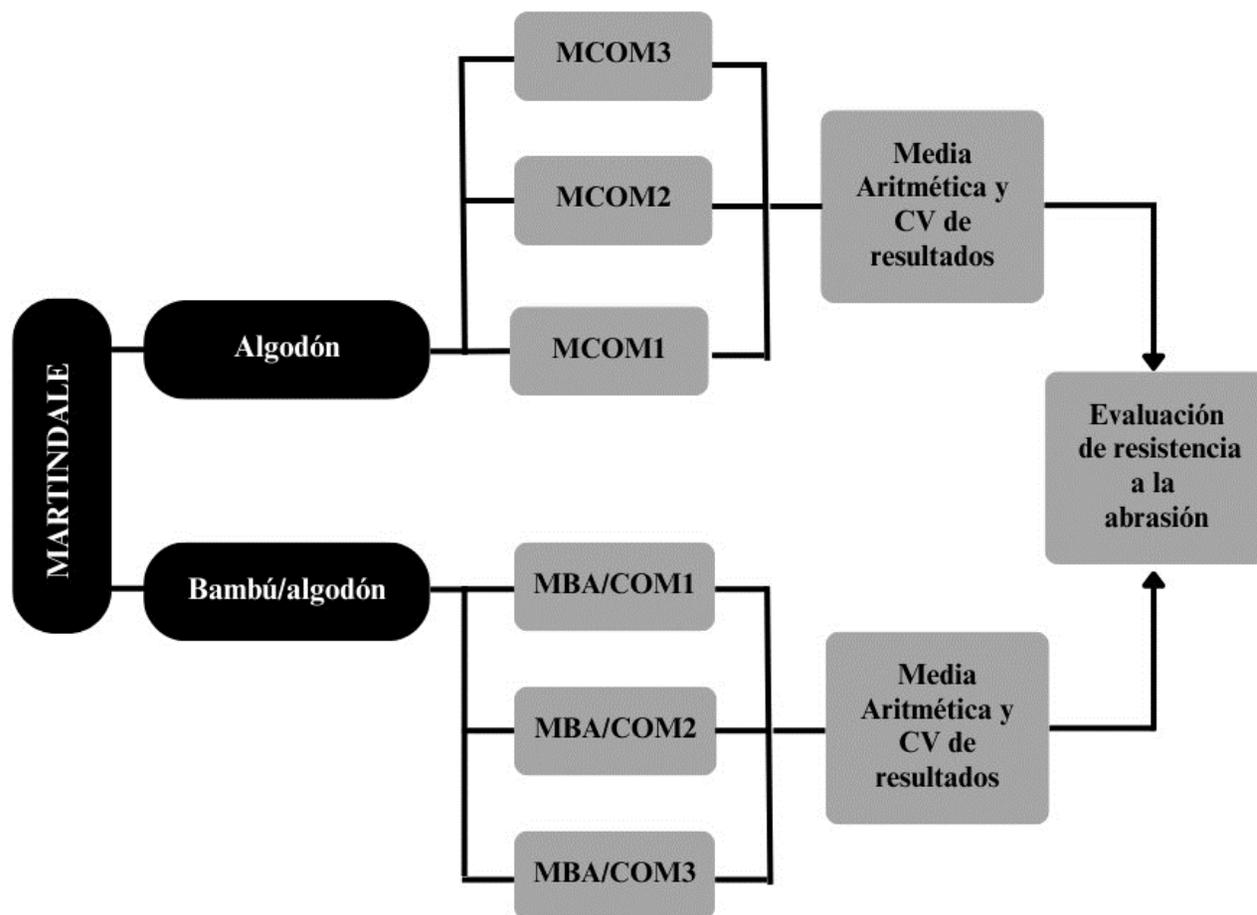
Nota. El mapa distributivo de muestras describe el modelo de evaluación de resistencias a la tracción.

Análisis de resistencia a la abrasión

Se presenta en la Figura 26 el método valorativo de las resistencias a la abrasión.

Figura 26

Método evaluación resistencia a la abrasión



Nota. El mapa distributivo de muestras describe el modelo de evaluación de resistencias a la abrasión.

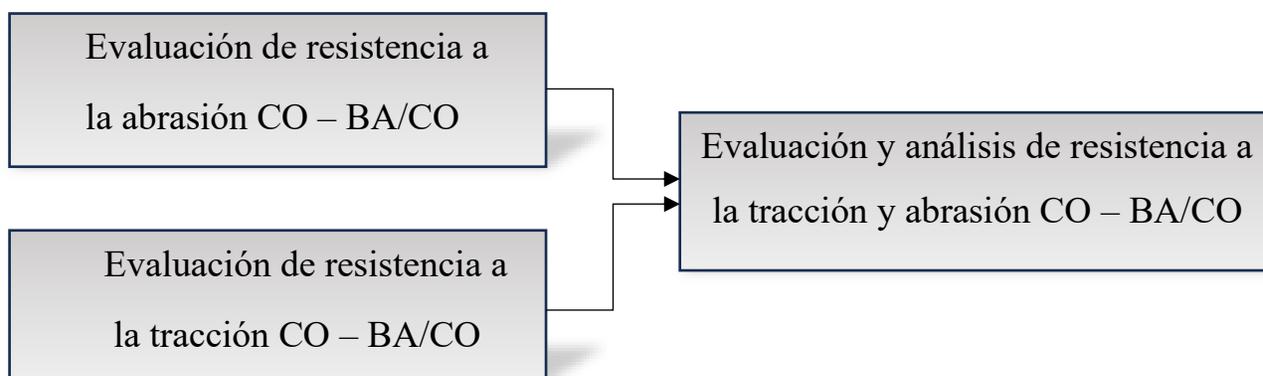
Evaluación de resultados

A partir de la data de los ensayos de resistencia a la tracción y abrasión, se procede con una evaluación final de resultados, con el fin de determinar cuál de los dos materiales posee mejores propiedades mecánicas.

Se sintetiza en la Figura 27 la metodología global del análisis de tracción y abrasión en los dos tipos de tejidos seleccionados previamente indicados.

Figura 27

Evaluación general de resistencia a la tracción y abrasión



Nota. La gráfica simplifica el proceso de evaluación general de las muestras abarcadas en los ensayos tanto de tracción y abrasión, para luego pasar por un proceso posterior de evaluación y análisis de sus niveles de resistencia.

2.6.1 Preparación de muestras para ensayos

Procedimiento ensayo resistencia a la tracción

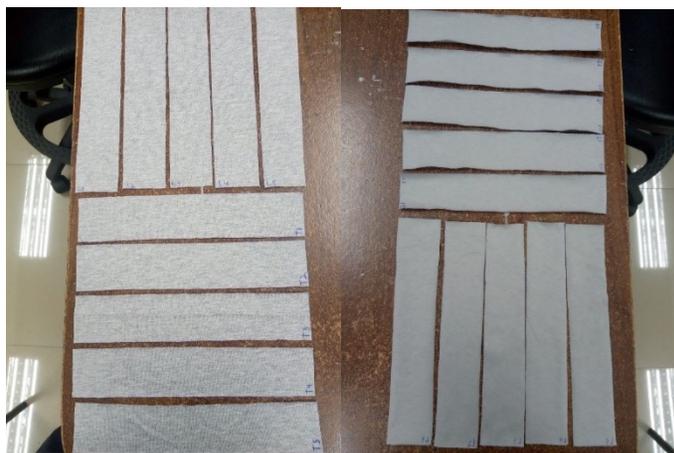
El apartado de los ensayos de tracción bajo la norma ISO 13934-1 es necesario tomar como mínimos 5 muestras longitudinales (columnas) y 5 muestras en sentido transversal (pasadas) de cada material, la norma determina una dimensión de la probeta de 200 mm de largo y 50 mm \pm 5 mm de ancho. El equipo debe funcionar a una velocidad constante de alargamiento (CRE) de entre 20 mm/min y 100 mm/min. El ancho de la mordaza debe ser de 60mm o más. El acondicionamiento de las muestras debe ser según ISO 139.

a) Corte de probetas

- Se procede a realizar el corte de probetas de 200 mm * 50mm tanto en la muestra algodón 100% y mezcla bambú/algodón. Se recomienda dejar una leve tolerancia en el largo para un mejor agarre o sujeción durante el ensayo.

Figura 28

Corte probetas algodón 100% y mezcla bambú/algodón 70/30%

**b) Preparación del equipo****Figura 29**

Preparación y ajuste equipo Dinamómetro



- Se ajustan las piezas correctas en el dinamómetro (T 27) según la norma ISO 13934-1, este debe estar calibrado y funcionando correctamente para su posterior carga de las probetas.

c) Configuración del equipo

Figura 30

Configuración software Dinamómetro



- Se configura el software predeterminado del dinamómetro, datos como el número de muestra, si es de trama o urdimbre y el número total de muestras en cada sentido.

d) Colocación de muestras en el equipo

Figura 31

Carga de probetas Dinamómetro



- Se procede a acoplar las probetas previamente seleccionadas para continuar con el proceso de carga inicial, asegurando que la muestra esté bien sujeta a las pinzas de sujeción.

e) Inicio ensayo resistencia a la tracción

Figura 32

Inicio ensayo resistencia a la tracción



- Finalmente, se procede a iniciar la operación del dinamómetro, el cual ejerce una tensión directa que se detiene solo cuando el sensor incorporado detecta su punto máximo de flexión, es decir cuando se produce la ruptura de los materiales.

Procedimiento ensayo resistencia a la abrasión

Para la aplicación de los ensayos de abrasión en condiciones de laboratorio, se empleó la norma ISO 12947-2, la cual especifica la masa de carga según el tipo de tejido a analizar, y su principio esta normado con un testigo abrasivo, que ejerce ciclos constantes de frotación sobre el brazo rotativo que contiene las probetas de 38 mm de diámetro, hay que considerar mínimo se trabaja con 3 probetas por cada tipo de tejido o material. Las condiciones de laboratorio deben ser de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ y mantener una humedad relativa constante de $65\% \pm 2\%$.

A) Selección de troqueles y pesas

Figura 33

Selección de pesas Martindale



- Se seleccionó la pesa de 9 Kpa, debido a que los tejidos analizados son fabricados para un uso cotidiano o doméstico, en este caso esta es la presión específica que ejerce la fricción adecuada sobre las muestras según su funcionalidad.

B) Troquelado para testigo

Figura 34

Troquelado testigos base



- Los testigos estandarizados deben ser troquelados para la prueba de abrasión, estos servirán como base de la fricción generada por el brazo mecánico del equipo Martindale.

C) Colocación de los testigos

Figura 35

Ajuste testigos base



- Se coloca el material abrasivo testigo, el cual es estandarizado según la normativa ISO 12947-2. Debe asegurarse la sujeción correcta y homogénea como se aprecia en la Figura 35.

D) Troquelado de probetas

Figura 36

Probetas muestras de tejidos



- Las probetas de ambos tejidos muestras deben ser troqueladas con precisión (38 mm) según la norma empleada, con el fin de ser analizadas posteriormente en el equipo Martindale.

E) Troquelado esponja base de las probetas

Figura 37

Probetas esponja base



- Los moldes estandarizados de las esponjas base, se deberán ocupar en cada probeta con la ayuda de la base guía, correspondiente al brazo rotativo superior del Martindale.

F) Incorporación esponja base y probeta en el armazón

Figura 38

Ajuste de probetas en armazón



- Se incorpora la esponja base en conjunto con las probetas de las muestras, ambas se fijan en el armazón asegurando la sujeción correcta.

G) Fijación de las probetas

Figura 39

Probetas fijadas en armazón



- Las probetas deben ser fijadas a la base guía del equipo Martindale, con la ayuda de la esponja base; la muestra debe quedar bien sujeta y no presentar distensiones o arrugas en su superficie.

H) Ajuste probetas en Martindale

Figura 40

Probetas ajustadas e inicio de ensayo



- El paso final antes del ensayo de resistencia a la abrasión culmina con la implementación bien fija de la base guía con sus respectivas pesas de 9Kpa individualmente en cada probeta.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Resultados

Se proporcionan los resultados extraídos en concordancia con las normativas ISO aplicadas (13934-1 / 12947-2) para el desarrollo de los ensayos de resistencias, tanto a la tracción y a la abrasión consecutivamente de las muestras analizadas. La interpretación estadística de los datos obtenidos se realizó mediante el software PAST 4, con el cual se efectuaron los análisis de verificación de la confiabilidad y varianza de las diferentes pruebas, además, se procesaron los datos obtenidos para la posterior tabulación de tablas, incluyendo gráficos de correlación y comparativos.

3.1.1 Resistencia a la tracción

Según lo pertinente a la evaluación de resistencia a la tracción se emplearon dos tejidos jersey de diferente composición, sin embargo, ambos mantienen un alto nivel de similitud estructural y funcional, factores que confieren la posibilidad de ser comparados con una adecuada homogeneidad inicial de sus condiciones.

Mediante la Tabla 7 expuesta se detallan algunas especificaciones en cuanto a los datos técnicos de las muestras ensayadas, además de las especificaciones del equipo para realizar el ensayo de tracción, también se incluye su respectiva codificación y normativa aplicada. Seguidamente en la se indica la tabulación de los valores obtenidos de la muestra algodón 100% en dirección de las columnas y pasadas.

Tabla 7

Ficha informativa para la evaluación de la resistencia a la tracción

FECHA DEL ENSAYO	2023-10-01	
ENSAYO SOLICITADO	Propiedades de los tejidos frente a la tracción. Parte 1: Determinación de la fuerza máxima y del alargamiento a la fuerza máxima por el método de la tira.	
NORMA DEL ENSAYO	ISO 13934-1: 2013	
CODIFICACIÓN MUESTRAS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
MLCOD1- D5 / MTCOD1- D5	Algodón 100%	2.5 metros
MLBACOD1-D5 / MLBACOD1-D5	Bambú/algodón 70/30	2.5 metros
EQUIPO	-Dinamómetro: Modelo Titan 5, Marca James Heal	
ESPECIFICACIONES	-Número de probetas por muestra: 5 Urdimbre – 5 Trama -Dimensión probetas: 200 mm largo – 50 mm ancho -Velocidad: 100 mm/min -Separación de mordazas: 200 mm -Pretensión: 2 N -Célula de carga: 5000 N	

Antes del apartado de resultados para ambas muestras, en la Tabla 7 expuesta se evidencia que los parámetros del ensayo de dinamometría son los mismos para ambos especímenes de tejidos, sin importar su composición, se detalla la codificación en el siguiente orden:

MLCOD1- D5: Muestra longitudinal algodón 100% desde la probeta 1 hasta la probeta 5.

MTCOD1- D5: Muestra transversal algodón 100% desde la probeta 1 hasta la probeta 5.

MLBACOD1-D5: Muestra longitudinal bambú/algodón 70/30% desde la probeta 1 hasta la probeta 5.

MTBACOD1-D5: Muestra transversal bambú/algodón 70/30% desde la probeta 1 hasta la probeta 5.

Los resultados subsiguientes de los ensayos de tracción están basados en estas codificaciones descritas, las cuales sistematizan y ordenan la presentación de datos para una interpretación que presenta una trazabilidad adecuada a la rigurosidad de la normativa ISO ejecutada.

El orden respectivo de la presentación de resultados de la aplicación de la norma ISO 13934-1, antepone los datos de la muestra jersey algodón 100% primero en el sentido longitudinal, seguido del sentido transversal, en forma similar se procede con la presentación de datos de la muestra jersey mezcla bambú/algodón 70/30%, inicialmente en su sentido longitudinal y luego su desenlace en sentido transversal.

Consiguientemente la Tabla 8 **Tabla 8** presentada enseguida muestra los resultados en sentido longitudinal del tejido 100% algodón, los cuales se subdividen en la fuerza máxima y en el apartado de la elongación a la fuerza máxima aplicada al momento de la ruptura de la probeta.

Tabla 8*Resultados evaluación de la resistencia a la tracción longitudinal CO 100%*

Sentido longitudinal (columnas)			
Nro.	Código muestras	Fuerza máxima	Elongación a la fuerza
	CO 100%	(N)	máxima (%)
1	MLCOD1	307,26	63,58
2	MLCOD2	313,14	64,92
3	MLCOD3	289,04	61,61
4	MLCOD4	290,39	61,14
5	MLCOD5	300,64	66,32
	Media Aritmética	300,09	63,51
	Desviación típica	10,47	2,19
	Límites de confianza	±12,97	±2,71
	CV	3,49%	3,44%

Se muestran los 4 parámetros principales de medición de la fuerza máxima (N) y también de la elongación presentada a la fuerza máxima ejercida (%), tanto la media aritmética, la desviación típica, los límites de confianza superior e inferior y finalmente el coeficiente de variación (CV) de ambos ítems de la muestra ensayada. Más adelante, en el apartado de discusión de resultados se agruparán e interpretarán todos los datos de esta y de las siguientes tablas relacionadas a los ensayos de dinamometría, para denotar la correlación establecida en las pruebas.

Seguidamente se evidencian en la Tabla 9 los datos obtenidos de la resistencia a la tracción de la muestra algodón 100%, en este caso en relación con su sentido transversal del tejido single jersey.

Tabla 9

Resultados evaluación de la resistencia a la tracción transversal CO 100%

Nro.	Sentido transversal (pasadas)		
	Código muestras CO 100%	Fuerza máxima (N)	Elongación a la fuerza máxima (%)
1	MTCOD1	208,34	96,99
2	MTCOD2	222,32	97,69
3	MTCOD3	226,57	103,51
4	MTCOD4	223,83	103,67
5	MTCOD5	222,94	96,19
Media Aritmética		220,8	99,61
Desviación típica		7,15	3,67
Límites de confianza		±8,87	±4,55
CV		3,24%	3,69%

Se describe la codificación y resultados de resistencia a la tracción de cada una de las 5 probetas analizadas en dirección de las pasadas de la muestra algodón 100%.

También se incluyen los valores individuales arrojados por el software TestWise™ en cuanto a la fuerza máxima (N) y los valores arrojados en cuanto a la elongación a la fuerza máxima.

Una vez tabulados los resultados de resistencia a la tracción del tejido algodón 100% de forma individual, tanto en su sentido longitudinal y transversal, se procede en la Tabla 10 a registrar los valores de dinamometría de la muestra mezcla bambú/algodón 70/30% en dirección longitudinal.

Tabla 10

Resultados evaluación resistencia a la tracción longitudinal BA/CO 70/30%

Sentido longitudinal (columnas)			
Nro.	Código muestras BA/CO 100%	Fuerza máxima (N)	Elongación a la fuerza máxima (%)
1	MLBACOD1	315,06	58,54
2	MLBACOD2	294,38	57,26
3	MLBACOD3	286,32	58,09
4	MLBACOD4	288,02	56,64
5	MLBACOD5	304,92	57,17
	Media Aritmética	297,74	57,54
	Desviación típica	12,12	0,7611
	Límites de confianza	±15,03	±0,9435
	CV	4,07%	1,32

Se presenta la codificación de las probetas ensayadas, el resultado de la fuerza máxima (N), los datos de la elongación a la fuerza máxima (%) y sus respectivos datos estadísticos de variación.

Posteriormente una vez visibilizados los datos de resistencia a la tracción longitudinal de la mezcla bambú/algodón 70/30%, la Tabla 11 expresa la resistencia transversal de la misma muestra.

Tabla 11

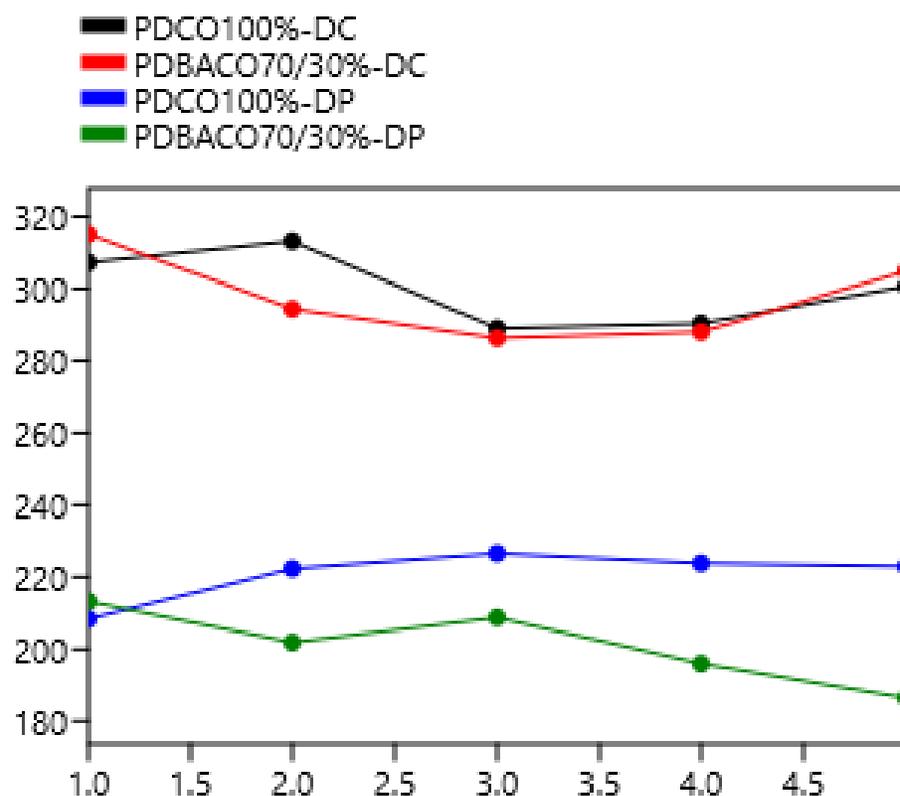
Resultados evaluación de resistencia a la tracción transversal BA/CO 70/30%

Sentido transversal (pasadas)			
Nro.	Código muestras	Fuerza máxima	Elongación a la fuerza
	BA/CO 100%	(N)	máxima (%)
1	MTBACOD1	213,19	99,2
2	MTBACOD2	201,85	93,07
3	MTBACOD3	208,76	95,28
4	MTBACOD4	195,98	90,93
5	MTBACOD5	186,42	91,11
	Media Aritmética	201,24	93,92
	Desviación típica	10,57	3,44
	Límites de confianza	±13,11	±4,26
	CV	5,25%	3,66%

Se describe la codificación y resultados de cada una de las 5 probetas analizadas en dirección de las pasadas de la muestra mezcla bambú/algodón 70/30%. De forma secuencial una vez descritos todos los valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la tracción la figura

Figura 41

Gráfica resistencia a la tracción (N) CO 100% y BA/CO /70/30%



Nota. Las siglas DC indica dirección columnas y DP señala dirección pasadas.

Se evidencia en la Figura 41 una correlación lineal con tendencia positiva en las variables de ambas muestras analizadas (fuerza máxima en dirección columnas y dirección pasadas), es decir que tanto la variable de fuerza máxima (N) necesaria para provocar la ruptura en la muestra algodón 100% y en la muestra bambú/algodón 70/30% mantienen una relación estadística, lo que indica que si aumenta el valor en una variable, la muestra referencial comparativa también lo hará.

Además se muestra una aglomeración positiva para ambas muestras (CO 100% y BA/CO 70/30%) en cuanto al ensayo de dinamometría en dirección de las columnas (DC), esto debido a

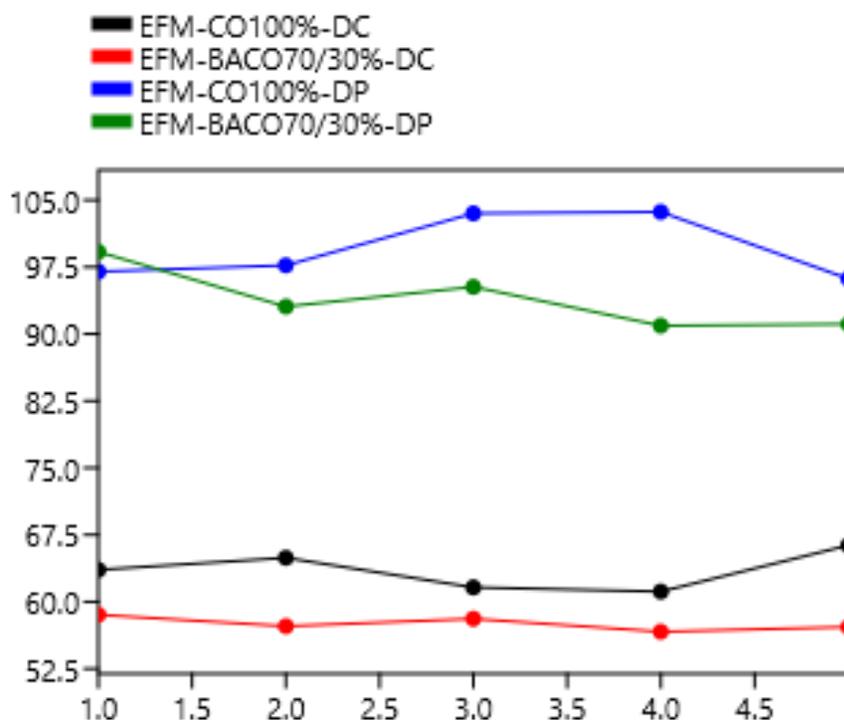
que las probetas CO 100% mantienen un promedio de 300.09 N, y las probetas BA/CO 70/30% presentan una media aritmética de 297.74 N, equivalente a un coeficiente de variación de 3.59%.

A su vez el conglomerado numérico de las variables de fuerza máxima (N) de la muestra CO 100% y BA/CO 70/30% en el apartado de dinamometría, sentido de las pasadas (DP), mantienen una dispersión visual más prominente, pero indica que el cúmulo de datos comparados preserva la focalización de sus valores en forma lineal, obteniendo un coeficiente de variación de 5,79 % y confiere los valores de media aritmética de 63.51 N y 57.54 N secuencialmente entre los tejidos single jersey algodón 100% y bambú/algodón 70/30%.

Acto seguido la Figura 42 establece la paridad estadística existente en los ensayos de resistencia a la tracción, específicamente de la variable elongación a la fuerza máxima (EFM), tanto para la muestra algodón 100% y bambú/algodón 70/30%, en el sentido de las columnas (DC) y en sentido de las pasadas (DP) para los dos especímenes.

Figura 42

Elongación a la fuerza máxima (%) CO 100% y BA/CO /70/30%



Se establece nuevamente a nivel gráfico en la Figura 42 una leve sobreposición por parte de los datos de la resistencia a la tracción de la muestra algodón 100% en relación con la muestra bambú/algodón 70/30%, la cual mantiene una superioridad estadística leve en este apartado de su elongación a la fuerza máxima (%), que a su vez se subdivide en sección longitudinal y transversal.

Se muestra también en la Figura 42 descrita una intersección estadística entre la variable de elongación a la fuerza máxima de muestra algodón 100% - dirección columnas (EFM-CO100%-DC) y la variable de elongación a la fuerza máxima de la muestra bambú/algodón 70//30% - dirección columnas (EFM-BACO70/30%-DC), esta intersección gráfica demuestra la cercanía experimental que ambos especímenes tienen en sus valores porcentuales de elongación a la fuerza máxima (%), es decir que son capaces de estirarse en el momento de la aplicación de la fuerza máxima para la ruptura de la probeta de forma similar: 63,51% para el algodón 100% y 57,54% de elongación para el bambú/algodón 70/30%.

Mientras que, en la variable de elongación a la fuerza máxima – dirección de las pasadas, aunque existe cercanía en los datos hallados tanto de la muestra algodón 100% (EFM-CO100%-DP) y la muestra bambú/algodón 70/30% (EFM-BACO70/30%-DP), no se evidencia una intersección estadística, lo cual indica que, aunque sus valores son cercanos, estos no comparten datos idénticos en ninguna parte del ensayo de tracción de esta variable, es decir mantienen una disimilitud en sus valores.

Más adelante en el apartado de discusión de resultados, estos valores hallados serán correlacionados bajo el modelo estadístico de Pearson, el cual permitirá conocer más a fondo la naturaleza de su comportamiento conductual de elongación a la fuerza máxima (%) a nivel experimental.

3.1.2 Resistencia a la abrasión

Para la tabulación de los resultados arrojados de los ensayos de resistencia abrasiva en el equipo Martindale tanto para el tejido jersey 100% algodón y mezcla bambú/algodón 70/30% se expone en la Tabla 12 la codificación respectiva de las muestras para ambas composiciones, la norma ISO aplicada, entre otros ítems de relevancia previo a la interpretación estadística.

Tabla 12

Ficha informativa para evaluación de resistencia a la abrasión

FECHA DEL ENSAYO	2023-10-01	
ENSAYO SOLICITADO	Determinación de la resistencia a la abrasión de los tejidos por el método Martindale. Parte 2: Determinación de la rotura de la probeta.	
NORMA DEL ENSAYO	ISO 12947-2: 2016	
CODIFICACIÓN MUESTRAS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
MCOM1-MCOM2-MCOM3	Algodón 100%	3
MBACOM1-MBACOM2-MBACOM3	Bambú/algodón 70/30	3
EQUIPO	-Martindale: : Modelo Midi-Martindale	
ESPECIFICACIONES	-Materiales muestra: CO 100% - BA/CO 70/30% -Número de probetas: 3 por cada muestra -Dimensión probetas: 38 mm -Masa abrasiva: 9 KP	

La Tabla 12 expresa los principales parámetros del ensayo solicitado de resistencia a la abrasión; se aplicó la misma presión de 9 Kpa (masa abrasiva) para ambas muestras de tejidos single jersey, sin tener en cuenta su composición porcentual, se detalla su codificación a continuación:

MCOM1-M3: Muestra algodón 100% desde la probeta 1 hasta la probeta 3.

MBACOM1-M5: Muestra mezcla bambú/algodón 70/30% desde la probeta 1 hasta la probeta 3.

Una vez estipulados los parámetros de ensayo de resistencia a la abrasión para ambos tejidos jersey, a continuación, la Tabla 13 presenta los resultados individuales del comportamiento abrasivo de la muestra algodón 100%.

Tabla 13

Resultados de la evaluación de resistencia a la abrasión CO 100%

Nro.	Codificación muestras	Número de ciclos
1	MCOM1	36000
2	MCOM2	33000
3	MCOM3	35000
Media aritmética		35000
CV		4,4%

Se muestran los números de ciclos necesarios para provocar la ruptura de las probetas, el promedio de ciclos, el coeficiente de variación y también se incluye la codificación de las muestras ensayadas desde la probeta 1 hasta la probeta 3.

Posteriormente se indican en la Tabla 14 los resultados individuales de resistencia abrasiva obtenidos de la mezcla bambú/algodón 70/30%.

Tabla 14

Resultados de la evaluación de resistencia a la abrasión BA/CO 70/30%

Nro.	Codificación muestras	Número de ciclos
1	MBACOM1	78000
2	MBACOM2	72000
3	MBACOM3	75000
Media aritmética		75000
CV		4%

Se indican los números de ciclos promedio necesarios para provocar la ruptura de la probeta frente a la masa abrasiva constante de la mezcla bambú/algodón 70/30%, también se incorpora el coeficiente de variación y la respectiva codificación de las muestras.

3.1.3 Análisis de resultados

Dentro de la interpretación de resultados tanto de los ensayos de tracción y abrasión para las muestras algodón 100% y bambú/algodón 70/30%, en este apartado se desarrolla la interpretación estadística en cuanto a la normalidad de la distribución de los datos obtenidos y del análisis de la varianza.

3.1.4 Normalidad de datos

Para este análisis se evaluaron los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción ISO 13934-1 (fuerza máxima y elongación a la fuerza máxima), y para la resistencia a la abrasión 12947-2 (número de ciclos para ruptura probeta). Estos datos serán empleados para calcular la influencia directa de sus resistencias, en relación con su composición fibrilar inicial, evaluando de forma individual y luego simultáneamente los tejidos ensayados: jersey algodón 100% y mezcla bambú/algodón 70/30%. Este estudio se lleva a cabo con el propósito de validar la idoneidad y validación de los procedimientos adoptados en la investigación.

Seguidamente se detallan los hallazgos del análisis de confiabilidad de las muestras analizadas mediante la Figura 43, se valida la dispersión de los resultados obtenidos, en primer lugar, de los ensayos de tracción; para este en total se tomaron 5 muestras en sentido transversal y 5 longitudinal tanto para el tejido algodón 100% y mezcla bambú/algodón 70/30%. De este modo se obtuvo su elongación a la fuerza máxima (EFM); para los ensayos de abrasión se estableció el análisis muestral a 3 probetas por espécimen (CO 100% - BA/CO 70/30%).

Figura 43

Distribución normal tracción y abrasión BA/CO 70/30%

Tests for normal distribution

	PDBACO70/30%-DC	PDBACO70/30%-DP	EFM-BACO70/30-DC	EFM-BACO70/30-DP	PMBACO70/30%
N	5	5	5	5	3
Shapiro-Wilk W	0,9143	0,975	0,9472	0,8943	1
p(normal)	0,4938	0,9062	0,717	0,3793	1
Anderson-Darling A	0,2747	0,1653	0,2424	0,3113	0,1895
p(normal)	0,4966	0,873	0,581	0,3909	0,6307
p(Monte Carlo)	0,5671	0,9435	0,6917	0,4503	1
Lilliefors L	0,2092	0,1616	0,2432	0,1974	0,1747
p(normal)	0,6724	0,9736	0,4323	0,7541	3,574
p(Monte Carlo)	0,6925	0,952	0,4384	0,7827	1
Jarque-Bera JB	0,542	0,3669	0,4318	0,5792	0,2813
p(normal)	0,7626	0,8324	0,8058	0,7486	0,8688
p(Monte Carlo)	0,4687	0,7757	0,6516	0,42	1

En la Figura 43 se identifica el nivel de confianza determinado en los datos resultantes de los ensayos de tracción y abrasión únicamente de la muestra BA/CO 70/30%. En este caso cuando se muestra el valor (P_{normal}) mayor a 0.05 ejemplifica un grado de confiabilidad técnica del 95%, en este sentido la distribución normal de las mediciones mencionadas es aprobada con éxito según Shapiro-Wilk, Anderson Darling, Lilliefors y Jarque-Bera, otorgando validez para el escrutinio estadístico.

La dispersión de los datos de la muestra bambú/algodón 70/30% en cuanto a los ensayos de tracción y abrasión mantiene parámetros positivos de variabilidad, existe una homogeneidad considerable en las variables de resistencia a la tracción (N) y sobre la elongación a la fuerza máxima (%), de igual forma se evidenció en los análisis abrasivos efectuados en el Martindale.

Una vez delimitado el nivel de confiabilidad de la muestra bambú/algodón 70/30%, presente en los datos obtenidos de los ensayos de tracción y abrasión, seguidamente se presenta en la Figura 44 la distribución normal de la muestra algodón 100%, se indican valores (P_{normal}) superiores a 0.05 según Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefors y Jarque-Bera en tanto a los ensayos de dinamometría en dirección de las columnas, elongación a la fuerza máxima en dirección transversal y longitudinal, finalmente los valores de la prueba de resistencia a la abrasión fue aprobada según los métodos anteriormente mencionados.

Figura 44

Distribución normal tracción y abrasión CO 100%

Tests for normal distribution

	PDCO100%-DC	PDCO100%-DP	EFM-CO100%-DC	EFM-CO100%-DP	PMCO100%
N	5	5	5	5	3
Shapiro-Wilk W	0,921	0,7613	0,9412	0,7942	1
p(normal)	0,5364	0,03773	0,6746	0,0726	1
Anderson-Darling A	0,2552	0,6731	0,2195	0,5387	0,1895
p(normal)	0,5403	0,03149	0,6706	0,08113	0,6307
p(Monte Carlo)	0,6413	0,0281	0,7801	0,0853	1
Lilliefors L	0,2231	0,3842	0,2081	0,2995	0,1747
p(normal)	0,5723	0,0168	0,68	0,1507	3,574
p(Monte Carlo)	0,5804	0,016	0,7052	0,1603	1
Jarque-Bera JB	0,5105	1,408	0,4713	0,7715	0,2813
p(normal)	0,7747	0,4947	0,7901	0,68	0,8688
p(Monte Carlo)	0,5305	0,0262	0,5928	0,1653	1

En la Figura 44 solo en el apartado del ensayo de fuerza máxima a la rotura (N) en dirección de las pasadas de la muestra CO 100% (PDCO 100% - DP) mostró una distribución normal aprobada según el método Jarque-Bera, con un valor de 0,4947 asegurando una dispersión dentro de parámetros estadísticos aceptados, aunque su coeficiente de variación (CV) no supera el 3,24%, esto se debe a que sus valores promedio en relación con los límites de confianza se encuentran relativamente distantes, encontrando una tendencia de distribución dispersa, según ciertos métodos, pero que linealmente adquiere finalmente una dispersión congruente y válida. Un comportamiento común en la estadística exploratoria, la cual se ajusta al presente tema investigativo.

3.1.5 Análisis de la varianza

EL análisis estadístico de la varianza de los diferentes tejidos ensayados fue realizado en el software PAST 4, aplicado de forma individual inicialmente para la muestra CO 100% como se indica en la Figura 45, entre los datos analizados se hallan los valores de la fuerza máxima a la rotura (N) y elongación a la fuerza máxima (%), ambos ítems lo componen una subclasificación en dirección transversal y longitudinal (5 probetas individuales de cada apartado), y finalmente se sintetiza la varianza porcentual inmersa del ensayo de resistencia a la abrasión de la misma muestra CO 100% (3 probetas).

Figura 45

Análisis varianza tracción y abrasión muestra CO 100%

 Univariate statistics

	PDCO100%-DC	PDCO100%-DP	EFM-CO100%-DC	EFM-CO100%-DP	PMCO100%
N	5	5	5	5	3
Min	289,04	208,34	61,14	96,19	33000
Max	313,14	226,57	66,32	103,67	36000
Sum	1500,47	1104	317,57	498,05	104000
Mean	300,094	220,8	63,514	99,61	34666,67
Std. error	4,680846	3,198557	0,9776482	1,642267	881,9171
Variance	109,5516	51,15385	4,77898	13,4852	2333333
Stand. dev	10,46669	7,152192	2,186088	3,67222	1527,525
Median	300,64	222,94	63,58	97,69	35000
25 prcnil	289,715	215,33	61,375	96,59	33000
75 prcnil	310,2	225,2	65,62	103,59	36000
Skewness	0,1177538	-1,937438	0,1831085	0,5147528	-0,9352195
Kurtosis	-2,229637	4,096303	-1,935317	-3,184451	-2,333333
Geom. mean	299,9482	220,7049	63,48396	99,55624	34644,01
Coeff. var	3,487804	3,239217	3,441899	3,686598	4,406323

En la Figura 45 se muestran los valores obtenidos de la varianza del ensayo de tracción y abrasión de la muestra algodón 100%, entre los principales factores a destacar, se encuentran:

El coeficiente de variación (CV) de todas las probetas se encuentra por debajo del 4,4% en todas las variables presentadas, tanto para la dinamometría como para las pruebas abrasivas. Además, se expone la media (Mean), valores máximos (Max), mínimos (Min), error estándar (Std. error), varianza (variance), mediana (Median), 25 percentil, 75 percentil y Kurtosis entre las más destacables.

En este sentido de las 5 columnas mostradas, 4 de ellas (PDCO100% - DC / EFM-CO100% - DC / EFM-CO100% - DP / PMCO100%) se hallan con valores negativos de Kurtosis, indicativo técnico que determina una distribución normal ligera, con poca concentración en las colas, esto puede ser un indicativo que la mayoría de los valores no mantienen rangos extremos.

Acto seguido se indica en la Figura 46 el respectivo análisis de la varianza de los resultados, a partir de ensayos de tracción y abrasión de la muestra BA/CO 70/30%.

Figura 46

Análisis varianza tracción y abrasión muestra BA/CO 70/30%

 Univariate statistics

	PDBACO70/30%	PDBACO70/30%	EFM-BACO70/30'	EFM-BACO70/30'	PMBACO70/30%
N	5	5	5	5	3
Min	286,32	186,42	56,64	90,93	72000
Max	315,06	213,19	58,54	99,2	78000
Sum	1488,7	1006,2	287,7	469,59	225000
Mean	297,74	201,24	57,54	93,918	75000
Std. error	5,420882	4,727711	0,3411598	1,537639	1732,051
Variance	146,9298	111,7563	0,58195	11,82167	9000000
Stand. dev	12,12146	10,57148	0,7628565	3,438266	3000
Median	294,38	201,85	57,26	93,07	75000
25 prcntil	287,17	191,2	56,905	91,02	72000
75 prcntil	309,99	210,975	58,315	97,24	78000
Skewness	0,7299776	-0,4473776	0,3423571	1,029867	0
Kurtosis	-1,126555	-0,7344206	-1,457804	0,2666559	-2,333333
Geom. mean	297,5448	201,0154	57,53596	93,86837	74959,98
Coeff. var	4,071156	5,253172	1,325785	3,660923	4

Se muestran en la Figura 46 los indicadores de media (Mean), valores máximos (Max), mínimos (Min), error estándar (Std. error), coeficiente de variación (CV), entre otros, del análisis de varianza de la muestra bambú/algodón 70/30%.

Se puede apreciar el menor coeficiente de variación en los valores de EFM-BACO70/30% - DP (elongación a la fuerza máxima muestra bambú/algodón 70/30% - dirección transversal) con un valor de 1,3257 (N) y el mayor rango de variación se obtuvo en el ítem de dinamometría PDBACO70/30% - DC (prueba dinamómetro resistencia a la fuerza máxima bambú/algodón 70/30% - dirección longitudinal) con un valor de CV 5,2531 (N).

Los valores de Kurtosis mantienen una cercanía a 0 o a su vez valores negativos, en todas las columnas, correspondientes a la fuerza máxima de la rotura (longitudinal y transversal), elongación a la fuerza máxima (longitudinal y transversal) y finalmente la sección de su resistencia abrasiva, denotando una distribución normal con tendencia plana en las colas, y ejemplifica una incidencia con tendencia de dispersión típica, es decir que su desviación estándar en general indica que existe baja variabilidad en los datos.

3.2 Discusión de resultados

Tras la presentación y tabulación de los datos tanto de resistencia a la tracción y resistencia a la abrasión de las muestras jersey 100% algodón y mezcla bambú/algodón 70/30%, se describen, analizan e interpretan los valores arrojados en los ensayos de tracción y abrasión de forma simultánea. Cabe englobar que los resultados dictaminarán si el tejido algodón 100% frente a una mezcla bambú/algodón70/30% iguala, supera o presenta menores propiedades de tracción y propiedades abrasivas.

3.2.1 Evaluación de resistencia a la tracción

Dentro de los resultados de resistencia a la tracción (N) se integran los valores de resistencia de la elongación a la fuerza máxima (%) ya que la norma ISO 13934-1 aplicada especifica que ambos parámetros deben hallarse en conjunto al ser analizado algún espécimen.

Seguidamente la Tabla 15 indica los principales resultados de la fuerza máxima a la ruptura (N) y de la elongación a la fuerza máxima (%), tanto para la muestra algodón 100% y mezcla bambú/algodón 70/30%, en sentido longitudinal y transversal.

Tabla 15

Resultado general de resistencia a la tracción CO 100% Y BA/CO 70/30%

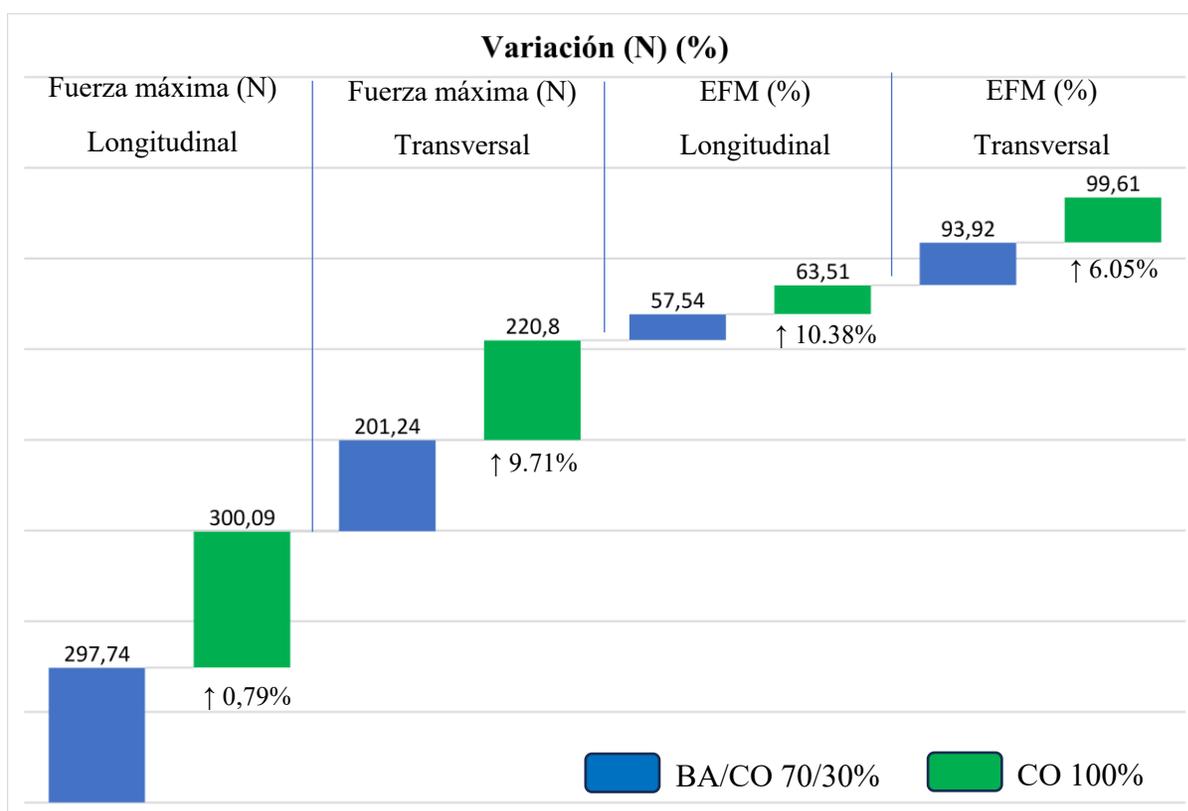
Nro.	Dirección Columnas (N)		Dirección Columnas (EFM) (%)		Dirección Pasadas (N)		Dirección Pasadas (EFM) (%)	
	CO 100%	BA/CO 70/30%	CO 100%	BA/CO 70/30%	CO 100%	BA/CO 70/30%	CO 100%	BA/CO 70/30%
	1	307,26	315,06	63,58	58,54	208,34	213,19	96,99
2	313,14	294,38	64,92	57,26	222,32	201,85	97,69	93,07
3	289,04	286,32	61,61	58,09	226,57	208,76	103,51	95,28
4	290,39	288,02	61,14	56,64	223,83	195,98	103,67	90,93
5	300,64	304,92	66,32	57,17	222,94	186,42	96,19	91,11
Media	300,09	297,74	63,51	57,54	220,8	201,24	99,61	93,92
% Variación	0.79%		10.38%		9.71%		6.05%	
Media combinada	298,91 N		60,52 %		211,02 N		96,76 %	
CV	3.59 %		5,79 %		6,33 %		4,65 %	

Nota. Las siglas (EFM) hacen referencia a elongación a la fuerza máxima

En términos generales la Tabla 15 evidencia que existe una alta equivalencia en cuanto a la resistencia a la tracción de ambas muestras, mientras tanto, en la Figura 47 presentada la muestra algodón 100% se superpone a la muestra mezcla bambú/algodón con apenas 0,79% (3,59% CV) de mayor resistencia en dirección de las columnas y de igual manera con un 10,38% (5,79 CV) de mayor resistencia de la elongación a la fuerza máxima ejercida (EFM).

Figura 47

Comparativa porcentual resistencia a la tracción



Nota. EFM corresponde a las siglas de elongación a la fuerza máxima (%)

En cuanto a la dirección de las pasadas, la Figura 47 mantiene el mismo escenario conductual de tracción, nuevamente la muestra mezcla bambú/algodón resulta tener una oscilación con tendencia inferior con relación al tejido algodón 100%.

Específicamente la mezcla bambú/algodón se encuentra 9,71% (6,33% CV) por debajo en su resistencia a la tracción (N), además, en cuanto a la elongación a la fuerza máxima (%) en dirección transversal la mezcla bambú/algodón 70/30% obtuvo un 6,05% menor de EFM (elongación a la fuerza máxima) en comparación con el tejido algodón 100%, y el coeficiente de variación fue de 4,65% entre los resultados de ambas muestras jersey.

En definitiva una vez aplicada la norma ISO 13934-1 a el tejido algodón 100% y a la mezcla bambú/algodón 70/30%, se determinó su comportamiento de resistencia a la fuerza máxima o tracción y también los valores de su elongación a la fuerza máxima, tal como lo indica la norma aplicada, se precisa que la muestra algodón 100% fue superior en todas las variables que componen la Tabla 15, aunque no mostró una superioridad muy notable o abrupta, existe una aparente e indiscutible conducta de resistencia que sobrepasa a las propiedades de la muestra bambú/algodón 70/30%.

A partir de la tabulación general de la Tabla 15 sobre los resultados de resistencia a la tracción de las muestras algodón 100% y bambú/algodón 70/30% se expresa en la Figura 48 los principales hallazgos comparativos de fuerza máxima (N) y elongación a la fuerza máxima (%) de las muestras algodón 100% y mezcla bambú/algodón expresados y resumidos gráficamente donde:

Fuerza máxima longitudinal (N)

Elongación a la fuerza máxima longitudinal (%)

■ MLCOD (algodón 100%)

■ EFM-MLCOD (algodón 100%)

■ MLBACOD (bambú/algodón 70/30%)

■ EFM-MLBACOD (bambú/algodón 70/30%)

Fuerza máxima transversal (N)

Elongación a la fuerza máxima transversal (%)

■ MTCOD (algodón 100%)

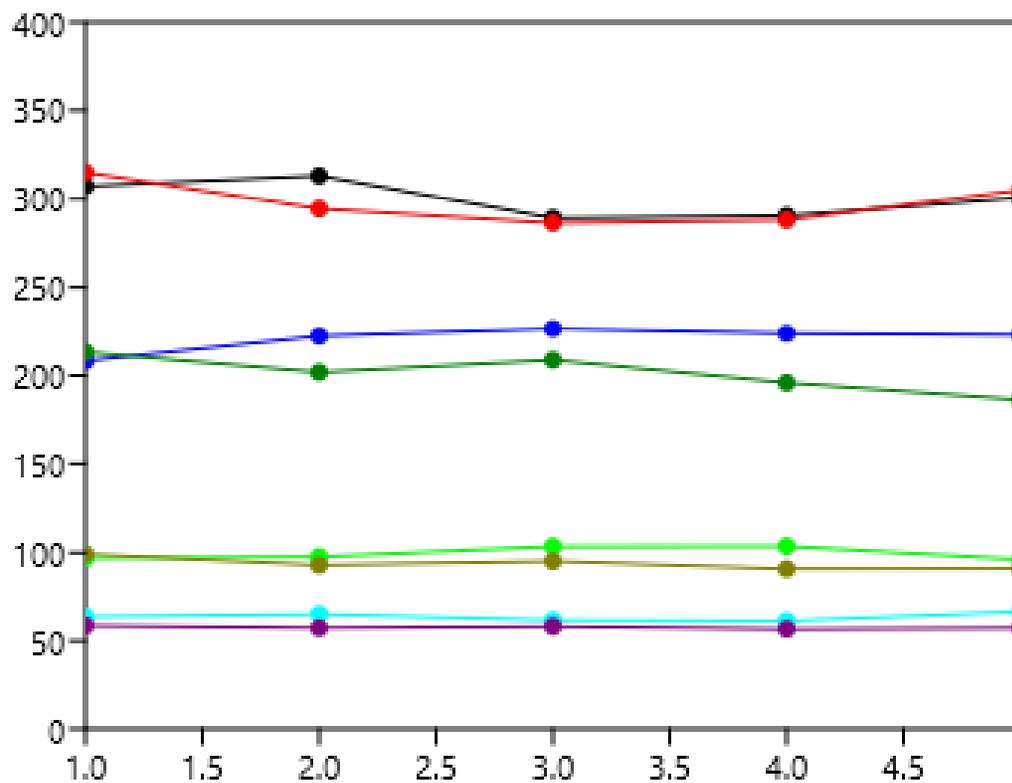
■ EFM-MTCOD (algodón 100%)

■ MTBACOD (bambú/algodón 70/30%)

■ EFM-MTBACOD (bambú/algodón 70/30%)

Figura 48

Gráfica comparativa resistencia tracción CO 100% Y BA/CO 70/30%



La Figura 48 que antecede también destaca y permite valorar la asociación estadística entre los valores de las muestras jersey algodón 100% y el tejido bambú/algodón 70/30% en cuanto a 4 variables diferentes, fuerza máxima (longitudinal y transversal) y elongación a la fuerza máxima (longitudinal y transversal), a partir de estos datos, posteriormente se aplicó la fórmula de correlación de Pearson, la cual permite precisar la fuerza y dirección de una relación lineal entre dos variables cuantitativas.

Se presentan los coeficientes correlativos de Pearson de cada una de las variables de ambas muestras analizadas, del ensayo de tracción de fuerza máxima (N) y elongación a la fuerza máxima (%), hay que tener en cuenta que la correlación se encuentra asociada entre los pares de las 4 variables previamente mencionadas, los cuales se aplican consecuentemente según la fórmula:

$$r = \frac{N\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[N\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][N\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}}$$

Dónde:

N = Número de valores o elementos.

Σxy = La suma de los productos de las puntuaciones emparejadas.

Σx = La suma de puntuaciones x.

Σy = La suma de puntuaciones y.

Σx^2 = Suma de cuadrados Puntuación x.

Σy^2 = Suma de cuadrados Puntuación y.

Correlación fuerza máxima (N) dirección longitudinal

MLCOD: Muestra longitudinal algodón 100%, ensayo dinamometría fuerza máxima (N).

MTBACOD: Muestra transversal bambú/algodón 70/30%, ensayo dinamometría fuerza máxima (N).

Su coeficiente de correlación de Pearson es $r \approx 0.60$

Existe una relación positiva entre las dos variables, pero no es tan fuerte como una correlación perfecta ($r=1$). A medida que una variable aumenta, la otra tiende a aumentar, pero la relación no es perfecta ni directamente proporcional.

Correlación fuerza máxima (N) dirección transversal

- **MTCOD:** Muestra transversal algodón 100%, ensayo dinamometría fuerza máxima (N)
- **MTBACOD:** Muestra transversal bambú/algodón 70/30%, ensayo dinamometría (N)

Se precisa un valor de correlación de Pearson de $r \approx -0,50$

Existe una relación negativa moderada entre las dos variables, pero no tan definida como una correlación negativa perfecta ($r = -1$). A medida que una variable aumenta (CO 100%), la otra tiende a disminuir (BA/CO 70/30%), pero la relación no es perfecta ni inversamente proporcional.

Correlación elongación a la fuerza máxima (%) dirección longitudinal

- **EFM – MLCOD:** Elongación a la fuerza máxima (%), muestra algodón 100%.
- **EFM – MLBACOD:** Elongación a la fuerza máxima (%), muestra bambú algodón 70/30%.

El valor de la correlación de Pearson $r \approx -0,041$

Indica una correlación débil entre las dos muestras de datos. Esto sugiere que no hay una tendencia clara en la relación entre las dos variables basándose en el coeficiente de correlación.

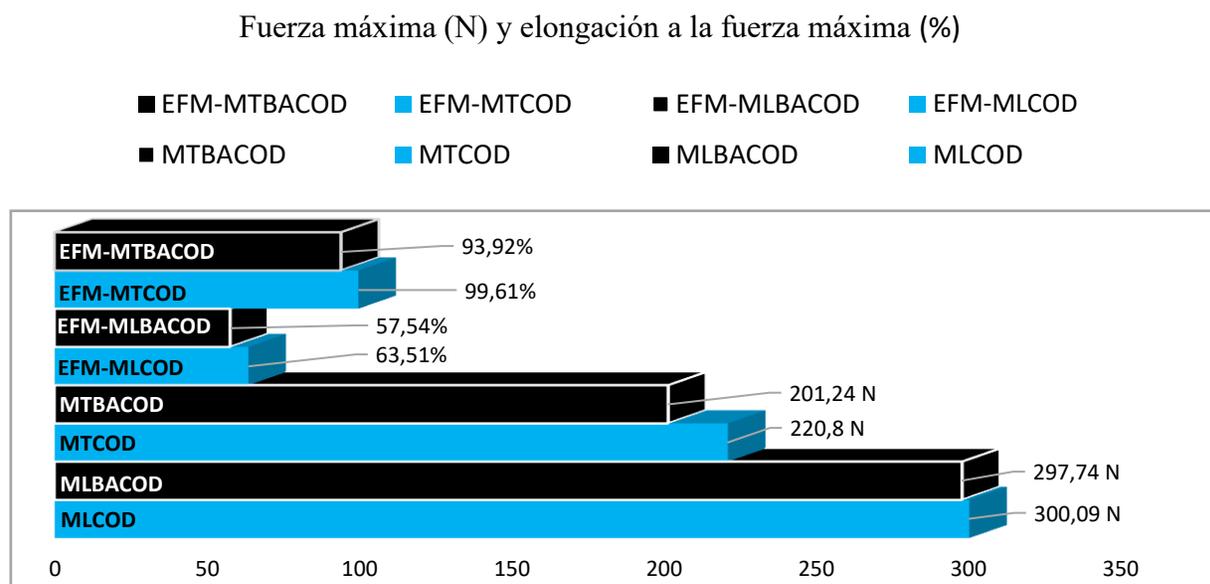
Correlación elongación a la fuerza máxima (%) dirección transversal

- **EFM – MTCOD:** Elongación a la fuerza máxima (%), muestra algodón 100%.
- **EFM – MTBACOD:** Elongación a la fuerza máxima (%) muestra bambú/algodón 70/30%. Se define un valor de correlación de Pearson de $r \approx -0,186$. Valor que sugiere una correlación negativa débil entre la elongación a la fuerza máxima de las dos muestras analizadas (CO 100% y BA/CO 70/30%).

Se puede deducir que el tejido algodón 100% mantiene una leve superioridad de resistencia a la tracción, como lo denota la Figura 49, en cuanto a las 4 variables analizadas: en sentido longitudinal y transversal, tanto la fuerza máxima (N) y elongación a la fuerza máxima (%).

Figura 49

Gráfica variación resistencia a la tracción



Se evidencia en la Figura 49 la cercanía de la muestra bambú/algodón 70/30% a la par de los datos del desempeño de la muestra algodón 100% en cuanto a su resistencia a la tracción, fuerza máxima (N) y elongación a la fuerza máxima (%).

Esto indica que aunque la presencia porcentual del espécimen con presencia de fibras de bambú no mejora las propiedades mecánicas de resistencia a la tracción que poseen los tejidos compuestos por algodón 100%, es indiscutible el hecho que la fibra de bambú mantiene una resistencia a la tracción promedio similar al algodón, lo que propicia un dato de altísima relevancia para la composición y aplicaciones de géneros textiles que contengan presencia de fibras de bambú regenerado, obteniendo una resistencia a la tracción muy aceptable.

3.2.2 Evaluación de resistencia a la abrasión

Se presentan enseguida en la Tabla 16 la disposición de los resultados en general obtenidos del ensayo de resistencia a la abrasión realizados en el equipo Martindale (ISO 12947-2), tanto para el tejido algodón 100% como para la mezcla bambú/algodón 70/30%.

Tabla 16

Resultado general resistencia a la abrasión CO 100% y BA/CO 70/30%

Nro.	Código Muestras CO 100%	Número de ciclos	Código Muestras BA/CO 70/30%	Número de ciclos
1	MCOM1	36000	MBACOM1	78000
2	MCOM2	33000	MBACOM2	72000
3	MCOM3	35000	MBACOM3	75000
	Media	35000		75000
	Media combinada		55000 ciclos	
	CV		40,47 %	

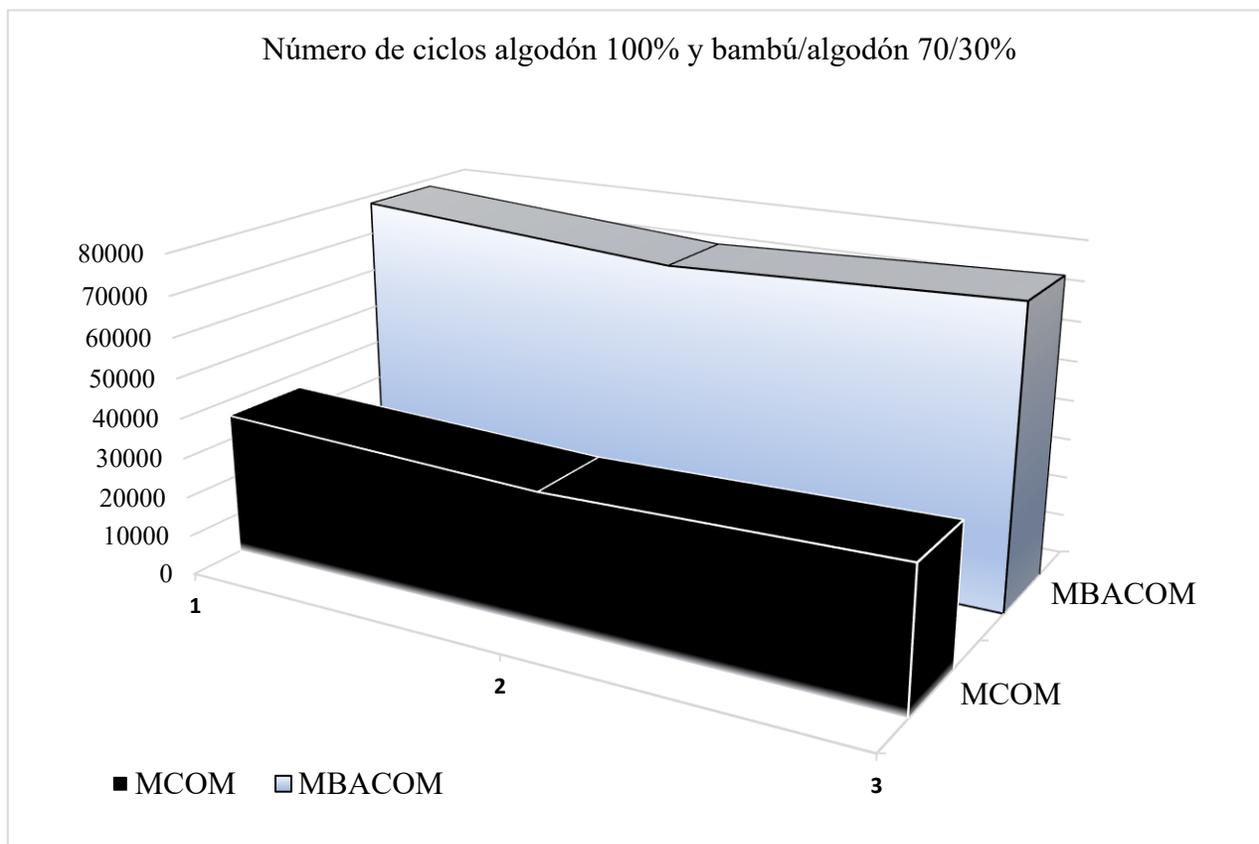
Dentro de los principales resultados de resistencia a la abrasión de la Tabla 16, la muestra de composición algodón 100% evidencia en su número del rango promedio el dato de 35 000 ciclos.

En su contraparte la muestra compuesta por una mezcla bambú/algodón 70/30% mostró un valor promedio de 75 000 ciclos de Lissajous, que es el patrón de oscilación que usa el equipo Martindale con el que se obtuvieron estos datos.

Mientras que la fibra de bambú mantiene una variación mínima de su coeficiente de variación fibrilar, y al ser una fibra regenerada, es decir obtenida a través de un proceso de extrusión, y debido a que no presenta vellosidad externa aparente, al combinarse con la fibra de algodón estas propiedades mencionadas pueden mejorar de forma significativa su desempeño abrasivo, esta variación y se encuentra reflejado en los resultados de la Figura 50.

Figura 50

Gráfica general resistencia a la abrasión CO 100% Y BA/CO 70/30%



Nota. MCOM (muestra algodón 100%) y MBACOM (muestra bambú/algodón 70/30%)

La Figura 50 representa una disimilitud estadística marcada, entre la variable del número de ciclos de frotación constante necesarias para provocar la ruptura de las muestras jersey algodón 100% y bambú/algodón 70/30%.

La muestra bambú/algodón 70/30%, exhibe un promedio significativamente mayor en la resistencia a la abrasión (75000 ciclos) en comparación con la muestra algodón 100% (35000 ciclos). Este aumento sugiere y le otorga mejores propiedades de resistencia a la abrasión a la mezcla bambú/algodón, lo que se traduce en una mayor durabilidad en las fricciones diarias a las que está sometido un tejido de punto.

Correlación de Pearson:

Existe una correlación ($r \approx -0.98$) sugiere una relación lineal negativa entre la composición de bambú/algodón y la resistencia a la abrasión. A medida que aumenta la proporción de bambú en la mezcla, la resistencia a la abrasión tiende a aumentar.

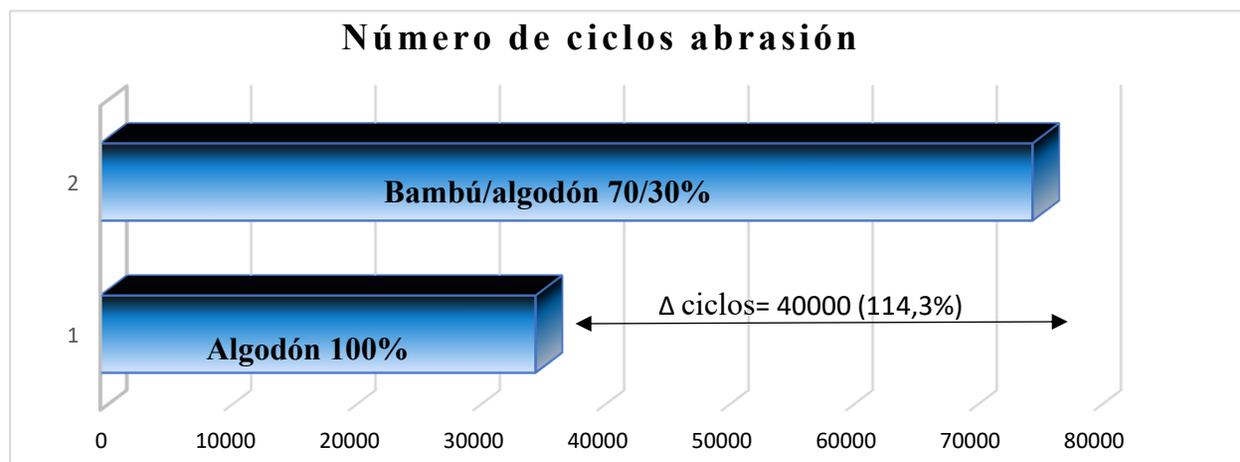
En resumen, los datos revelan que el tejido compuesto por bambú/algodón 70/30%, exhibe una resistencia a la abrasión significativamente mayor en comparación con la muestra algodón 100%.

La variabilidad en la resistencia a la abrasión es mayor en este espécimen, indicando que la mezcla de bambú y algodón introduce una diversidad de comportamientos en el tejido. La correlación negativa fuerte entre la proporción de bambú y la resistencia a la abrasión, lo que podría ser de interés para aplicaciones textiles que requieran durabilidad. No obstante, se recomienda considerar otros factores que podrían influir en la resistencia a la abrasión para obtener una comprensión completa de estos resultados.

Si se comparan de forma aritmética estas cifras se obtiene que la resistencia abrasiva de la mezcla bambú/algodón 70/30% en 114,3% supera al tejido algodón 100% como en la Figura 51 se detalla.

Figura 51

Gráfica variación ciclos de abrasión



Nota. (Δ Ciclos) corresponde a la variación o delta de ciclos abrasivos.

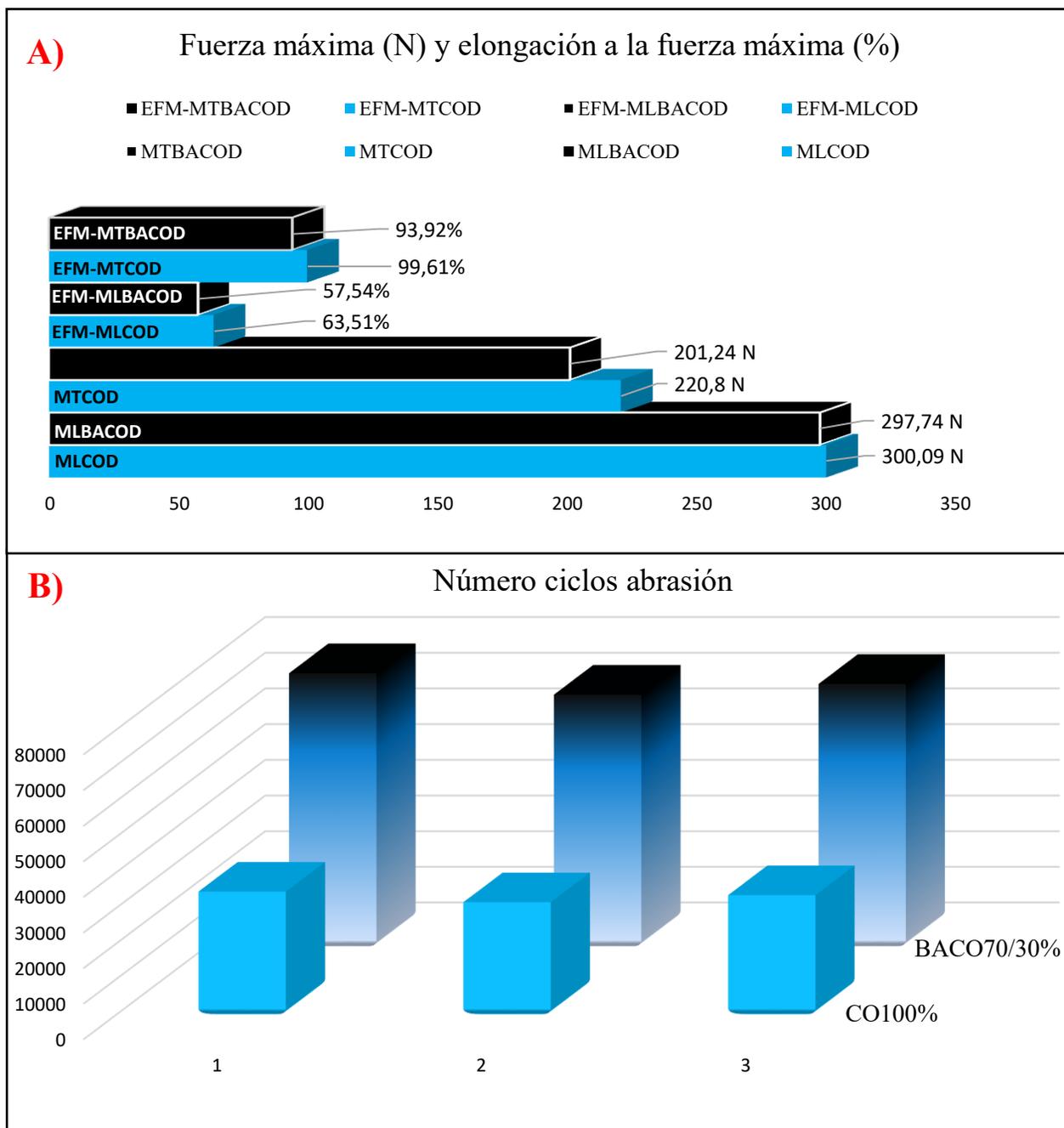
Este resultado se debe principalmente a la estructura física de las fibras de las muestras ensayadas, en el caso de los hilados de algodón 100% al ser una fibra natural está propensa a manejar valores más altos en cuanto a su coeficiente de variación de diámetro fibrilar, debido a irregularidad de la longitud de sus fibras, además, su vellosidad superficial se encuentra expuesta a la fricción externa.

3.2.3 Evaluación general de resistencia a la tracción y abrasión

Se presentan los resultados globales de tracción y abrasión de forma simultánea para contrastar su comportamiento y determinar en conjunto sus propiedades mecánicas de resistencia.

Figura 52

Evaluación general tracción y abrasión



Nota. La sección A corresponde a la resistencia a la tracción y la sección B a la resistencia abrasiva.

Los índices de resistencias presentados en la Figura 52 se obtuvieron a partir de las muestras jersey algodón 100% y bambú/algodón 70/30%.

Estos especímenes fueron sometidas a ensayos de tracción, en el cual el tejido con composición algodón 100% se mostró con una ventaja en los ensayos de tracción frente a la mezcla bambú/algodón 70/30% en los 4 parámetros evaluados y presentados en la sección A: fuerza máxima (N) entre 0.79% - 9.71% y elongación a la fuerza máxima (%) entre 6.05% - 10.38%. Ambas variables a su vez se subdividen en sentido longitudinal y transversal. En este sentido la composición con presencia de bambú mostró un comportamiento estadístico muy similar al espécimen compuesto por algodón 100%, denotando atributos de resistencia a la tracción positivos, manteniendo un promedio aceptable y características suficientes para cumplir con los estándares de calidad de un género textil de punto.

Por otra parte la sección B de la Figura 52 determina que existe una oscilación más prominente en los ensayos de resistencia a la abrasión entre ambas muestras, sin embargo, en este caso el tejido bambú/algodón 70/30% superó abruptamente en un 114.3% al espécimen de algodón 100%, obteniendo mayor resistencia abrasiva, este dato le proporciona a la combinación de las fibras de algodón con presencia de fibras de bambú regenerado una sólida ventaja en cuanto a sus cualidades para soportar fricciones o para tolerar fuerzas abrasivas. Además, los datos de correlación demostraron que a mayor presencia de bambú, la resistencia a la abrasión mantiene una clara tendencia de mejoría.

Efectuando un análisis minucioso la muestra bambú/algodón 70/30% mantuvo mejores características en simultáneo de tracción y abrasión, esto debido a que presentó un promedio similar de resistencia a la tracción frente a la muestra algodón 100%, y en paralelo se mantuvo superior en cuanto a los análisis de resistencia abrasiva entre ambos especímenes ensayados.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El desarrollo de la recopilación bibliográfica realizada, con el objetivo de analizar el índice de resistencia a la abrasión y a la tracción en tejidos de algodón y mezcla bambú/algodón, utilizando los equipos Martindale y dinamómetro, y aplicando las normas ISO 12947-2 e ISO 13934-1, ha sido un paso crucial en la comprensión detallada de las propiedades mecánicas de estos materiales textiles. El estado actual de la investigación en esta área detalla un análisis comparativo específico entre la resistencia a la tracción y abrasión simultáneamente entre un tejido de punto jersey algodón 100% y una mezcla bambú/algodón 70/30%. Esta información resalta la importancia estratégica de este estudio, ofreciendo una contribución significativa al cuerpo de conocimientos existente y abriendo nuevas perspectivas en el diseño y selección de tejidos.

- Con relación a la **fuerza máxima (N)**, la muestra tejido jersey algodón 100% se sobrepuso a la mezcla bambú/algodón 70/30% con apenas un **0.79%** de mayor resistencia a la tracción en sentido longitudinal y con un **9.71%** superior en sentido transversal.
- La **elongación a la fuerza máxima ejercida (%)** también se mostró favorable hacia el espécimen algodón 100% y se evidenció un **10.37%** de mayor elongación en su sentido longitudinal, frente a la muestra bambú/algodón 70/30%; mientras tanto, respecto a la elongación a la fuerza máxima en sentido transversal, fue nuevamente el tejido algodón 100% levemente superior con un **6.05%** de variación. Esto indica que las propiedades del algodón le permiten un mayor estiramiento de las fibras ante la tensión de ruptura a la que fueron sometidas en condiciones controladas.
- Luego de establecer los **ensayos de abrasión** para comparar el comportamiento de las muestras algodón 100% y bambú/algodón 70/30%, se determinó que las propiedades abrasivas del tejido bambú/algodón 70/30% (**75000 ciclos**) supera de forma notoria en un **114,3%** a la muestra algodón 100% (**35000 ciclos**). Esto naturalmente puede estar atribuido a la combinación de materiales, además, el análisis de correlación indica que, a mayor presencia de contenido de fibra de bambú en un tejido, con presencia de algodón, estas propiedades de resistencia a la abrasión aumentan.

- La contribución de este trabajo radica en la iniciación de un análisis comparativo detallado entre tejidos de algodón 100% y mezcla bambú/algodón en términos de resistencia a la abrasión y tracción, los cuales mostraron una confiabilidad estadística del 95% ($P > 0.05$).
- A partir de los ensayos de ambas muestras, se puede concluir que el espécimen jersey algodón 100% presentó un mejor desempeño de resistencia a la tracción frente a la mezcla bambú/algodón 70/30% (**entre 0.79% y 10.38% superior**); en contraste con respecto a la comparativa de resistencia a abrasión, el tejido bambú/algodón 70/30% se sobrepuso en un 114.3% a la muestra algodón 100%, dato relevante para entender las facultades abrasivas superiores que poseen las fibras regeneradas de bambú.

4.2 Recomendaciones

- Para el presente análisis comparativo de resistencia a la tracción y abrasión de tejidos de punto algodón 100% y mezcla bambú/algodón 70/30% se recomienda que las muestras ensayadas mantengan un alto nivel de equivalencia: en su estructura, gramaje, densidad, título de hilo, en su caracterización en general, para que puedan ser analizados bajo las mismas condiciones iniciales.
- Es aconsejable para futuras investigaciones de ensayos comparativos, que en lo posible se realice pruebas con más porcentajes de composición (al menos 3 composiciones diferentes) de mezcla de los tejidos, para obtener datos más precisos que permitan abarcar un índice conductual de resistencia a la tracción y abrasión según el grado o porcentaje de mezcla de las fibras que la compongan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, M. I., Farooq, S., & Zhang, H. (2022). Recent advances in the fabrication, health benefits, and food applications of bamboo cellulose. *Food Hydrocolloids for Health*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2022.100103>
- Ajala, J. (2018). Aplicación del zumo de bambú en medias casuales para efecto antibacteriano. In *FICA* (Vol. 1, Issue 1). <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7929/1/04%20IT%20224%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Alcina, A., & Doménech, E. V. (2011). *Análisis de las definiciones del diccionario cerámico científico-práctico*. <https://seer.ufrgs.br/riterm/article/view/23841>
- Alvarez, K. L. C., Lagos, R. F. C., & Aizpun, M. (2016). Influencia del porcentaje de relleno en la resistencia mecánica en impresión 3D, por medio del método de Modelado por Deposición Fundida (FDM). *Ingeniare*, 24. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052016000500003>
- Andrango, M. (2018). Análisis comparativo de arrugado entre un tejido de punto 100% algodón con y sin un acabado siliconado. *Repositorio UTN*, 1. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7928>
- Arribas Blanco, D. (2021). ¿Estás vistiendo un metamaterial? Explorando la física de los tejidos de punto • Temas de Física. *Revista Española de Física*, 1–5. <http://revistadefisica.es/index.php/ref/article/view/2688>
- Biswas, S., Rahaman, T., Gupta, P., Mitra, R., Dutta, S., Kharlyngdoh, E., Guha, S., Ganguly, J., Pal, A., & Das, M. (2022). Cellulose and lignin profiling in seven, economically

- important bamboo species of India by anatomical, biochemical, FTIR spectroscopy and thermogravimetric analysis. *Biomass and Bioenergy*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106362>
- Carrera Gallissà, E. (2017). *Física textil*. <http://hdl.handle.net/2117/106313>
- Cayambe Salazar, J. (2023). Análisis comparativo de la resistencia al desgarro y abrasión en tejidos de punto jersey, cáñamo/algodón 55/45% y algodón 100%. *Repositorio UTN*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14034>
- Césare, M. F., Hilario, F., Callupe, N., Cruz, L., Calle, J. L., & Gonzales, H. E. (2019). *Chemical and physical characterization of bamboo*. <http://www.executivebs.org/publishing.cl/>
- Chávez, L., & Jurado, D. (2020). *Análisis de la utilización de la fibra de bambú en el sector textil peruano* [Universidad Católica San Pablo]. <https://repositorio.ucsp.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/0abcbcfa-15dc-46f1-abd3-91ab1c130f44/content>
- De Trigueros, R. (2016). *Cómo analizar e interpretar los datos cuantitativos/cualitativos y cómo escribir conclusiones y recomendaciones*.
- Doherty, W. O. S., Mousavioun, P., & Fellows, C. M. (2011). Value-adding to cellulosic ethanol: Lignin polymers. In *Industrial Crops and Products* (Vol. 33, Issue 2, pp. 259–276). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.022>

- El-Khatib, H. S., Badr, A. A., Diyab, W. A., & Atia, R. M. (2019). Part I: Enzymatic treatment of Bamboo, Bamboo/Cotton knitted fabric using brewer's yeast suspension. *Alexandria Engineering Journal*, 58(2), 819–825. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.05.017>
- Estrada, M. (2010). *Mechanical modeling of materials for civil engineering View project SATREPS-Colombia View project*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3984.3046>
- FAO. (2023). *Manejo agroecológico para el cultivo del algodón y cultivos asociados*. <https://www.fao.org/3/cc3604es/cc3604es.pdf>
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *DYNA (Colombia)*, 81(184). <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37066>
- Google Maps. (2023). *Carrera de Ingeniería Textil*. <https://www.google.com/maps/place/Carrera+de+Ingenier%C3%ADa+en+Textiles/@0.3779638,-78.126176,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e2a3b38f9cd91ed:0x961fee2a0b1df71!8m2!3d0.3779638!4d-78.1236011!16s%2Fg%2F11qr6fv13n?entry=ttu>
- Hernández, R. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. In *McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A. de C.V.*
- Hoque, M. S., Hossain, M. J., Rahman, M. M., & Rashid, M. M. (2022). Fiber types and fabric structures influence on weft knitted fabrics. *Heliyon*, 8(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09605>

- Ipiales, H. E. (2022). Evaluación de las características antibacteriales en tejido de punto jersey 100% CO aplicando un acabado químico textil con nácar. *Repositorio UTN*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12776>
- ISO. (2013). Textiles -Tensile properties of fabrics (ISO 13934-1). *International Organization for Standardization*. <https://www.iso.org/standard/60676.html>
- Textiles-Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method - Part 2: Determination of specimen breakdown (ISO 12947-2), The British Standards Institution (2016). <https://www.iso.org/standard/61058.html>
- James Heal. (2023). *Instruments*. <https://www.jamesheal.com/instrument>
- Jurado, D., & Chávez, L. (2020). *Analysis of the use of bamboo fiber in the Peruvian textile sector*. <http://hdl.handle.net/20.500.12590/16662>
- Kayseri, G. Ö., & Kirtay, E. (2015). Part II. Predicting the pilling tendency of the cotton interlock knitted fabrics by artificial neural network. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(4). <https://doi.org/10.1177/155892501501000417>
- Lockuán Lavado, F. E. (2012). *IV La industria textil y su control de calidad*.
- Mamani, D. (2017). *Estudio comparativo de resistencia a la tracción de postes fibra de vidrio cementados con un cemento resinoso dual y un cemento resinoso de autocurado* [Universidad Privada de Tacna]. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/577>
- Morales, A. P., Fernández López, A., Carcelén, V., Gordo, A. G., & Rohr, T. (2015). *Determinación de las propiedades mecánicas del biocomposite fibra de Bambú / PLA*.
- Ohyeah Textile. (2023). *Ohyeahtex*. <https://www.ohyeahtex.com/>

- Pocoroba, R. (2006). *Análisis de los factores que determinan la formación del pilling en tejido de punto* [Instituto Superior Politécnico Nacional - Escuela Superior de Ingeniería Textil]. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/8717>
- Ramos-Galarza, C. (2021). Experimental investigation designs. *CienciAmérica*, 10(1).
- República del Ecuador. (2008). *Constitución de la república del Ecuador 2008, Decreto Legislativo 0, Registro Oficial*. www.lexis.com.ec
- Rocky, B. P., & Thompson, A. J. (2018). Production of natural bamboo fibers-1: experimental approaches to different processes and analyses. *Journal of the Textile Institute*, 109(10), 1381–1391. <https://doi.org/10.1080/00405000.2018.1482639>
- Santos, T. F., Santos, C. M., Zilio, L., Dias, M., Jagadeesh, P., M R, S., Siengchin, S., Fonseca, R., Amaral, A., Aquino, M., & Medeiros, I. (2023). Impact of yarn compositions, loop length, and float stitches on the mechanical behavior of knitted fabrics via full factorial design and RSM. *Heliyon*, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18784>
- Shen, Q., Liu, D. Sen, Gao, Y., & Chen, Y. (2004). Surface properties of bamboo fiber and a comparison with cotton linter fibers. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 35(3–4). <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2004.04.002>
- Sibanda, V., & Murena, E. (2023). Realisation of Design Methodologies and Tools in Modern Manufacturing Systems. *Procedia CIRP*, 119, 468–473. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.03.109>
- S.J Jersey. (2023). *S.J JERSEY*.

- Soler, P. (2017). Uso del Bambú en la Arquitectura Contemporánea. *Tifig*.
<http://hdl.handle.net/10251/106203>
- Teli, M. D., & Sheikh, J. (2013). Modified bamboo rayon-copper nanoparticle composites as antibacterial textiles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 302–307.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.07.015>
- Villa, Y. (2021). *Prototipos en tejido de punto y aseguramiento de la calidad* [Escuela Profesional de Tecnología del Vestido, Textiles y Artes Industriales].
[https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14039/6178/MONOGRAF%
%c3%8da%20-%20VILA%20RAMOS%20YESENIA%20JACKELINE%20-%
%20FATEC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14039/6178/MONOGRAF%c3%8da%20-%20VILA%20RAMOS%20YESENIA%20JACKELINE%20-%20FATEC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Visarrea, S. (2018). Estudio comparativo del grado de transpirabilidad de la humedad en fibras de bambú y algodón. *Repositorio UTN*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8134>
- Waite, M. (2010). Sustainable Textiles: the Role of Bamboo and a Comparison of Bamboo Textile properties (Part II) Engineer for Sustainable Development Ingénier pour le développement durable. *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, 6.
- Yacelga, J. (2018). *Obtención de base de celulosa a partir de bambú para utilizarla como materia prima en la fabricación de fibra textil*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8258/1/04%20IT%20233%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

ANEXOS

Anexo 1

Certificado Uso Laboratorio

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



Ibarra, 25 de enero del 2024

CERTIFICADO DE LABORATORIO

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

CERTIFICO

Que el señor **CRUZ VIVANCO ANTHONY STALIN**, portador de la cedula de ciudadanía N° **230049496-6**, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **"ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y A LA ABRASIÓN, EN TEJIDO JERSEY TERMINADO EN ALGODÓN 100% Y MEZCLA BAMBÚ/ALGODÓN 70/30% FABRICADOS CON TÍTULO 20/1 Ne"**, los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **DINAMÓMETRO TITAN 5 MODELO 1410-** Determinación de la resistencia a la tracción de textiles. ISO 13934-1.
- **MARTINDALE-** Determinación de la resistencia a la abrasión de textiles. ISO 12947-2.
- **BALANZA ELECTRÓNICA**

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

Atentamente:



FAUSTO EDMUNDO
GUALOTO MAPLA

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

Anexo 2

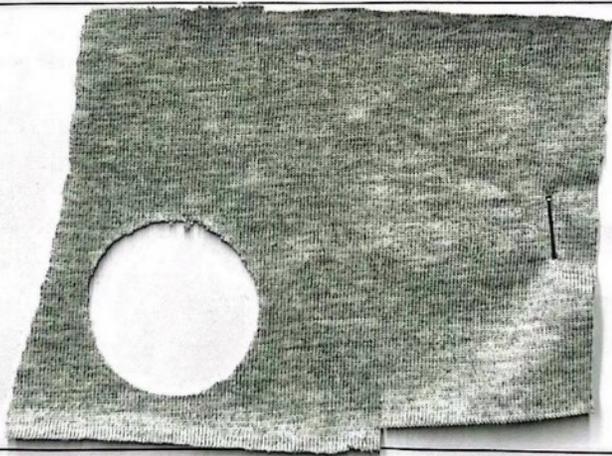
Certificado composición tejido bambú/algodón

编号: 0002939 精专面料分析

日期: 2023.10.19 客户: Ohyeah Textile 品名: Single Jersey

克重/门幅: 197gsm/190cm full width 机型: Single 30" 24G



原料		比率	总成分比率
原料组合	经	21 ^s Bamboo/cotton 68.6%/31.4% Siro spinning	Bamboo 68.6%
			Cotton 31.4%
	纬		
编织工艺	排针	上	
		下	
	三角排列		
排纱			
成本报价			
风险提示			

此分析结果仅供参考, 请客户先试小样确认风格, 如有失误, 不承担经济责任
 地址: 柯桥区跨境电商西面, 17幢126号 电话: 13705751557

Nota. Certificado OEKO-TEX (2023-09-27) Proveedor (Single Jersey Bambú/algodón) Ohyeah Textile Co., Ltd., Fuente: (Ohyeah Textile, 2023)

Anexo 3

Certificado OEKO TEX

Shaoxing City Ohyeah Textile Co., Ltd.
Room 201, Building 5, Cross Border E-
Commerce Industrial Park, Keqiao
Shaoxing Zhejiang
China



TESTEX AG, Swiss Textile Testing Institute
Gottthardstrasse 61
8002 Zurich
Switzerland

Certificate

OEKO-TEX® STANDARD 100

Shaoxing City Ohyeah Textile Co., Ltd.

is granted the OEKO-TEX® STANDARD 100 certification
and the right to use the trademark.

SCOPE

Knitted fabric made of cotton, cotton/spandex, modal/spandex, lyocell from bamboo/spandex, viscose from bamboo/spandex, viscose from bamboo/cotton/spandex, viscose from bamboo/polyester/spandex, bleached, piece-dyed, printed and finished (based on material partly pre-certified according to OEKO-TEX® STANDARD 100)

PRODUCT CLASS

I (baby articles) - Annex 6



STANDARD 100 SH015 172900 TESTEX

This certificate SH015 172900 is valid until
30.09.2024.

SUPPORTING DOCUMENTS

- ✓ Test report : SH015 227523.1
- ✓ Declaration of conformity in accordance with EN ISO 17050-1 as required by OEKO-TEX®
- ✓ OEKO-TEX® Terms of Use (ToU)

Matz Bachmann
Managing Director

Faisal Rizal
Ecology Team Leader

Further compliance information (REACH, SVHC, POP, GB18401 etc.) can be found on oeko-tex.com/en/faq.

The certificate is based on the test methods and requirements of the OEKO-TEX® STANDARD 100 that were in force at the time of evaluation.

Zurich, 2023-09-27

OEKO-TEX Service GmbH Genferstrasse 23, CH-8002 Zurich



Nota. Certificado OEKO-TEX (2023-09-27) Proveedor (single jersey bambú/algodón) Ohyeah Textile Co., Ltd., Fuente: (Ohyeah Textile, 2023)

Anexo 4

Ficha Técnica muestra single jersey algodón 100%



JERSEY

Lineas principales de productos





JERSEY	ECO JERSEY ALG CASUAL ABIERTO		ACABADO ZERO	
		STD	Rango	
Peso (g/m2):	196	+/- 3,0%		
Ancho (cm):	A 178	+/- 4		
Rendimiento (m/Kg):	2,87	+/- 4,0%		
Composición:	PES:	-	+/- 3,0%	
	CO:	100%		
	LY:	-		
Encogimiento:	Largo:	5,0%	Máx	
	Torque:	5,0%		
Elongación:	Largo:	-	Min	
	Ancho:	-		
Solidez al lavado:		4	Min	
	Pilling al frote*	3		
Acabado especial	Acabado ZERO®			

ACABADO

ZERO



COTTON USA™

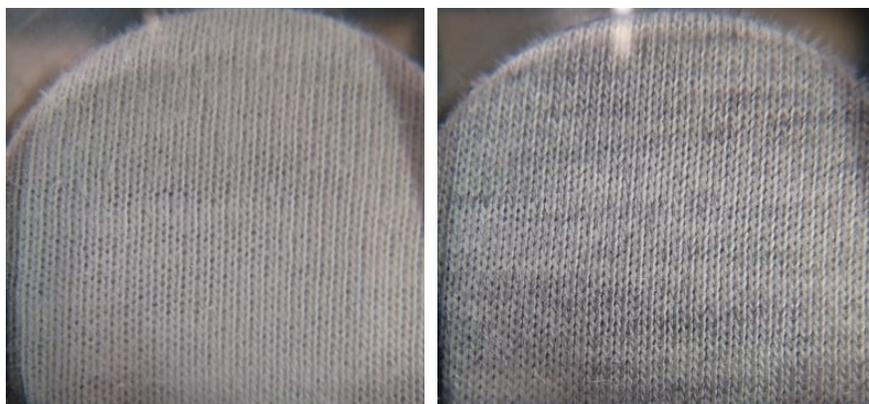


LYCRA.

Nota. Ficha técnica Algodón 100% empresa S.J Jersey (De los Cerezos Oel-356 y Av. Real Audiencia, Quito, Ecuador). Fuente: (S.J Jersey, 2023)

Anexo 5

Muestras single jersey algodón 100% y bambú/algodón 70/30%



A) Algodón 100%

B) Bambú/algodón 70/30%

Anexo 6*Dinamómetro Titán 5 y equipo Martindale*

A) Dinamómetro

B) Martindale

Anexo 7*Análisis cualitativo microscopía tejidos muestra*

Anexo 8

Ensayo dinamometría algodón 100%



Anexo 9

Ensayo dinamometría bambú/algodón 70/30%



Anexo 10

Norma ASTM D 1059-76

 UTN <small>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NOROCCIDENTE</small> LABORATORIO TEXTIL	ENSAYO DE TÍTULO DE HILOS BASADO EN MUESTRAS DE LONGITUD CORTA	Fecha: 2023-12-12 Versión: 1.0 Página 1 de 4
---	---	--

FECHA DEL ENSAYO:		12/12/2023	
FECHA DE SOLICITUD DEL ENSAYO:		07/12/2023	
NÚMERO DE LA SOLICITUD: 01			
ENSAYO SOLICITADO:	Método de prueba estándar para determinar el título de hilo basado en muestras de longitud corta		
NORMA A EMPLEAR:	ASTM D 1059-76		
MUESTRAS			
CÓDIGO NRO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	
MLAB-M1-CO 100%	Single jersey algodón 100%	1 m tejido	
MLAB-M2-BA/CO 70/30%	Single jersey bambú/algodón 70/30%	1 m tejido	
RESULTADOS DEL ENSAYO			
TEMPERATURA INICIAL:	21 ± 2 °C	HUMEDAD RELATIVA INICIAL:	65 ± 2 °C
TEMPERATURA FINAL:	21 ± 2 °C	HUMEDAD RELATIVA FINAL:	65 ± 2 °C
FECHA Y HORA DE AMBIENTACIÓN	INICIO:	11/12/2023	RECOMENDADO: 24 horas de acondicionamiento de las muestras.
	9:00 AM		
	FIN: 9:00 AM	12/12/2023	

ALCANCE:

Esta norma establece los métodos de ensayo para la determinación o comprobación del título de hilados provenientes de fibras naturales, fibras sintéticas y fibras artificiales, procedentes de muestras de corta longitud (tejidos) aplicando una tensión de entre 0,25 g/tex hasta 0,75g/tex (título estimado) hasta eliminar los bucles de los hilados. Para muestras de tejido de punto se preparan por lo menos 10 muestras de 10 cm de cada espécimen solicitado y se mide la longitud real y el peso registrado de cada muestra, finalmente se promedian los valores y se aplica una fórmula de relación entre peso y longitud para obtener el título del hilado.

MATERIALES:

- M1-CO 100% (Single jersey algodón 100% - 200 g/m²)
- M2-BA/CO 70/30% (Single jersey mezcla bambú/algodón 70/30% - 199 g/m²)

EQUIPOS:

- Dispositivo aplicación de tensión (Torsiómetro digital)
- Balanza electrónica Radweg EQL-01
- Tijeras
- Regla normalizada James Heal (300 mm)

ESPECIFICACIONES:

- 10 muestras de 10 cm M1-CO 100%
- 10 muestras de 10 cm M2-BA/CO 70/30%

Dirección: Carrera de Textiles UTN (Morona Santiago y Luciano Solano Sala, Sector Huertos Familiares)

E-mail: ctex@utn.edu.ec

Teléfono: +593 (6) 2 99 78 00 Ext. 7512



 Textiles LABORATORIO TEXTIL	ENSAYO DE TÍTULO DE HILOS BASADO EN MUESTRAS DE LONGITUD CORTA	Fecha: 2023-12-12 Versión: 1.0 Página 2 de 4
---	--	---

PROCEDIMIENTO:

1. Se toman 10 muestras de 10 cm de hilo de cada una las muestras de longitud corta (tejidos) que serán sometidas al ensayo de determinación del título de hilo.
2. Se procede a calcular la tensión específica a la que serán sometidos los hilos de los especímenes o muestras para este ensayo, a partir de la siguiente fórmula aplicada:

$$0,75 \text{ g/tex} = 0,75\text{g}/29,53 \text{ tex}$$

$$0,75 * 29,53 \text{ tex} = 22,1475\text{g}/9,8 \text{ (constante gravitacional)} = 2,2599 \text{ g tensión}$$

3. Luego se acopla el dispositivo de aplicación de tensión con la pesa apropiada previamente calculada.
4. Se registran las medidas reales de las muestras una vez aplicada la tensión calculada previamente, esta tensión específica es suficiente para eliminar por completo los bucles originados por el proceso de tejeduría, sin embargo no proporciona un sobre esfuerzo para la longitud original de los hilos en su forma base.
5. Una vez registradas las medidas se procede con el corte del hilo por completo desde el inicio de la base de fijación de cada uno de los extremos del dispositivo de aplicación de tensión.
6. Posteriormente se registran los pesos individuales de cada hilo sometido a la tensión preestablecida y se añade el registro de la longitud tomada con precisión en mm, en relación con el peso.

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestra: MLAB-M1-CO 100%

N.º	Código muestras	Longitud (mm)	Peso (g)
1	M1CO100%	291	0,0086
2	M2CO100%	285	0,0084
3	M3CO100%	286	0,0085
4	M4CO100%	284	0,0086
5	M5CO100%	289	0,0089
6	M6CO100%	287	0,0085
7	M7CO100%	290	0,0086
8	M8CO100%	288	0,0086
9	M9CO100%	290	0,0090
10	M10CO100%	284	0,0084
Media \bar{x}		287,4	0,0086

Muestra: MLAB-M2-BA/CO 70/30%

N.º	Código muestras	Longitud (mm)	Peso (g)
1	M1BA/CO 70/30%	280	0,0082
2	M2BA/CO 70/30%	276	0,0081
3	M3BA/CO 70/30%	282	0,0085
4	M4BA/CO 70/30%	275	0,0078
5	M5BA/CO 70/30%	284	0,0083
6	M6BA/CO 70/30%	278	0,0081
7	M7BA/CO 70/30%	279	0,0081
8	M8BA/CO 70/30%	285	0,0088
9	M9BA/CO 70/30%	280	0,0082
10	M10BA/CO 70/30%	277	0,0081
Media \bar{x}		279,6	0,0082

Dirección: Carrera de Textiles UTN (Momra Santiago y Luciano Solano Sala. Sector Huertos Familiares)

E-mail: ctex@utn.edu.ec

Teléfono: +593 (6) 2 99 78 00 Ext. 7512



7. Finalmente se determinan los valores promedio de los títulos de hilos ensayados de ambas muestras analizadas, aplicando una fórmula de relación longitud - peso.

Muestra: MLAB-M1-CO 100%

$$Ne=0,5906*L/P$$

$$Ne=0,5906*0,2874 \text{ m}/0,0086 \text{ g}$$

$$Ne= 19,73/1 \text{ Ne} \approx 20/1\text{Ne}$$

Muestra: MLAB-M2-BA/CO 70%

$$Ne=0,5906*L/P$$

$$Ne=0,5906*0,2796 \text{ m}/0,0082 \text{ g}$$

$$Ne= 20,13/1 \approx 20/1\text{Ne}$$

ANEXOS:



Figura 1
Ajuste tensión equipo torsiómetro digital



Figura 2
Eliminación bucles de hilados

RESULTADOS:

-La muestra algodón 100% arrojó como resultado una titulación de hilo promedio a partir de 10 muestras ensayadas, y se determinó el valor equivalente de 19.73/1 Ne \approx 20/1 Ne.

-Los hilados de la muestra bambú/algodón 70/30% obtuvieron un título de hilo promedio a partir de 10 muestras ensayadas, y se precisó el valor de 20,13/1 Ne \approx 20/1 Ne.

CONCLUSIONES:

Tanto la muestra algodón 100% como la muestra bambú/algodón 70/30% mostraron una alta equivalencia en cuanto a el ensayo para determinar su titulación de hilos, aplicando la norma ASTM D 1059-76, en relación con los hilados que componen estos especímenes de tejido de punto single jersey, estos datos confieren que ambas muestras mantienen el título promedio o equivalente de hilo de 20/1 Ne.

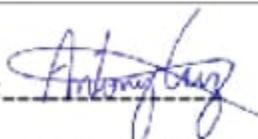
 IBARRA - ECUADOR LABORATORIO TEXTIL	ENSAYO DE TÍTULO DE HILOS BASADO EN MUESTRAS DE LONGITUD CORTA	Fecha: 2023-12-12 Versión: 1.0 Página 4 de 4
--	--	--

NOTA 1: Los resultados expresados son exclusivos de las muestras ensayadas.

NOTA 2: En concordancia con ASTM D 1059-76 las muestras ensayadas no fueron sometidas a ningún tratamiento físico o químico para eliminar materiales de acabado y/o engomado.

RESPONSABLE

Firma: _____



Realizado Por: Cruz Vivanco Anthony Stalin

ascruzv1@utn.edu.ec



JOSÉ RAFAEL POSSO
PASQUEL

Firma: _____

Docente a cargo: MSc. José Posso

jrposso@utn.edu.ec



Textiles

Laboratorio Textil de la Universidad Técnica del Norte

-----Fin del documento-----