



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE
CONFECCIONES



**“REUTILIZACIÓN DEL DESPERDICIO DE LANA DE OVINO EN LA
FIBRA DE ALPACA Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL HILO,
PUNO 2023”**

Renato Barreda Alvarez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES**

Asesor: M.Sc. Luz Delia Quina Quina



Juliaca, 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE
CONFECCIONES



**“REUTILIZACIÓN DEL DESPERDICIO DE LANA DE OVINO EN LA
FIBRA DE ALPACA Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL HILO,
PUNO 2023”**

Renato Barreda Alvarez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES**

Asesor: M.Sc. Luz Delia Quina Quina



Juliaca, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE
CONFECCIONES



**“REUTILIZACIÓN DEL DESPERDICIO DE LANA DE OVINO EN LA
FIBRA DE ALPACA Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL HILO,
PUNO 2023”**

Renato Barreda Alvarez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES**

Asesor: M.Sc. Luz Delia Quina Quina

Juliaca, 2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Barreda, R. (2026). *Reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca y su influencia en la calidad del hilo, Puno 2023* (Tesis de pregrado en ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: Renato Barreda Alvarez

TÍTULO: Reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca y su influencia en la calidad del hilo, Puno 2023.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2026

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (102).

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones – Universidad Nacional de Juliaca

CÓDIGO: 04-000031-04/B25

NOTA: Incluye Bibliografía

ASESOR: M.Sc. Luz Delia Quina Quina

PALABRAS CLAVE: fibra de alpaca, lana de ovino, tracción, pilling, mezclas, hilo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE
CONFECCIONES**

**“REUTILIZACIÓN DEL DESPERDICIO DE LANA DE OVINO EN LA FIBRA
DE ALPACA Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL HILO, PUNO 2023”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Presentado por:

Renato Barreda Alvarez

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

D.Sc. Julio Cesar Huanca Marín

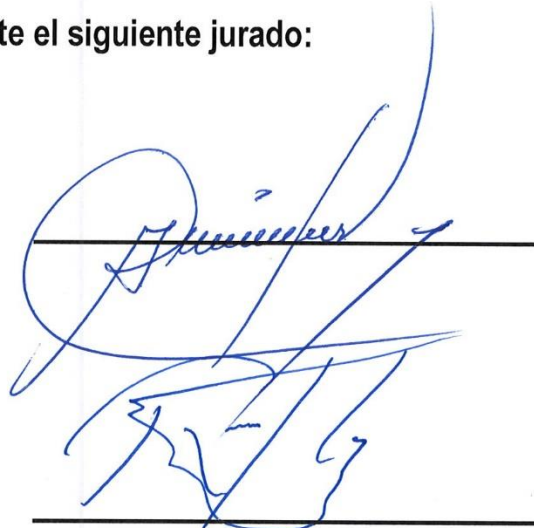
PRESIDENTE DE JURADO

Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

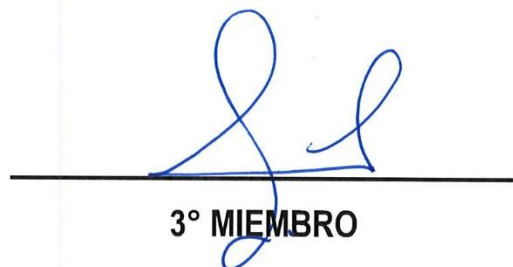
JURADO (secretario)

Mg. Juan Americo Farfan Flores

JURADO (Vocal)



2° MIEMBRO



3° MIEMBRO



M.Sc. Luz Delia Quina Quina

ASESOR DE TESIS

Renato Barreda Alvarez

REUTILIZACIÓN DEL DESPERDICIO DE LANA DE OVINO EN LA FIBRA DE ALPACA Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL...

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:594838098

Fecha de entrega

26 may 2026, 4:25 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

26 may 2026, 4:39 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

REUTILIZACIÓN DEL DESPERDICIO DE LANA DE OVINO EN LA FIBRA DE ALPACA Y SU INFLUENCIApdf

Tamaño del archivo

4.2 MB

102 páginas

21.329 palabras

120.046 caracteres



Firmado digitalmente por HUANCA
SUAQUITÁ JHON RICHARD
DNI:40818674
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 26.05.2026 16:41:39 -05:00




12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

En primer lugar, a mis padres Carmelo y Carmen, con todo mi respeto y gratitud. Este logro académico es fruto del esfuerzo inagotable que han entregado para darme una educación sólida. Cada jornada de trabajo, cada sacrificio y cada decisión tomada pensando en mi futuro han sido la base sobre la que hoy me sostengo. Su dedicación y constancia son un legado que aprecio profundamente, incluso más de lo que podría expresar con palabras.

Esta tesis de investigación un reflejo de su entrega y de su amor, y me honra poder dedicárselas. Gracias por ser la ayuda constante, por inculcarme la importancia del esfuerzo y por confiar siempre en mis capacidades desde un inicio. Los quiero profundamente.

A todos(as) mis hermanos(as): gracias por recordarme que la vida se vive mejor acompañado. Este trabajo no solo resume años de estudio, sino también de risas, paciencia y apoyo incondicional. Este logro también les pertenece, los aprecio bastante. Todo lo que soy, se los debo a ustedes.

A mi círculo más cercano JV, gracias por ser mi apoyo constante. Gracias por levantarme cuando caigo, por celebrar cada logro conmigo y por recordarme siempre la importancia de mantenerme enfocado en mis metas. Su presencia y guía hacen que cada desafío sea más llevadero y cada avance, aún más significativo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco plenamente a Dios, por guiarme y permitirme alcanzar esta etapa tan importante en mi vida. Su guía, fortaleza y luz en los instantes de incertidumbre en la que me brindaron la serenidad necesaria para avanzar con firmeza.

Mi gratitud también a la Universidad Nacional de Juliaca por abrirme las puertas que es un gran templo del conocimiento, especialmente en mi querida Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones.

A mi plana docente, quienes con disciplina, exigencia y vocación compartieron su experiencia del saber. Les guardo un profundo agradecimiento por cada enseñanza que fortaleció mi camino profesional.

A mi familia, gracias por su amor incondicional, por acompañarme incluso en los momentos de mayor exigencia y por brindarme siempre palabras que levantaron mi ánimo.

A quienes, de una u otra manera, contribuyeron a mi crecimiento académico y personal, les expreso mi agradecimiento. Cada gesto, cada consejo y cada aporte dejó una huella valiosa en esta etapa y en mi vida como profesional.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2	LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2.1	PREGUNTA GENERAL	2
1.2.2	PREGUNTAS ESPECIFICAS.....	2
1.3	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2	OBJETIVO ESPECIFICO	2
1.4	JUSTIFICACIÓN	2
1.5	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	4
1.5.1	HIPÓTESIS GENERAL.....	4
1.5.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	4
1.6	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.6.1	VARIABLES INDEPENDIENTES	4
1.6.2	VARIABLES DEPENDIENTES	5

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES.....	6
2.1.1	ANTECEDENTES NACIONALES	6
2.1.2	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	7
2.2	BASES TEÓRICAS.....	9
2.2.1	FIBRAS.....	9
2.2.2	FIBRA DE ALPACA	9
2.2.3	ESTRUCTURA	10
2.2.4	HUACAYA	10
2.2.5	SURI	11
2.2.6	CATEGORIZACIÓN DE LOS VELLONES	12
2.2.7	CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA.....	12
2.2.8	CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA	13
2.2.9	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN	14
2.2.10	IMPLICACIONES EN EL SECTOR TEXTIL	14
2.2.11	FINURA AL HILADO.....	14
2.3	LANA DE OVINO	15
2.3.1	ESTRUCTURA MOLECULAR.....	16
2.3.2	MORFOLOGÍA SUPERFICIAL.....	17
2.3.3	REGULACIÓN TÉRMICA.....	17
2.3.4	PROPIEDADES MECÁNICAS	17
2.3.5	INTERACCIÓN CON LA HUMEDAD	18
2.3.6	SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL.....	18
2.3.7	COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO	18
2.4	HILADO	18
2.4.1	MÉTODOS DE HILADO.....	20

2.4.2	MANUAL	20
2.4.3	MECÁNICO	20
2.4.4	INDUSTRIAL.....	21
2.5	PROCESO DE HILADO	21
2.5.1	LAVADO.....	21
2.5.2	APERTURA.....	22
2.5.3	CARDADO.....	22
2.5.4	PEINADO	22
2.5.5	REUTILIZACIÓN.....	22
2.5.6	DESPERDICIO.....	23
2.5.7	UPCYCLING TEXTIL Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE FIBRAS	23
2.5.8	PILLING.....	24
2.6	RESISTENCIA	25
2.6.1	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	26
2.6.2	LEY DE HOOKE EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.....	26

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	28
3.2	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	28
3.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	28
3.4	MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.4.1	MATERIALES BIOLÓGICOS	29
3.4.2	MATERIALES Y EQUIPAMIENTOS	29
3.4.3	REACTIVOS	29
3.5	LUGAR DE ESTUDIO	30
3.6	MÉTODO	30
3.6.1	MÉTODO DE CAMPO.....	30

3.6.2	MÉTODO DE OBTENCIÓN DEL HILO	30
3.6.3	MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.....	37
3.6.4	MÉTODO DE EVALUACIÓN AL PILLING	39
3.7	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	43
3.7.1	POBLACIÓN.....	43
3.7.2	MUESTRA	43
3.8	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	44
3.8.1	TÉCNICA	44
3.8.2	INSTRUMENTOS.....	44
3.9	PROCESOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL	44
3.10	ANÁLISIS DE DATOS	45

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS	47
4.2	RESULTADOS POR OBJETIVOS	47
4.2.1	OBJETIVO GENERAL.....	47
4.2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	49
4.2.3	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	55
4.3	DISCUSIÓN	61

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES	64
5.2	RECOMENDACIONES.....	65
5.3	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
	ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: RANGOS PARA LA CATEGORIZACIÓN DE VELLONES DE FIBRA DE ALPACA.....	12
TABLA 2: CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CALIDAD DE FIBRA DE ALPACA	13
TABLA 3: CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS.....	15
TABLA 4: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA LANA DE OVINO.....	16
TABLA 5: EVALUACIÓN VISUAL DEL GRADO DE PILLING	40
TABLA 6: CUADRO DE DISEÑO FACTORIAL 2^2	44
TABLA 7: ANOVA PARA EL DISEÑO FACTORIAL 2^2	45
TABLA 8: SEIS MANERAS DE ESCRIBIR LOS TRATAMIENTOS DEL DISEÑO 2^2	46
TABLA 9: ANOVA PARA LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.....	50
TABLA 10: EFECTOS DE LOS FACTORES DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN ..	52
TABLA 11: DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS DEL MÉTODO DE TUKEY DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	54
TABLA 12: ANOVA PARA PILLING.....	56
TABLA 13: EFECTOS DE LOS FACTORES DE PILLING.....	58
TABLA 14: COMPARACIONES ESTADÍSTICAS DEL MÉTODO TUKEY AL PILLIN..	60

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTRUCTURA INTERNA DE LA FIBRA DE ALPACA.....	10
FIGURA 2: ALPACA DE RAZA HUACAYA	11
FIGURA 3: ALPACA DE RAZA SURI	11
FIGURA 4: ESTRUCTURA DE LA LANA (MERINO).....	17
FIGURA 5: ESQUEMA DE TORSIÓN Z Y TORSIÓN S EN EL HILADO	19
FIGURA 6: SISTEMA DE HILATURA POR CONTINUA DE ANILLOS	20
FIGURA 7: PROCESO DE HILADO INDUSTRIAL	21
FIGURA 8: PROCESO SECUENCIAL DE APARICIÓN DEL PILLING	24
FIGURA 9: EQUIPO DE ABRASIÓN MARTINDALE JBA	25
FIGURA 10: MEDICIÓN DE GRADOS DE LA ESCALA DE PILLING	25
FIGURA 11: EQUIPO DINAMÓMETRO JBA.....	26
FIGURA 12: EQUIPO ABLANDADOR DE AGUA POR ÓSMOSIS INVERSA	31
FIGURA 13: MÁQUINA LAVADORA KIWI SCOUR.....	32
FIGURA 14: MÁQUINA DE CENTRIFUGA HIDRO EXTRACTORA.....	33
FIGURA 15: MÁQUINA TÚNEL DE SECADO	34
FIGURA 16: DIAGRAMA DE PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE FIBRA A HILO Y TEJIDO	36
FIGURA 17: PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE HILOS.....	37
FIGURA 18: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.....	38
FIGURA 19: DIAGRAMA DE PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	39
FIGURA 20: MEDICIÓN DEL ESPESOR DE LAS MUESTRAS.....	40
FIGURA 21: EQUIPO MARTINDALE PUESTO EN EVALUACIÓN E CLASIFICACIÓN BAJO ILUMINACIÓN	41
FIGURA 22: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE PILLING	42
FIGURA 23: DIAGRAMA DE PROCESO DE EVALUACIÓN AL PILLING	43
FIGURA 24: DIAGRAMA DE PARETO PARA LOS EFECTOS ESTANDARIZADOS....	51
FIGURA 25: GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	52

FIGURA 26: GRÁFICA DE INTERACCIONES PARA LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	53
FIGURA 27: GRAFICA DE INTERVALOS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	54
FIGURA 28: DIAGRAMA DE PARETO PARA LOS EFECTOS ESTANDARIZADOS....	57
FIGURA 29: GRÁFICO DE EFECTOS PRINCIPALES PARA PILLING.....	58
FIGURA 30: GRÁFICA DE INTERACCIONES PARA PILLING.....	59
FIGURA 31: GRÁFICA DE INTERVALOS DE PILLING EN FUNCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SEGÚN AL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	72
ANEXO 2: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DATOS DE LA PRUEBA AL PILLING SEGÚN AL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	73
ANEXO 3: FICHA DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	74
ANEXO 4: RESIDUOS DE LOS DATOS PROCESADOS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	79
ANEXO 5: RESIDUOS DE LOS DATOS PROCESADOS DEL PILLING	79
ANEXO 6: PRUEBA DE SUPUESTOS DEL ANOVA PARA LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	80
ANEXO 7: PRUEBA DE SUPUESTOS DEL ANOVA PARA EL PILLING	81
ANEXO 8: FOTOGRAFÍAS DE OBTENCIÓN DEL HILO.....	82
ANEXO 9: FOTOGRAFÍAS DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.....	83
ANEXO 10: FOTOGRAFÍAS DE LA PRUEBA DE PILLING	84
ANEXO 11: CONSTANCIA DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS EXPERIMENTALES EN LOS TALLERES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA.....	85
ANEXO 12: MATRIZ DE CONSISTENCIA LÓGICA – METODOLÓGICA.....	86

RESUMEN

El estudio tuvo objetivo de determinar la influencia de la reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca en la calidad del hilo en la resistencia a la tracción y pilling. Se empleó un enfoque cuantitativo y experimental a través de un diseño factorial 2^2 con 2 niveles para manipular variables como la reutilización de desperdicio de lana de ovino (15% y 30%), porcentaje de fibra de alpaca (70% y 85%), generando un total de 4 tratamientos con 4 réplicas, la población de estudio fue la reutilización del desperdicio de lana de ovino y la fibra de alpaca, las evaluaciones de calidad se desarrollaron utilizando equipos que fueron el Dinamómetro (para resistencia a la tracción) y Martindale (para pilling) respectivamente, para la obtención del hilo se utilizaron las máquinas de (lavado, centrifugado, secado, abridora, carda, peinado, hilado). Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) para contrastar las hipótesis. Los resultados indicaron que el modelo experimental global fue estadísticamente significativo tanto para la resistencia a la tracción (valor $p=0.038$) como para el pilling (valor $p=0.030$). Los resultados indicaron que el factor A (% de desperdicio de lana) fue estadísticamente significativo con un valor $p=0.006$; asimismo, se encontró una influencia altamente significativa al pilling, determinada por el factor porcentaje de fibra de alpaca, con un $p=0.011$. Dicha influencia permitió identificar al Tratamiento 4 como el óptimo, alcanzando el grado de pilling de 5, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. Se concluye que la reutilización del desperdicio de lana en la fibra de alpaca tiene influencia significativa en la resistencia a la tracción y pilling del hilo.

Palabras clave: fibra de alpaca, lana de ovino, tracción, pilling, mezclas, hilo.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the influence of reusing sheep wool waste in alpaca fiber on yarn quality, specifically in tensile strength and pilling resistance. A quantitative and experimental approach was employed using a 22 factorial design with 2 levels to manipulate variables such as the reuse of sheep wool waste (15% and 30%) and the percentage of alpaca fiber (70% and 85%), generating a total of 4 treatments with 4 replications. The study population consisted of the reuse of sheep wool waste and alpaca fiber. Quality evaluations were carried out using equipment such as the dynamometer (for tensile strength) and Martindale (for pilling). Yarn production involved machines for washing, centrifuging, drying, opening, carding, combing, and spinning. The data were analyzed through Analysis of Variance (ANOVA) to test the hypotheses. The results indicated that the overall experimental model was statistically significant for both tensile strength (p-value = 0.038) and pilling (p-value = 0.030). The results also showed that factor A (percentage of wool waste) was statistically significant with a p-value of 0.006. Additionally, a highly significant influence on pilling was found, determined by the percentage of alpaca fiber factor, with a p-value of 0.011. This influence allowed the identification of Treatment 4 as optimal, achieving a pilling grade of 5, statistically superior to the other treatments. It is concluded that the reuse of sheep wool waste in alpaca fiber significantly affects both the tensile strength and pilling of the yarn.

Keywords: alpaca fiber, sheep wool, tensile strength, pilling, blends, yarn.

INTRODUCCIÓN

La industria textil andina, especialmente aquella basada en la fibra de alpaca y la lana de ovino, enfrenta el desafío simultáneo de optimizar la calidad del hilo y reducir los desperdicios generados en las etapas de lavado, cardado, peinado e hilado. La fibra de alpaca, conocida internacionalmente por su calidad de finura, suavidad y capacidad calorífica y otros beneficios, posee un alto valor comercial que limita su accesibilidad para numerosas plantas textiles y talleres artesanales. En contraste a eso, la lana de ovino es abundante en regiones como Puno, Cusco y Junín, la cual permanece subvalorada, en gran medida debido al desconocimiento de sus propiedades textiles y a procesos productivos que aún carecen de tecnificación.

Ante esta problemática, se vuelve necesario implementar estrategias que permitan un aprovechamiento óptimo de los desperdicios generados durante el proceso de hilatura, incorporando principios de sostenibilidad y economía circular. En este contexto, la reutilización de desperdicios de lana de ovino en mezclas con fibra de alpaca surge como una alternativa innovadora que, además de reducir la cantidad de desechos, puede influir de manera favorable en parámetros clave de calidad tales como la resistencia a la tracción, la uniformidad del hilo y su comportamiento frente al pilling.

A pesar de su potencial, las investigaciones relacionadas con mezclas de alpaca y lana de ovino siguen siendo escasas tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Esta falta de evidencia técnica dificulta la toma de decisiones en las plantas textiles, donde aún predominan métodos empíricos y poco estandarizados, sin una caracterización precisa de los efectos que estas mezclas generan en el desempeño del hilo. Bajo este escenario, la presente investigación adopta un enfoque experimental riguroso para evaluar proporciones específicas de fibras dentro de un sistema de hilatura por anillos.

Este estudio contribuye con evidencia científica sobre cómo la incorporación controlada de desperdicio de lana de ovino puede modificar la resistencia mecánica y la formación de pilling, parámetros fundamentales para determinar la durabilidad y funcionalidad del hilo final. Los resultados obtenidos plantean la posibilidad de producir hilos de calidad media, a un costo reducido, favoreciendo el aprovechamiento de recursos locales, reduciendo el impacto ambiental y fortaleciendo la competitividad del sector textil en la región altiplánica.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El arte del hilado constituye técnica ancestral de gran importancia que, en la actualidad ha experimentado un proceso de industrialización progresiva. Que el resultado final del proceso de hilado es la obtención del hilo. Sin embargo, en la industria textil, se genera una cantidad significativa de residuos fibrosos (desperdicios) tanto en el proceso de transformación del hilo de la fibra (alpaca) como de la lana (ovino), específicamente en etapas como el cardado, peinado e hilatura. Cabe señalar que este desperdicio surge inevitablemente debido a la diversidad de formas y diseños de prototipos y diseños que requieren los mercados exigentes de la industria (Carpio Flores, 2020). La fibra de alpaca posee un alto reconocimiento tanto en el mercado nacional como en el internacional, principalmente por sus notables cualidades físicas y textiles. Entre sus atributos más destacados se encuentran la finura, la suavidad, la capacidad de conservar el calor, el reducido nivel de impurezas y su brillo natural. Estas características permiten que sea considerada una fibra de categoría superior, razón por la cual alcanza precios más elevados. Dicho valor aumenta aún más cuando la fibra pasa por procesos de transformación, como el hilado o la elaboración de prendas. Por ello, los productos confeccionados con fibra de alpaca no siempre resultan accesibles para todos los consumidores, ya que su precio suele ser mayor en comparación con el de otras fibras textiles (Villanueva, 2023). La lana de ovino es una fibra accesible y versátil por su bajo costo y disponibilidad, aunque tiene menor desempeño que la fibra de alpaca. En Puno, su uso junto con la alpaca es importante para la actividad textil; sin embargo, los residuos generados durante su procesamiento suelen desaprovecharse o destinarse a usos de bajo valor. (Tinoco, 2009). Las investigaciones en mezclas de fibra de alpaca con otras fibras son muy escasas a nivel nacional e internacional y más aún a nivel local. La irregularidad, la baja resistencia a la tracción y la resistencia al pilling del hilo se debe al desconocimiento de las características textiles de las fibras y de los procedimientos adecuados en la planta procesadora de hilos (Textiles, 2014).

En este contexto, la presente investigación busca responder a una necesidad concreta del sector textil: determinar si la reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca influye

significativamente en la calidad del hilo. La importancia del estudio radica en que sus resultados permitirán establecer criterios técnicos para el aprovechamiento de residuos, contribuirán a mejorar el uso de materias primas locales y aportarán evidencia para fortalecer prácticas textiles sostenibles sin descuidar la calidad del producto final.

1.2 LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Pregunta general

¿Existe influencia significativa de la reutilización del desperdicio de la lana de ovino en la fibra de alpaca en la calidad del hilo, Puno 2023?

1.2.2 Preguntas específicas

- ¿Existe influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la resistencia a la tracción del hilo?
- ¿Existe influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre el pilling del hilo?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca en la calidad del hilo, Puno 2023.

1.3.2 Objetivo específico

- Analizar la influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la resistencia a la tracción del hilo.
- Determinar la influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre el pilling del hilo.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Sabemos que, hoy en día la fibra de alpaca tiene un precio muy alto, especialmente en prendas que son elaboradas 100% con fibra de alpaca. En este proyecto de investigación se realizará una mezcla en la que consiste adicionando lana de ovino a la fibra de alpaca reduciremos el

precio y en la cual también podremos perfeccionar la resistencia a la tracción, resistencia al pilling, la regularidad del hilo, elongación, características en el hilo que se obtendrá.

Por otra parte, la resistencia a la tracción y al pilling adquiere una especial relevancia en el presente estudio, debido a que el hilo elaborado a partir de la mezcla de lana de ovino y de fibra de alpaca será destinado a procesos posteriores de tejido, donde la formación de bolitas superficiales se hace más evidente como consecuencia del rozamiento (pilling). Un hilo con baja resistencia al pilling afecta negativamente la apariencia, durabilidad y aceptación comercial del producto textil a destinar, aun cuando presente adecuados valores de resistencia mecánica. Por ello, la evaluación de pilling del hilo constituye un criterio fundamental de calidad, ya que permite determinar su comportamiento durante el tejido y el uso final, asegurando que el material obtenido cumpla con los requisitos técnicos y funcionales exigidos en la industria textil.

Este estudio se lleva a cabo debido a que, en la actualidad, la fibra de alpaca es altamente valorada en el mercado mundial por sus características textiles; y, además, Perú se destaca como líder mundial en la elaboración de prendas de lujo a base de fibra de alpaca y sus mezclas (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2012).

Así mismo la elaboración de producción de hilo de fibra de alpaca es una actividad económica de gran importancia en la industria textil (Mamani, 2012). Por otro lado, Torres (2011) da entender que existe escasos trabajos sobre el tema de mezclas entre diferentes fibras y más aún en la mezcla de fibra de alpaca y lana de ovino a nivel nacional, recomienda profundizar los conocimientos científicos referido a las mezclas de fibra de alpaca y lana de ovino analizando sus características textiles y el análisis de las pruebas de calidad de este producto nuevo del hilo de alpaca y lana.

La resistencia a la tracción y pilling del hilo es fundamental para determinar la calidad del hilo porque de ello depende la calidad de un producto terminado (Tribol et al., 1999).

Asimismo, menciona que es importante reutilizar los desperdicios y mermas que se pueden generar en los diferentes procesos de fabricación del producto para estar amigables con el medio ambiente. En consecuencia, uno de los propósitos de la presente investigación es contribuir con datos fundamentales y obtener un hilo de calidad media hecho de la mezcla con la reutilización del desperdicio de la lana de ovino en la fibra de alpaca, para que pueda ser adquiridos por los artesanos o personas que realizan actividades de confección de diferentes prendas. Los resultados serán de utilidad para iniciar la fabricación de nuevos hilos hecho de

mezclas de fibra y lana así mismo será un punto de partida para realizar más investigaciones referidos a mezclas.

1.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis general

Existe influencia de la reutilización de desperdicio de la lana de ovino en la fibra de alpaca en la calidad del hilo, Puno 2023.

1.5.2 Hipótesis específicas

- Existe influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la resistencia a la tracción del hilo.
- Existe influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la pilling del hilo.

1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Variables independientes

a Reutilización del desperdicio de lana de ovino

Definición conceptual

La reutilización de los restos de lana de oveja significa encontrar nuevas formas de utilizar los sobrantes generados durante la producción y el procesamiento de lana, en lugar de simplemente tirarlos (Sánchez-Martínez et al., 2019).

Este proceso se trata de tomar subproductos como fibras cortas, lana de mala calidad o contaminada, y otros restos de lana, y transformarlos en materiales útiles para una variedad de usos, tanto en la industria como en el ámbito artesanal (López-García & Rodríguez-Fernández, 2021).

Esta práctica se alinea con los principios de economía circular y la gestión sostenible, buscando reducir el impacto ambiental de la industria de la lana y hacer el mejor uso posible de los recursos provenientes de la producción de ovejas (González-Pérez et al., 2020).

1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES

a Calidad del hilo

Definición conceptual

El concepto de calidad del hilo abarca una serie de atributos y características que determinan su adecuación para diferentes usos. Entre estos elementos se encuentran su durabilidad, elasticidad, uniformidad y composición (Asociación Española de Normalización y Certificación [AENOR], 2019). La noción de calidad no se limita solo a las propiedades intrínsecas del hilo, sino que también abarca su desempeño durante los procesos de producción textil y su funcionalidad en el producto final (Lockuán, 2013).

Los expertos en la industria consideran que la evaluación integral de la calidad del hilo debe tener en cuenta tanto sus características físicas como su comportamiento en diferentes etapas de uso y procesamiento (Instituto Nacional de Tecnología Industrial [INTI], 2021). Esta perspectiva holística permite una comprensión más completa y precisa de lo que constituye un hilo de alta calidad en el contexto de la industria textil moderna.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes nacionales

Torres, J. (2011), en su investigación evaluó la influencia de la adición de desperdicio recuperable en la calidad del hilo de algodón 100% peinado. El autor realizó ocho pruebas experimentales incorporando desperdicio de cardado y peinado en proporciones de 1%, 3%, 5% y 10%. Los resultados evidenciaron que, al incrementar el porcentaje de desperdicio, aumentó la irregularidad de masa del hilo; por ejemplo, en el desperdicio cardado pasó de 11.03 CVm% con 1% a 11.39 CVm% con 10%, mientras que en el desperdicio peinado aumentó de 11.07 CVm% a 11.55 CVm%. Asimismo, las partes delgadas y la pilosidad también se incrementaron, lo que demuestra que la reutilización de desperdicios es posible, pero debe realizarse en porcentajes controlados para evitar la disminución de la calidad del hilo.

Santos y Tupa Tuni, (2024), su estudio sobre la fibra de llama cha'ku descordada en la Región Puno determinó propiedades textiles aceptables para el hilado industrial. La finura promedio obtenida fue de $23.4 \pm 2.1 \mu\text{m}$, clasificándose como calidad fina o fleece, con un Factor de Confort del 87.3%. La longitud media de la fibra fue de $13.4 \pm 2.8 \text{ cm}$, cumpliendo con los requisitos mínimos de 6.5 cm para el procesamiento industrial. En cuanto a las propiedades de los hilos, se confirmó que los hilos de 2 cabos poseen mayor resistencia a la tracción; por ejemplo, el título 12 Nm alcanzó 19.7 cN/TEX para 2 cabos, frente a 7.6 cN/TEX para 1 cabo.

Torres, R. (2011), analizó en su investigación de cómo la incorporación de desperdicio recuperable dentro del proceso de hilatura peinada influye en la calidad del hilo. El estudio aplicó una metodología experimental en una planta industrial de hilatura, donde se variaron los tipos y porcentajes de desperdicio provenientes del proceso de cardado y peinado, evaluando su impacto desde la apertura hasta el hilo obtenido. Realizó pruebas sucesivas en cardas, manual, peinadora, mechera y continua, midiendo parámetros de calidad mediante equipos USTER AFIS y USTER Tester 3B. Los resultados que obtuvo fue que el incremento del desperdicio modifica la regularidad de masa, la cantidad de fibras cortas, la presencia de neps y la pilosidad en el hilo, evidenciando una relación directa entre la cantidad de merma añadida

y la disminución del desempeño del hilo peinado. El trabajo constituye un aporte importante que demuestra que la reutilización de desperdicios es viable, pero requiere porcentajes controlados para evitar pérdidas significativas en la calidad del hilo.

2.1.2 Antecedentes internacionales

Tribol et al., (1999) su investigación denominada “Estudio tribológico de fibras de lana y sus mezclas”, tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de la fibra de lana con mezclas diversas, en la parte experimental usa 25 cintas de lana de diferentes tipos como son; lanas de razas merina y merinas rusas y adicionalmente con lanas con fibras artificiales en la que trabaja sus muestras bajo condiciones estándar de temperatura 20°C y humedad de 60%HR.

Agustina (2019), en su trabajo de investigación analizó la influencia del título y la torsión del hilo en la formación de pilling en tejidos de punto que fueron elaborados con fibra de alpaca 100%. El estudio se basó en una matriz experimental de 20 muestras (swatches), obtenidas al combinar cuatro títulos de hilo diferentes (desde 1.5 Nm hasta 2.4 Nm) con cinco niveles de torsión distintos para cada título. Las muestras fueron evaluadas en el equipo Martindale, sometiénolas a ciclos de frotación (hasta 3500) para medir su resistencia y grado de pilling. La conclusión principal fue que se logró determinar exitosamente la influencia significativa que tienen tanto el título como las torsiones del hilo en la resistencia a la formación de pilling en los tejidos con fibra alpaca. Los resultados ofrecen información valiosa al sector textil para optimizar la calidad y prolongar la vida útil de sus productos.

López, Moreno et al. (s.f.), en su estudio analiza con detalle cómo la torsión influye significativamente en la resistencia mecánica de los hilos, identificando puntos críticos dentro de la curva torsión y tenacidad. Los autores demostraron que los hilos experimentan distintos aspectos como en el comportamiento a medida que aumenta la torsión: desde una resistencia inicial mínima sin torsión, pasando por una etapa de crecimiento acelerado, hasta alcanzar la torsión saturante o mucha torsión, donde se logra la máxima resistencia antes de que el hilo empiece a debilitarse. También describen cómo la estructura interna del hilo, la distribución de fibras y su capacidad de deslizar o bloquearse determinan el rendimiento final frente a la tracción. Este trabajo aporta bases fundamentales para comprender la relación entre estructura, torsión y desempeño del hilo, Este trabajo se convierte en un punto de apoyo importante para estudios que, como el mío, buscan entender cómo las características del material y la forma en que se mezcla influyen directamente en la calidad del hilo que se obtiene al final.

Mustafa et al. (2022), en el estudio denominado “Un modelo de predicción estadística para los grados de pilling de telas de lana peinada mezcladas basado en la rigidez de flexión de la tela”, desarrollaron un modelo estadístico para predecir el pilling en tejidos worsted mezclados utilizando tres tipos de hilos de trama (60/40 lana–poliéster, 35/65 viscosa–poliéster y 20/40/40 viscosa–poliéster–acrílico). La investigación aplicó la prueba de pilling según BS 5811:1986, obteniendo valores reales de 1 a 5, donde los tejidos de lana/poliéster registraron calificaciones entre 2–3 y 4–5, demostrando mejor comportamiento al desgaste. En los modelos estadísticos, el primero alcanzó un $R^2 = 0.92$ y $MSE = 0.074$, prediciendo con alta precisión los grados reales de pilling; los modelos restantes mostraron valores de $R^2 = 0.81$ y 0.87 respectivamente, confirmando que la rigidez a la flexión y el título del hilo influyen directamente en la formación de bolitas. Estos resultados evidencian que la composición de fibras y la estructura del hilo determinan el pilling, lo cual guarda relación directa con tu estudio, donde la inclusión de desperdicio de lana de ovino en fibra de alpaca podría modificar la compactación y movilidad de fibras, afectando la calidad final del hilo.

Universidad Técnica del Norte [UTN], (2016), en su tesis titulada “Aplicación y análisis del uso de látex, resina y silicona en tejidos de lana 100% como un acabado antipilling”, según la analizó la eficacia de tres agentes químicos destinados a reducir la formación de pilling en géneros de punto de lana. El estudio aplicó un enfoque experimental mediante el método de agotamiento, utilizando concentraciones que oscilaron entre el 10% y el 50%. Se trabajó con un total de 32 muestras sometidas al ensayo de pilling según la norma ISO 12945-2, aplicando 500 ciclos en el equipo Martindale. El propósito central consistió en determinar cuál de los acabados ofrecía un mayor efecto antipilling y bajo qué concentración. Los resultados indicaron que la resina alcanzó el mejor desempeño, con un grado de pilling promedio de 3.96 y el coeficiente de variación más bajo (22.58%), lo que evidenció mayor estabilidad en su comportamiento. Las siliconas mostraron mejoras intermedias, mientras que el látex registró los niveles más bajos de control del pilling. En conjunto, la investigación demostró que la resina constituye la alternativa más eficiente para incrementar la resistencia al pilling en tejidos de lana.

Zhang et al. (2007) en su estudio denominado “Evaluación objetiva del pilling en tejidos de lana” en donde desarrollaron un método objetivo para la evaluación del pilling en tejidos de lana utilizando el Dual-Tree Complex Wavelet Transform (2DDTCWT), técnica capaz de identificar de manera precisa la presencia de fuzz y pills, diferenciándolos del ruido de alta frecuencia, de la textura del tejido y de las variaciones de iluminación. El propósito del estudio

consistió en reemplazar la evaluación visual subjetiva por un sistema automatizado capaz de clasificar las imágenes según los cinco grados estándar de pilling. La metodología incluyó la extracción de vectores de características a partir de las energías de sub imágenes orientadas en seis direcciones, la reducción dimensional mediante análisis de componentes principales (PCA) y la clasificación empleando una función discriminante bayesiana. Los resultados evidenciaron una clasificación perfecta en los conjuntos de entrenamiento, sin errores de asignación en tejidos planos, tejidos de punto o no tejidos, demostrando alta precisión, repetibilidad y consistencia. Asimismo, los autores identificaron que la energía de las subimágenes se relaciona directamente con la densidad, tamaño y altura de los pills, lo que confirma su utilidad como parámetro cuantitativo objetivo para evaluar el pilling.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Fibras

La producción de fibras animales incluye la producción de filamentos proteicos para la fabricación de productos textiles y llamamos fibra o fibra textil a un material que se puede hilar, es decir, que luego de someterlo a procesos físicos y/o químicos se obtienen hilos y de ellos se obtienen tejidos (Marín & Monroy, 2013). Los compuestos macromoleculares de la fibra muestran propiedades notables como resistencia, flexibilidad y elasticidad debido a su estructura polimérica. Además, tienen la capacidad de enlazarse para conformar estructuras complejas. Las fibras se clasifican en fibras naturales y químicas en función de su origen y composición química (Chicaiza, 2018).

2.2.2 Fibra de alpaca

La alpaca, estrechamente relacionada con la llama, que habita en las mismas regiones de América del Sur. Su pelaje es extremadamente suave y puede crecer hasta 60 cm si no se corta. Esta fibra es conocida por su durabilidad y su brillo distintivo una vez hilada y tejida. Generalmente, es más fina pero no tan brillante como el mohair (Chavez Cruz 2022).

La fibra de alpaca destaca como una de las fibras de origen natural más sorprendentes y excepcionales que se conoce; ya que es sedoso, brillante, duradero, cálido y lujoso de usar; no obstante, los colores naturales incluyen 22 tonos puros que abarcan desde el blanco y beige hasta el marrón, gris y negro, y cuentan con más de 65 variaciones de tonalidades. En el año 2017, el libro Guinness de los Récords la distinguió asimismo como “Una de las fibras naturales de mayor calidad en el mundo”, está clasificada como la fibra premium, fibra fina y

entre las mejores fibras del mundo. Se clasifica como "fibra" porque su estructura se parece más al cabello que a la lana (MINAGRI, 2019).

2.2.3 Estructura

La fibra de alpaca presenta una composición estructural similar a la de otras especies, como las de lana, alpaca, cabello humano u otro animal integrada por la cutícula, la corteza y la médula (Agualsaca, 2023).

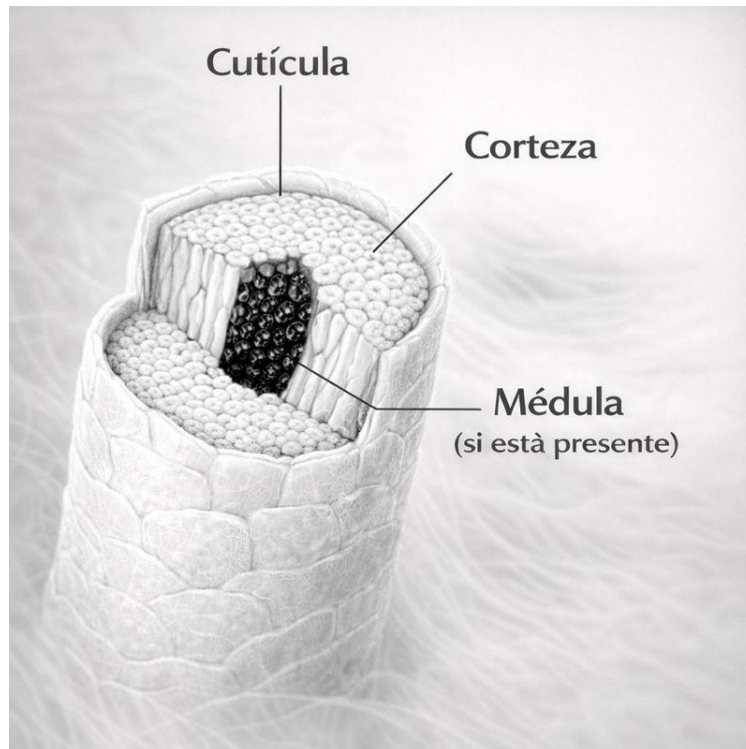


Figura 1: Estructura interna de la fibra de alpaca.

Fuente: Agualsaca (2023); Pinares et. Al (2018); Barreda & Guevara (2024).

En la época actual, la alpaca se divide en dos tipos físicos conocidos como Huacaya y Suri.

2.2.4 Huacaya

Según Castillo (2008) indica que es la variedad más común en el país, constituyendo el 85% del total de alpacas. Su fibra crece formando un ángulo perpendicular respecto al cuerpo y cubre todas sus extremidades del animal, para Shim (2003) la fibra de la alpaca huacaya presenta una textura esponjosa y ondulada.



Figura 2: Alpaca de raza huacaya.
Fuente: Rosas (2014).

2.2.5 Suri

La fibra de la alpaca de raza suri es conocida por tener una excepcional belleza y finura calidad. Es notablemente lisa y el vellón crece en rizos apretados que cubren todo su cuerpo, alcanzando una longitud promedio de 40 cm. Esta variedad de alpaca es muy rara, representando apenas alrededor del 15% del total en el país (Castillo, 2008).

El Huacaya es más común y se distingue por tener un pelaje denso que envuelve todo su cuerpo, incluyendo las extremidades y las regiones de la frente y mejillas, a menudo formando un copete que puede cubrir los ojos. La fibra del Huacaya tiene una disposición rizada, lo que le confiere una apariencia esponjosa y Quispe, Rodríguez, and Iñiguez (2009), también nos da a conocer en cuanto a la variedad Suri diciendo que las fibras son de aspecto sedoso y lacio, crecen considerablemente en longitud y su estructura hace que caigan a ambos lados del cuerpo desde la línea media.



Figura 3: Alpaca de raza suri.
Fuente: Rosas (2014).

2.2.6 Categorización de los vellones

La categorización es la calificación del vellón a la cual se le designa que es un proceso que se enfoca en evaluar la calidad del material, teniendo en cuenta presencias de las calidades inferiores y superiores, la longitud de la mecha y el color. Esta tarea se hace manualmente, a través de una revisión visual y al tacto, por personas que están capacitadas para ello (Aréstegui, 2023).

Tabla 1: Rangos para la categorización de vellones de fibra de alpaca

Categoría	Contenido de Calidades		Longitud de mecha mínima (mm)	Color	Contenido mínimo de fibras menores a 23 micras (%)
	Superiores (%)	Inferiores (%)			
Extrafina	70 o más	30 o menos	65	Entero	35
Fina	55 a 69	45 a 31	70	Entero	25
Semifina	40 a 54	60 a 46	70	Entero Canoso	10
Gruesa	menos de 40	más de 60	70	Entero Canoso Pintado	

Fuente: Normas Técnicas Peruanas (NTP 231.300:2019).

2.2.7 Clasificación de la fibra

Según Saldaña (2017) menciona que la clasificación consiste en dividir en diferentes grupos, se realiza sobre el vellón, separando específicamente fibras finas de las gruesas para clasificarla de manera diferenciada, en la cual dicho autor y Pariona (2017) indican que los principales factores para poder clasificar son: la raza, finura, color, longitud, suavidad y limpieza.

Tabla 2: *Clasificación según la calidad de fibra de alpaca*

Grupo de calidades	Rango de finura en micrones	Longitud mínima de mecha (mm)	Humedad % máx.	Sólidos minerales % máx.	Grasa % máx.
Alpaca super baby	Igual o menor a 20	65	8	6	4
Alpaca baby	20.1 a 23	65	8	6	4
Alpaca fleece	23.1 a 26.5	70	8	6	4
Alpaca medium fleece	26.6 a 29	70	8	6	4
Alpaca huarizo	29.1 a 31.5	70	8	6	4
Alpaca gruesa	más de 31.5	70	8	6	4
Alpaca corta		25 a 50	8	6	4

Fuente: Normas Técnicas Peruanas (NTP 231.300:2019).

2.2.8 Características de la fibra

a Diámetro de fibra

Según Barreda (2020) indica la densidad de la fibra es el diámetro (grosor) la cual se mide en micras y es esencial para clasificar los vellones. Este diámetro influye en el precio, ya que a un menor diámetro significa que la fibra procesada tendrá hilos más resistentes a la tracción, además serán más flexibles.

Una de las características más destacadas de la fibra es su diámetro la cual define su calidad. Esto es importante tanto para la elaboración de artesanías como para la venta por parte de empresas textiles, ya sean locales o extranjeras. Las fibras con un diámetro menor tienen un precio más alto en el mercado y se utilizan para hacer prendas más finas, que a su vez indica que varios autores han señalado que los vellones de la primera esquila tienen un menor diámetro de fibra (Pariona, 2017).

b Factor de confort

En la industria textil, es clave para evaluar el confort, cómo se siente una prenda al tacto. Este parámetro mide la proporción de fibras en una muestra que tienen un grosor menor de 30 micras. Los estudios indican que las telas con un factor de confort superior al 95% suelen ser consideradas agradables al tacto por la mayoría de los usuarios, incluso aquellos con piel más sensible (McGregor y Naebe, 2013).

La relevancia de este parámetro radica en su destreza para prever la experiencia que tendrá el usuario al tocar el tejido. Esto es especialmente relevante en el análisis de fibras de origen animal.

2.2.9 Metodología de evaluación y clasificación

Para medir con precisión el factor de confort, los especialistas utilizan generalmente tecnologías avanzadas como él (OFDA) o el Laserscan. Estos instrumentos permiten un análisis detallado de millas de fibras individuales, ofreciendo datos estadísticos sobre su distribución del diámetro.

Los resultados obtenidos por Naylor, Stanton y Speijers (2014) han sido fundamentales para desarrollar una escala que facilite la interpretación.

- Los valores que superan el 95% reflejan una comodidad excelente, siendo ideales para destinarlos en elaboración de prendas que están permanecen en contacto con la piel.
- Un rango del 90% al 95% se asocia con un nivel de confort muy satisfactorio.
- Los porcentajes entre el 80% y el 89% indican una buena comodidad, aunque podrían causar una leve irritación en algunas personas.
- Los valores por debajo del 80% sugieren un nivel de confort reducido, con una alta probabilidad de causar picazón.

2.2.10 Implicaciones en el sector textil

El factor de confort ha probado ser una herramienta versátil en varios aspectos de la industria textil. Wang, Wang y Liu (2003) recalcan su utilidad en:

1. La clasificación de lotes de fibras según su calidad.
2. El desarrollo e innovación de productos textiles con alto valor agregado.
3. La aplicación de protocolos de control durante toda la cadena de producción.
4. Las estrategias de marketing para la promoción de prendas de gama alta.

2.2.11 Finura al hilado

La finura al hilado nos ayuda a entender cómo se comporta una fibra durante el proceso de hilado. No solo toma en cuenta cuánto mide en promedio la fibra (su diámetro), sino también

qué tan uniforme es su grosor, también llamado uniformidad del hilo. A diferencia de medir solo el grosor, este indicador nos da una idea más clara de qué tan regular y consistente es la fibra, lo que a su vez afecta la calidad del hilado final, ya sea más fino y de mejor calidad o más grueso. Según Castillo Yepes, Figueroa Quispe, & Puma Huaman, (2022) la finura al hilado es calculada mediante la fórmula de Anderson la cual presenta una relación directa y significativa con el diámetro medio y el coeficiente de variación, convirtiéndose en un criterio técnico fundamental para evaluar el potencial de transformación textil de la fibra.

2.3 Lana de ovino

Es material natural, empleado como componente principal en la fabricación de productos tradicionales en el sector textil: como alfombras, cortinas, ropa de cama y prendas de vestir. El aislamiento de oveja es un material muy desarrollado en Europa Occidental, por ejemplo, en Austria (fabricación de paneles aislantes), en España (producción), Bosnia y Herzegovina (acabado en decoración e investigación), Dinamarca (investigación y desarrollo) y la Antigua Yugoslavia (investigación con la grasa corporal de oveja) (Rosas, 2016).

Tabla 3: *Características de las fibras*

Raza/especie	Diámetro de la fibra						Longitud de la fibra	Peso del vellón
	Fibra gruesa y larga		Intermedia		Vellosidad			
	(μm)	%	(μm)	%	(μm)	%		
Ovejas del Decán, India	53	75			25	22	5	250
Cabras de cachemira, Kirguistán	80	74			14	26	5	120
Camellos bactrianos, Mongolia	60	1.7	35	4.8	18	95.5	3	3500
Ovejas linca, Argentina	?	64			27	46	9	4000
Ovejas merino					21	60	5	4000

Fuente: Rosas (2016).

El diámetro de la lana influye en la suavidad y en el uso del tejido: las gruesas son ásperas y se usan en alfombras, las intermedias en prendas sin contacto directo con la piel, y las finas, más valiosas, en ropa suave en cuanto a la longitud afecta al hilado: las más cortas son difíciles de trabajar, mientras que las largas son preferidas por su calidad, el peso del vellón indica la cantidad de fibra producida por animal; a mayor peso, mayor beneficio económico (Mathias, 2011).

La tabla resume estas características en distintas especies, incluyendo la lana merina, una de las más importantes.

Tabla 4: *Sistema de clasificación de la lana de ovino*

Sistema inglés (Counts)	Sistema peruano letras	Diámetro (micras)	Desviación estándar (micras)
fino		Menos del 17.70	3.59
80's		17.70 - 19.14	4.09
70's		19.15 - 20.59	4.59
64's	AAAA	20.60 - 22.04	5.19
62's	AAA	22.05 - 23.49	5.89
60's	AAA	23.50 - 24.49	6.49
58's	AA	24.50 - 26.39	7.09
56's	A	26.40 - 27.84	7.59
54's	A	27.85 - 29.29	8.69
50's	B	29.30 - 30.99	8.69
48's	Britch	31.00 - 32.69	9.09
46's	Britch	32.70 - 34.39	9.50
44's	Lana de alfombra	34.40 - 36.19	10.09
40's	Lana de alfombra	36.20 - 38.09	10.69
36's	Lana de alfombra	38.10 - 11.19	11.19

Fuente: Cayambe Duchi (2023).

Nota:

- Las clasificaciones de las nomenclaturas mencionadas en la tabla de **AAAA**, **AAA**, y **AA** corresponden a lanas finas y de calidad alta a intermedia.
- Las clasificaciones con nomenclatura de **A**, **B**, **Britch**, y **Lana de alfombra** son de calidad más baja, destinadas a productos de uso rudo o industrial.

2.3.1 Estructura molecular

La lana está primordialmente constituida por queratina, la cual es una proteína compleja que determina gran parte de sus propiedades de ella, las cuales le aportan resistencia y elasticidad (Popescu & Höcker, 2007).

A la vez Cayambe Duchi (2023) menciona que la lana de ovino está tiene una combinación de diferentes tipos de células que se organizan en varias zonas estructurales. La capa más

externa es la cutícula, compuesta por células de forma poligonal, que se superponen como escamas, creando una especie de cobertura protectora. Estas células están firmemente unidas entre sí y su función principal es proteger la región cortical, que es la parte interna y la más sólida de la fibra.

2.3.2 Morfología superficial

Las fibras lanares presentan una superficie caracterizada por un patrón escamoso microscópico, responsable de fenómenos que es como el afieltramiento, dichas escamas permiten que la lana tenga propiedades únicas de fricción (Holme, 2016).

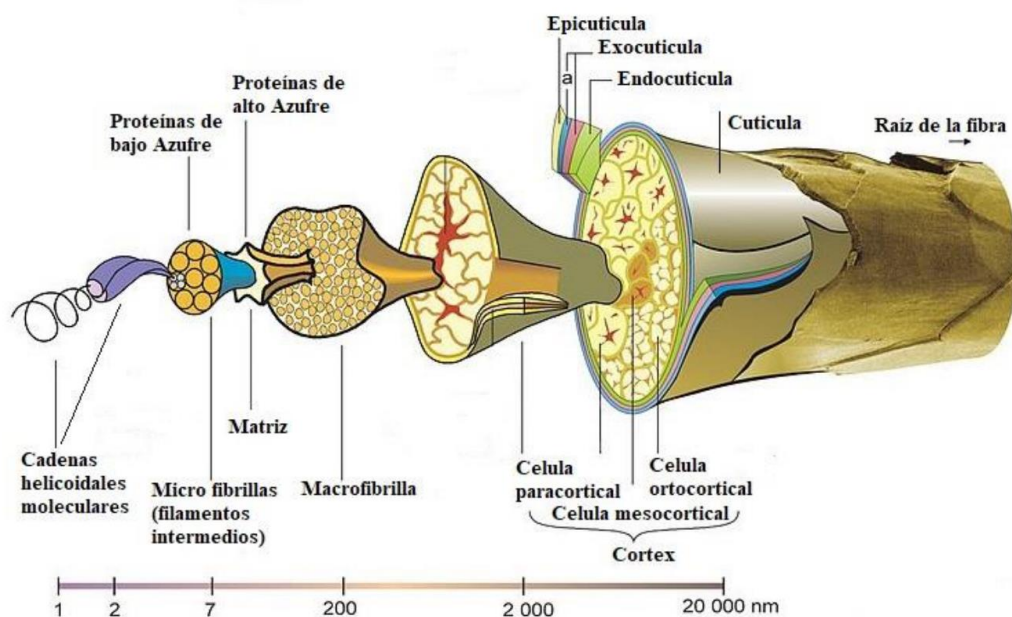


Figura 4: Estructura de la lana (merino).

Fuente: Chavez Cruz (2022).

2.3.3 Regulación térmica

La configuración naturalmente rizada de las fibras de la lana crea bolsas de aire, confiriendo al material excelentes propiedades de aislamiento térmico (Czaplicki, 2012).

2.3.4 Propiedades mecánicas

Las lanas se distinguen por su notable elasticidad y resistencia a la tensión, factores que contribuyen significativamente a la longevidad de los productos fabricados con este tipo de material (Sinclair, 2014).

2.3.5 Interacción con la humedad

Una característica tan distintiva de la lana de ovino es su capacidad para incorporar hasta un 30% de su masa en agua sin que se perciba húmeda al contacto (Kozlowski, 2012).

2.3.6 Sostenibilidad ambiental

En la industria textil, la sostenibilidad ambiental se ha convertido en un eje fundamental debido al impacto que esta actividad genera sobre el medio ambiente, esencialmente por la producción de residuos que se genera, el consumo de recursos naturales y la contaminación asociada a procesos productivos ineficientes (Shen et al., 2010; Muthu, 2014). En este sentido el aprovechamiento de fibras naturales representa una alternativa sostenible frente al uso de fibras sintéticas, las cuales presentan una alta persistencia ambiental y contribuyen a la generación de microplásticos.

Al ser un producto de origen natural, la lana es completamente biodegradable, lo que la posiciona como una opción ecológicamente responsable (Cardamone, 2010).

Desde una perspectiva de ingeniería textil, el uso de fibras naturales en mezclas aporta a mitigar impacto ambiental vinculado a la producción de fibras sintéticas, las cuales presentan baja biodegradabilidad y alto tiempo de permanencia en el ambiente. En este sentido, investigaciones académicas resaltan que el empleo de fibras animales biodegradables representa una alternativa sostenible que se alinea con los principios del desarrollo sostenible y la producción textil responsable (Muthu, 2014; Shen et al., 2010).

En este sentido, la presente investigación promueve prácticas textiles responsables, alineadas con los objetivos de desarrollo sostenible, al fomentar el aprovechamiento integral de la lana de ovino y la fibra de alpaca en la elaboración de hilos de calidad.

2.3.7 Comportamiento frente al fuego

La lana posee propiedades ignífugas intrínsecas es decir que no se inflama ni se propaga la llama, lo que la hace particularmente adecuada para aplicaciones donde la resistencia al fuego es un requisito crucial (Alongi et al., 2014).

2.4 Hilado

El hilado es un procedimiento industrial, a partir de procesos más o menos complejas, se utilizan fibras textiles naturales o artificiales para desarrollar un nuevo cuerpo textil con disposición longitudinal, duradero y flexible denominado hilo. Se trataba de un "torno de

husillo", nada más que un "torno de husillo" que llevaba incorporado un componente sencillo, pero extremadamente ingenioso y revolucionario: la "aleta". Como otro punto de referencia, la torsión de un buen hilo es hacia la derecha (s) o hacia la izquierda (z), dependiendo si la torsión es en el sentido horario o antihorario, después de colocar la torsión en la mecha, podemos decir que ya tener hilo. El hilo se puede enrollar o bobinado (Chicaiza, 2018).

El proceso de hilado se basa en transformar una mecha o cinta en un hilo final. Este método puede realizarse en varios tipos de maquinaria que están hechas para estirar, alinear y compactar la masa de fibras, añadiendo la torsión indispensable para darle cohesión. Como resultado, se genera un hilo continuo que, al final, se enrolla o se coloca en la forma necesaria para el procedimiento (Lockuán, 2012b)

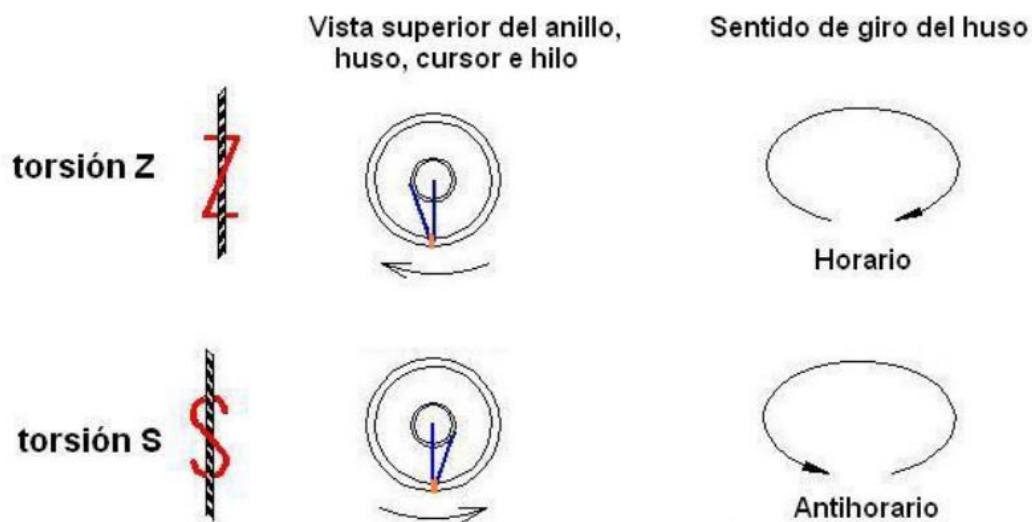


Figura 5: Esquema de torsión Z y torsión S en el hilado.

Fuente: Lockuán (2012b).

La hilatura por continua de anillos es un método fundamental en la producción de hilos de alta calidad, que permite obtener una apariencia uniforme en fibras tanto cortas como largas. el autor indica que el hilo pasa a través de un guiahilos en el eje del huso, con un cursor que controla la torsión y el llenado del hilo mediante un aro guía que facilita su desplazamiento y rotación. Este sistema, que ha reemplazado a la selfactina, es versátil y adecuado para una amplia variedad de fibras y densidades lineales, garantizando productos de excelente calidad (Lockuán 2012a).

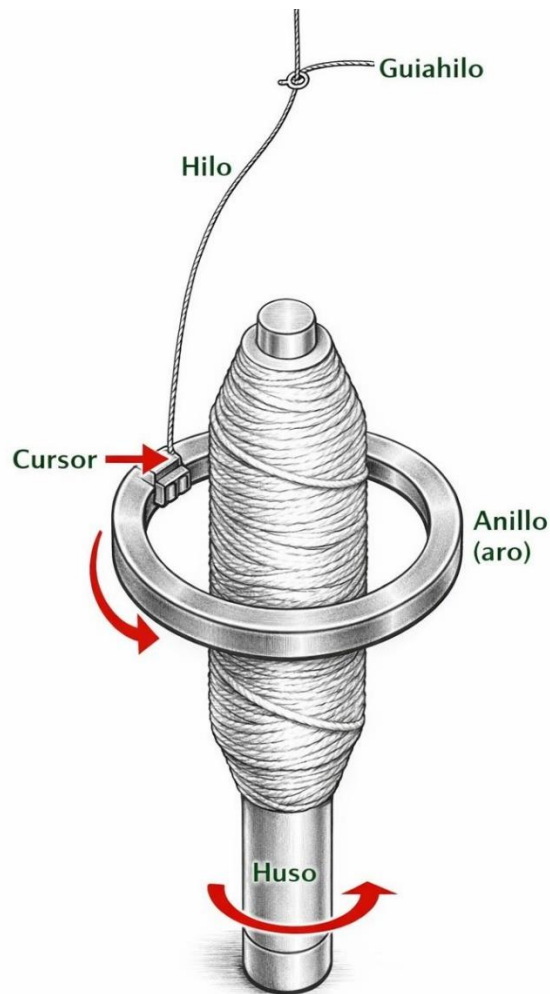


Figura 6: Sistema de hilatura por continua de anillos.

Fuente: Lockuán (2012a).

2.4.1 Métodos de hilado

2.4.2 Manual

Desde la antigüedad el método de hilado manual se ha realizado a mano utilizando instrumentos como son las canillas y husos, para hilar fibras naturales y animales. Aunque es laborioso y lo cual requiere habilidad, en el resultado se obtiene un producto de alta calidad y valor artesanal pero dicho método era extremadamente lento pero permite un control detallado sobre la textura y el grosor del hilo (Lockuán, 2012b).

2.4.3 Mecánico

Con la Revolución Industrial que se dio en el siglo XVIII, se incorporaron maquinarias como la Spinning Jenny y la Mule-Jenny, las cuales mejoraron la eficacia en el hilo. A pesar de que estas máquinas necesitaban de la participación humana, posibilitaron una producción más ágil

y homogénea en comparación con el hilado manual. Por ejemplo, Samuel Crompton creó la "Spinning Mule", la cual fusionaba atributos de la Spinning Jenny y el marco de agua, incrementando notablemente la calidad y la producción de hilo (Lockuán 2012b).

2.4.4 Industrial

Hoy en día, el hilado es un procedimiento altamente automatizado que emplea maquinaria de avanzada para generar grandes cantidades de hilo con escasa participación humana, pero, aunque en todas las situaciones siguen un proceso general que puede ser dividido, en limpieza, disgregación e individualización, paralelización, estirado, cohesión. Este procedimiento es eficaz y lucrativo, posibilitando la fabricación en masa de textiles para cubrir la demanda mundial (Lockuán 2012b).



Figura 7: Proceso de hilado industrial.

Fuente: Lockuán (2012a).

2.5 Proceso de hilado

2.5.1 Lavado

El lavado es un proceso crucial para remover impurezas, grasas naturales como la lanolina presente en la lana de oveja y otros residuos. De acuerdo con Basu y Das, (2015), realizar un lavado apropiado optimiza las etapas posteriores de producción, tales como el cardado, el hilado y el teñido.

Las plantas que lavan la fibra trabajan con reglas muy precisas para asegurarse de que la fibra no sufra daños y que pueda rendir bien en los pasos siguientes. Si no se limpia bien o si se usan productos de limpieza incorrectos, la fibra puede perder resistencia, volverse irregular al hilado o perder su color natural (Ponce 2019).

2.5.2 Apertura

Este proceso tiene como objetivo descomponer los copos de fibra para reducir su tamaño y liberar los enredos que, si se dejan, complicarían las etapas posteriores de estirado. Al aflojar y separar los copos, también se facilita la eliminación de impurezas que suelen quedar atrapadas en su interior, mejorando así la preparación del material para las siguientes operaciones (Lockuán, 2012b).

2.5.3 Cardado

El proceso de cardado nos ayuda a convertir las fibras enredadas en "sliver" (fibra cardada), alineándolas mejor. Además, nos permite separar y desenredar mechones de alpaca ya limpios con un mínimo daño a las fibras. También podemos mezclar uniformemente fibras de diferentes tipos, eliminar impurezas que puedan afectar la apariencia del hilo y alinear las fibras casi perfectamente en paralelo, evitando dañarlas (Wang, Wang y Liu. 2003).

Lockuán (2012b) da a conocer que el proceso de cardado es crucial en la hilatura porque se considera el corazón de este proceso. Sus principales objetivos son abrir y separar los copos de fibra, además de eliminar cualquier impureza que pueda estar presente en el material.

2.5.4 Peinado

Según Santos y Tupa Tuni (2024) el peinado considera una fase opcional en el tratamiento de fibras, que se utiliza para lograr un hilo más liso, delgado y consistente. Con el uso de dispositivos conocidos como peinadoras, las fibras se alinean con mayor exactitud y se disponen de manera más ordenada, lo que posibilita la eliminación de fibras cortas y restos de impurezas que podrían haber quedado tras el proceso de cardado. La erradicación de estos materiales no deseados mejora notablemente la cohesión y durabilidad del hilo, dado que la presencia de fibras cortas y contaminantes compromete su integridad estructural. Como consecuencia, los hilos que han sido peinados muestran una calidad superior comparados con los hilos cardados, destacando por su superficie más pulida, un diámetro más uniforme y mejores características mecánicas.

2.5.5 Reutilización

La reutilización es una práctica para darle a los objetos una segunda vida útil, en lugar de desecharlos después de su primer uso. Al reutilizar, no sólo se reduce el desperdicio, sino que también se ahorra dinero al evitar la compra de nuevos productos. Además, el acto de reutilizar fomenta la sostenibilidad al ayudar a Conservar los recursos naturales y minimizar la

contaminación ambiental. Por lo tanto, es esencial promover tanto la reducción como la reutilización como parte de nuestros hábitos diarios para conservar nuestro planeta (Lara González, 2008).

2.5.6 Desperdicio

Se comprende como los materiales o recursos que se generan de manera residual durante un proceso productivo, la cual no se incorporan al producto final, perdiendo valor y generando impactos económicos y ambientales. La adecuada identificación y gestión de los desperdicios permite valorizarlos mediante su reutilización o transformación, así optimizando la eficiencia de los procesos y promoviendo la sostenibilidad en la cadena productiva (Carpio Flores, 2020).

2.5.7 Upcycling textil y valorización de residuos de fibras

El upcycling hoy en día es una estrategia clave en la economía circular, así como en el rubro textil, esta actividad convierte residuos o subproductos en materiales que tienen un valor funcional o estético considerablemente mayor, sin afectar la calidad del recurso original. Al ir de esta manera, este enfoque permite reducir el volumen de desechos, hacer un uso más eficiente de las materias primas y crear nuevos materiales a partir de fibras que, de otra manera, se desecharían. Hoy en día el upcycling se ve como una manera verde de mantener e incluso o incrementa el valor del residuo mediante procesos de recuperación, selección y reingeniería del material (Lee, 2023).

Estudios recientes informan que podemos convertir los residuos textiles en materiales realmente útiles reciclando y Négrier et al. (2023) indica que descubrió que los restos de textiles celulósicos pueden convertirse en cosas porosas como aerogeles y criogeles, que se puede utilizar en varias industrias en las cuales estos hallazgos muestran que los trozos de tela sobrantes todavía tienen una buena cantidad de cualidades que se pueden traer de vuelta con los métodos adecuados, respaldando el pensamiento de que podemos reutilizar estas fibras en ropa nueva sin estropear cómo funcionan.

También el upcycling muestra cómo puede mejorar el rendimiento técnico de los materiales textiles. En el caso de (Bhuiyan et al. 2023) menciona que los residuos de algodón pueden reutilizarse como capas aislantes en prendas de alto rendimiento, lo que demuestra con su investigación es que los subproductos textiles mantienen características funcionales muy importantes. Este tipo de investigaciones apoya en el uso de residuos como insumos con

propiedades térmicas, mecánicas y estructurales, también se aplica a fibras proteicas como la alpaca y la lana ovina recuperada.

Aus et al. (2021) menciona que, en la fabricación de ropa, entre una cuarta y casi la mitad del material se convierte en residuos no aprovechables. En cambio, la mayoría de estos sobrantes o desperdicios se pueden transformar en nuevas prendas, a veces hasta en un 80%. A tal efecto, hay que diseñar teniendo en cuenta estos residuos y trabajarlo en producciones más pequeñas o trabajarlo con muestras, ya que no siempre es fácil en grandes fábricas. Esto puede ayudar mucho a reducir la cantidad de desperdicio y hacer la moda más sostenible.

2.5.8 Pilling

El pilling o pildeo es un fenómeno indeseado que ocurre cuando se forma en la superficie de un tejido se genera cuando algunas fibras se desplazan y se entrelazan entre ellas, formando unas pequeñas bolas de fibras enredadas (Textiles, 2014).

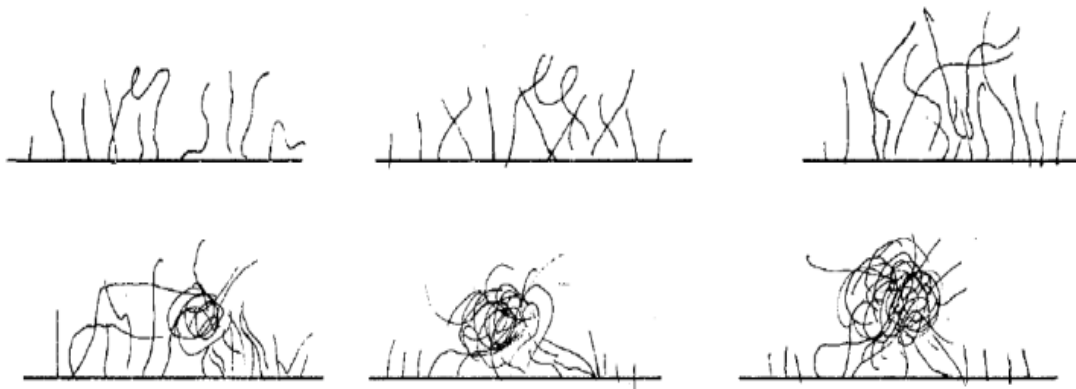


Figura 8: Proceso secuencial de aparición del pilling.

Fuente: Agustina (2019).

Estas bolitas se forman debido al desgaste físico que experimentan las prendas durante su uso, especialmente por el roce constante de ciertas áreas del tejido entre sí o con otros elementos externos (Lockuán, 2012).

Además, (Lockuán, 2012) menciona que cada muestra se compara con referencias visuales estandarizadas, que pueden ser tejidos reales o fotografías calibradas. Así, se puede determinar el nivel de deterioro superficial del material. Los resultados se clasifican en una escala que va del 5, donde no se observa pilling, hasta el 1, que indica un pilling muy marcado.



Figura 9: Equipo de abrasión Martindale JBA

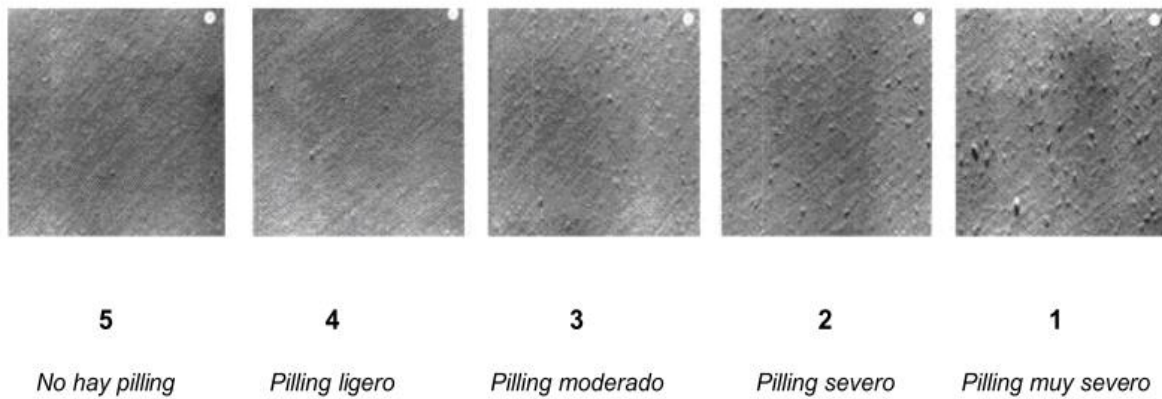


Figura 10: Medición de grados de la escala de pilling.

Fuente: Lockuán (2012).

De acuerdo con Agustina (2019), una de las principales y fundamentales condiciones que influye en la formación de pilling es la correcta disposición de las fibras durante el hilado. Cuando las fibras no se alinean (paralelización) de forma adecuada en este proceso, aumenta la probabilidad de que las fibras más frágiles se desprendan, lo que facilita la formación de pilling. En este contexto, la calidad del hilado es fundamental para reducir la aparición de pilling en el producto final.

2.6 Resistencia

La resistencia mecánica de cualquier textil depende básicamente de las propiedades de las fibras que conforman el material. Es importante tener suficiente fibra resistente a la manipulación y procesamiento textil. El término generalmente se refiere a resistencia a la

tracción de la fibra individual, expresado en gramos/denier. La resistencia se mide con el equipo denominado dinamómetro (Chicaiza, 2018).

2.6.1 Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción es la capacidad del material para soportar tensiones que provocan su estiramiento hasta llegar al punto de ser quebrada, llamado "punto de rotura". Se mide aplicando una fuerza y observando el alargamiento de la fibra cuando llega al punto de rotura (Chavez Cruz, 2022).

Según Santos y Tupa Tuni (2024) nos indica que es un esfuerzo mecánico a la cual sometemos el hilo a la vez nos informa que para medir la resistencia a la tracción se expresa en gramos - fuerza (g-f) o también en centinewton (cN).



Figura 11: Equipo dinamómetro JBA

2.6.2 Ley de Hooke en la Resistencia a la Tracción

La Ley de Hooke, Callister (2007) describe cómo la deformación que presenta un material depende directamente de la fuerza ejercida sobre él, si la fuerza aplicada no es demasiado grande, el material volverá a su forma original una vez que se retire la carga. Este principio fundamental se expresa matemáticamente como:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Donde:

σ es el esfuerzo (fuerza por unidad de área).

E es el módulo de elasticidad o módulo de Young del material.

ε es la deformación (cambio relativo en la longitud).

La Ley de Hooke es sobresaliente al considerar su resistencia a la tracción, es decir, la capacidad de un material para resistir esfuerzos mecánicos antes de llegar al punto de ruptura. En este sentido, la ley de Hooke se aplica para modelar el comportamiento de estos materiales bajo una carga (Callister, 2007).

El comportamiento elástico de las fibras influye directamente en la resistencia a la tracción, ya que un módulo de elasticidad más alto indica una mayor capacidad para soportar cargas antes de experimentar deformaciones significativas o rupturas (Torres, 2011).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación es cuantitativo ya que se centró en las mediciones numéricas para lo cual se realizó observaciones del proceso, que implica que se recolecto datos y se analizó para obtener una respuesta. En este enfoque cuantitativo se empleó análisis estadísticos (Otero-ortega, 2018).

3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de nivel explicativo, pues su objetivo es determinar la influencia de la (causa) sobre el (efecto), estableciendo relaciones causales que van más allá de la mera descripción o correlación (Hernández S, Fernández C, & Baptista L, 2014).

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio se enmarca dentro de un diseño experimental, dado que cumple con las características propias de este tipo de estudios. Dicho diseño se basa en una serie de variables con el fin de observar y medir los efectos que ejercen sobre una determinada situación o fenómeno. Esto implica que el investigador tiene control sobre las condiciones en las que se lleva a cabo el experimento y puede hacer cambios intencionales para examinar cómo afectan los resultados. A través de la manipulación de variables, el investigador busca establecer relaciones causa-efecto y comprender mejor los procesos subyacentes (Sans et al., 2012). Se aplicó un diseño factorial 2². Este tipo de diseño es recomendado cuando se desea estudiar simultáneamente el efecto de dos factores, cada uno con 2 niveles, permitiendo además identificar si existe interacción entre ellos.

Modelo matemático

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon$$

Donde:

Y: Variable respuesta (por ejemplo, resistencia del hilo, finura, rendimiento, etc. en tu caso textil)

β_0 : Media general del experimento

β_i : Efecto principal del factor i

β_{ij} : Efecto de interacción entre los factores i y j

X_i : Variables codificadas de los factores (usualmente en niveles -1 y $+1$)

ε : Error experimental (asumido con distribución normal $N(0, \sigma^2)$)

3.4 MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Materiales biológicos

- Lana de ovino
- Fibra de alpaca

3.4.2 Materiales y equipamientos

- Vaso precipitado
- Termómetro de alcohol
- Máquina lavadora
- Máquina secadora
- Máquina centrifuga
- Máquina hiladora (continua de anillos)
- Máquina cardadora
- Máquina peinadora
- Máquina de tejido punto (Stoll)
- Equipo micrómetro
- Equipo dinamómetro (JBA)
- Equipo de Pillig Martindale (JBA)

3.4.3 Reactivos

- Alcohol isopropílico
- benzina
- ProScour N
- LubriWool M
- AntiStat Tx
- FiberBond AL
- Garmosoft CL (Garmon)

3.5 LUGAR DE ESTUDIO

La investigación se desarrolló en la región de Puno. Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ) ubicada en centro poblado Santa María de Ayabacas, en las instalaciones de los talleres e laboratorios de la facultad de Ingeniería de Procesos Industriales de la carrera profesional de Ingeniería textil y de Confecciones.

3.6 MÉTODO

3.6.1 Método de campo

La fibra fue obtenida del animal que previamente fue esquilada y seguidamente la dicha fibra de la alpaca fue clasificada en la cual se tomó la parte del cupron. El método de clasificación de la fibra de alpaca en el Perú se utiliza la mano como un elemento clave para clasificar la fibra de alpaca en niveles de calidad comercial (Mueller et al. 2017).

3.6.2 Método de obtención del hilo

Para la obtención del hilo se empleó máquinas del taller de lavado, cardado, hilado de la escuela profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones de la UNAJ sede Ayabacas, en la cual se utilizó detergentes y auxiliares que se obtuvo de la empresa RAMELLA que son directamente de Italia que son ProScour N, LubriWool M, AntiStat Tx, FiberBond AL. Garmosoft CL (Garmon) fue adquirida de la ciudad de Lima.

- a) **Escarmenado.** El presente proceso se llevó a cabo manualmente como el primer paso en la preparación de las fibras antes de lavarlas quitando impurezas (polvo, estiércol, pajillas, etc).
- b) **Pesado.** Se obtuvo 5 kilos de fibra ya escarmenado y se separó 500 gramos para cada ciclo de lavado.
- c) **Dureza del agua.** La dureza del agua se denomina a la concentración de compuestos de sales y minerales de cationes alcalinotérreos que existe en una determinada cantidad de agua (calcio y sales de magnesio). La dureza de agua esta normalmente en los rangos de 60 a 180 ppm.
- d) **Ablandado del agua.** Primordialmente se ablando el agua con la máquina del proceso de ósmosis inversa la cual con el agua se efectuará para el proceso de lavado. Lo cual se llegó a un rango de 16.5 ppm que nos permite tener aguas libres de sales y minerales



Figura 12: Equipo ablandador de agua por ósmosis inversa.

- e) **Remojo.** Se realizó el remojo de los 500 gramos de fibra para el proceso de lavado en un balde solo con agua ya ablandada.
- f) **Lavado.** Se trabajó con agua tratada, se preparó la máquina lavadora Kiwi Scour, la cual cuenta con una capacidad de 70 litros por tina. Para el proceso de lavado se calentó el agua hasta alcanzar una temperatura de 30 °C. En este procedimiento se dosificó el detergente industrial ProScour N, un agente desengrasante y detergente suministrado por la empresa RAMELLA (Italia). Para un lote de 500 g de fibra se aplicó una relación de baño 1:30, lo que requirió 70 litros de agua por tina. La preparación del baño y la dosificación del producto se realizaron de acuerdo con cada etapa del lavado dentro de las tinajas correspondientes.
 - En la primera tina se utilizó para el prelavado con una dosificación del reactivo ProScour N la cual se realizó los cálculos sobre el peso de la fibra, siendo 2.5 ml de detergente. con una concentración del 0.5 % al peso de la fibra. El pH de la tina fue de 8 que es ligeramente alcalino.

$$\text{Cantidad de detergente (ml o g)} = \text{Peso de fibra (g)} \times \frac{\%}{100}$$

- En la segunda tina se dosificó el detergente ProScour N con una concentración del 1.5 %, lo que correspondió a 7.5 ml para el lote de 500 g de fibra. Esta dosificación permitió obtener una solución con un pH de 8.2, considerado un pH básico y adecuado para el proceso de lavado de fibras proteicas.
- En la tercera tina se eliminó el detergente residual y parte de la suciedad desprendida
- En la cuarta tina se retiró completamente los restos de detergente.

- En la quinta tina se aplicó un suavizante catiónico Garmosoft CL (Garmon) con una dosificación del 0.5 %, equivalente a 2.5 ml para el lote procesado. Este producto aportó suavidad a la fibra y redujo la carga estática durante el proceso de cardado. La solución preparada presentó un pH de 5.5, considerado un pH ácido y adecuado para el tratamiento de fibras proteicas, ya que favorece la estabilidad y manejabilidad de la fibra en las etapas posteriores.
- Posteriormente en la sexta tina, la fibra se enjuagó y se dejó escurrir, obteniéndose una solución con un pH de 6.2, valor considerado adecuado para fibras de alpaca debido a su naturaleza proteica. Este pH ligeramente ácido contribuyó a mantener la estabilidad de la fibra y a evitar daños en su estructura durante las etapas posteriores del proceso.
- En la séptima tina se enjuagó y posteriormente se dejó escurrir; a lo largo de este proceso se midió el valor de pH de la solución, obteniéndose un valor de 6.8. Este pH ligeramente ácido es óptimo para la fibra de alpaca, ya que contribuye a mantener su suavidad y brillo, además de evitar la generación de carga estática durante el cardado y las siguientes etapas del proceso.



Figura 13: Máquina lavadora kiwi Scour

- a) Centrifugado.** Se utilizó la máquina centrífuga hidro-extractora modelo TX-12 para retirar el exceso de agua presente en la fibra después del lavado. La fibra previamente lavada se colocó en la cuba del equipo y se sometió a un ciclo de centrifugado durante 2 minutos.

Una vez cumplido el tiempo programado, la máquina emitió una señal sonora que indicó la finalización del proceso. Concluida esta etapa, la fibra se trasladó al siguiente procedimiento correspondiente al secado.



Figura 14: Máquina de centrifuga hidro extractora

g) Secado. El proceso mencionado se llevó a cabo utilizando la máquina denominada “túnel de secado”, con el propósito de garantizar que la fibra conservara la humedad adecuada. Este equipo estaba conformado por tres motores independientes, cada uno encargado de generar un flujo continuo de aire caliente. La fibra se colocó de manera uniforme a lo largo del túnel, lo que aseguró un secado homogéneo en toda su extensión.

Para optimizar el procedimiento, se ajustaron los parámetros operativos de los motores según una secuencia establecida que permitió controlar con precisión la temperatura y la velocidad de alimentación. Este control riguroso garantizó que la fibra mantuviera el nivel de humedad requerido para las etapas posteriores del proceso.

- Motor 1 entrada a 45° Celsius
- Motor 2 medio a 55° Celsius
- Motor 3 salida a 42° Celsius
- Motor 4 velocidad de alimentación a 30%



Figura 15: Máquina Túnel de Secado

- a) **Recolección.** Se recolecto merma de lana de ovino de todo el proceso de hilado que son de la carda, peinado e hilado.
- b) **Aperturado o abierto.** Proceso donde se realizó la mezcla entre el desperdicio de lana de ovino y la fibra en la máquina abridora de fibras de la empresa de RAMELLA en la UNAJ, de acuerdo a mi matriz de diseño factorial se realizó en total 16 muestras de hilo mezclado con las dos materias primas (desperdicio de lana de ovino y fibra de alpaca). Se configuro la máquina en el panel de control con un feeding de 25, drum 65 y fan 85.

Para el proceso de hilado se preparó una dosificación del auxiliar FiberBond AL que es un adhesivo para aumentar la cohesión entre fibras, 0.5% de auxiliar en un frasco de atomizador de 50 ml de agua tibia, que viene a ser de 0.25 ml del auxiliar la cual atomizamos en todo el tratamiento expandido de fibra y lana.

- c) **Cardado.** Se peso 250 g de fibra aperturada y se preparó una dosificación del auxiliar y se extendió sobre toda la faja de alimentación de la carda homogéneamente en la cual se rosió con el atomizador el auxiliar LubriWool M con una concentración del 0.5% en 100 ml de agua tibia en la cual se obtuvo un sliver.
- d) **Peinado.** En esta parte del proceso se trabajó con las mezclas ya definidas para la investigación, que fueron cuatro tratamientos con replicas haciendo un total de 16 muestras de hilo mezclado. Cada tratamiento pasó por la misma secuencia para asegurar una mejor uniformidad para los siguientes procesos.
Se procedió con el peinado realizando dos pasadas de estiraje que consiste en: Primera pasada; es con la finalidad de eliminar fibras cortas y paralelizar. Y la

segunda pasada es con la finalidad afinar la uniformidad y estabilizar la masa lineal del sliver con el objetivo de obtener un top más parejo, uniforme y mejor paralelización y con una densidad cercana a los 3 gramos por metro.

e) **Hilado.** Para la formación del hilo simple se alimentó la máquina continua de anillos, antes de iniciar el hilado, se preparó cada top mediante una verificación rápida de su densidad con una balanza analítica, resistencia durante el estiraje manualmente y ausencia de nudos o zonas compactadas del top. Luego se alimentó los tops en la continua de anillo, regulando la alimentación para que la mecha ingresara sin tensión excesiva ni caídas en el transcurso del hilado, se usaron de la siguiente manera: primer tratamiento 15%/70% , segundo tratamiento 30%/70%, tercer tratamiento 15%/80, cuatro tratamiento 30%/80%, cada uno con sus 4 réplicas, se configuro el panel de control con una tasa de redacción de 27.16 y se aplicó una torsión de 244 turns/m en sentido Z es decir al lado derecho o sentido horario para la obtención del hilo de título 9 en Nm.

f) **Retorcido.** El retorcido se realizó en la misma máquina continua de anillos, modificando la configuración de hilado normal a la opción de torsión. Se aplicó una torsión en S, es decir, hacia el lado izquierdo o en sentido antihorario. Para esta etapa se alimentaron cuatro canillas previamente hiladas: dos correspondientes al primer tratamiento y dos al segundo.

La máquina operó con dos husos, se aplicó una retorsión de 180 turns/m, conforme a los parámetros establecidos para la mezcla trabajada. Como resultado del proceso de retorcido se obtuvo un hilo de dos cabos (two-ply), adecuado para las evaluaciones posteriores que fueron resistencia a la tracción y pilling.

g) **Enconado.** El hilo de dos cabos (two-ply) obtenido en el proceso de retorcido fue transferido de canillas a conos mediante el proceso de enconado con la máquina. Para esta operación se utilizó una bobinadora cónica, lo que permitió organizar y compactar el hilo de manera uniforme. Como resultado del enconado se obtuvieron dieciséis conos de hilo, correspondientes a los cuatro tratamientos con sus réplicas establecidas en la investigación.

h) **Tejido.** Para la obtención de las muestras (swatches) se diseñó en el programa M1 Plus que es propio de la máquina Stoll, en cual para la muestra del tejido se aplicó una tensión de diez, se ha tejido muestras de cada cono de hilo que son pertenecientes a los cuatro tratamientos con medidas de 14x14 cm.

- i) **Remallado.** Cada una de las muestras (swatches) se remalló con el objetivo de evitar que el tejido se deshiciera o que el punto se corriera fácilmente. Para mejorar la identificación de los tratamientos, se utilizó un hilo diferente en el proceso de remallado, lo que permitió distinguir cada muestra de manera precisa durante las etapas posteriores que se evaluaron.
- j) **Ensayo de medición de espesor de la muestra (swatches) tejida.** Se realizó la medición del espesor del tejido utilizando un micrómetro, en la que el equipo está diseñado para obtener lecturas precisas del grosor en materiales textiles, telas y tejidos.



Figura 16: Diagrama de proceso de transformación de fibra a hilo y tejido.

3.6.3 Método de evaluación de resistencia a la tracción

En la evaluación se utilizó el hilo de dos cabos (two ply), obtenido mediante un proceso de transformación industrial que incluyó escarmenado, pesado, ablandado del agua, lavado, centrifugado, secado, apertura, cardado, peinado, hilado y retorcido.

Se evaluaron los 16 conos de hilo, cada una con una longitud de 50 cm, las cuales fueron rotuladas de manera adecuada para asegurar su correcta identificación durante el proceso experimental.

Para determinar los valores de resistencia a la tracción de los hilos elaborados se empleó un dinamómetro digital para hilos de la marca JBA. Este método de evaluación se aplicó en el laboratorio de Resistencia de Materiales de la escuela de Ingeniería Textil y de Confecciones de la UNAJ, sede Ayabacas, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma NTP-ISO 2062.

Cada muestra de hilo se fijó cuidadosamente en las mordazas superior e inferior del equipo, diseñadas con dimensiones precisas para garantizar una sujeción correcta y evitar deslizamientos durante el ensayo. Una vez asegurada la muestra, el dinamómetro aplicó un estiramiento uniforme a velocidad constante hasta que el hilo alcanzó su punto de ruptura. A partir de este procedimiento se obtuvieron los valores de resistencia a la tracción correspondientes, expresados en cN/tex, según lo establece la normativa técnica.



Figura 17: Preparación de las muestras de hilos.

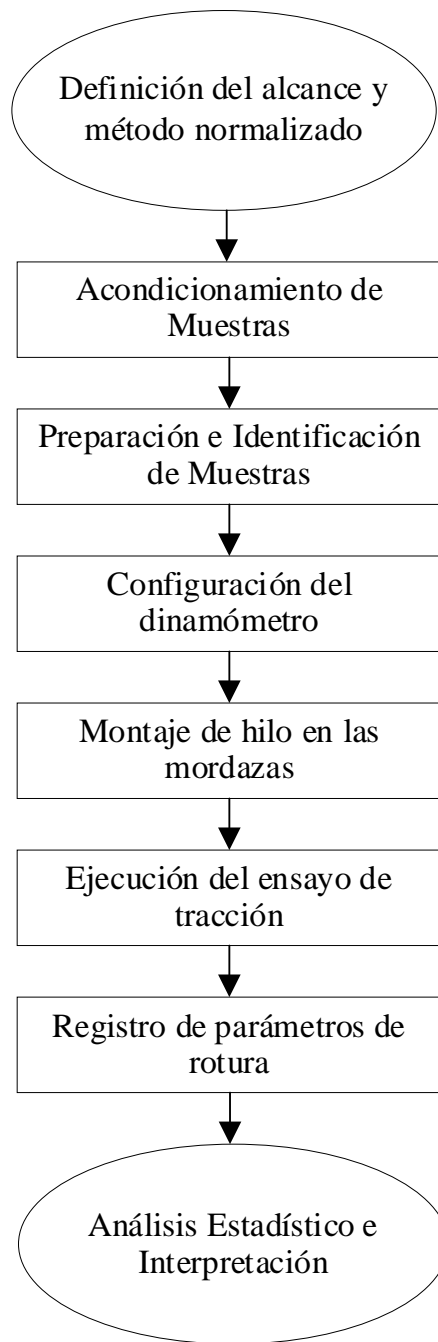


Figura 18: Diagrama de flujo del proceso de evaluación de la prueba de resistencia a la tracción.

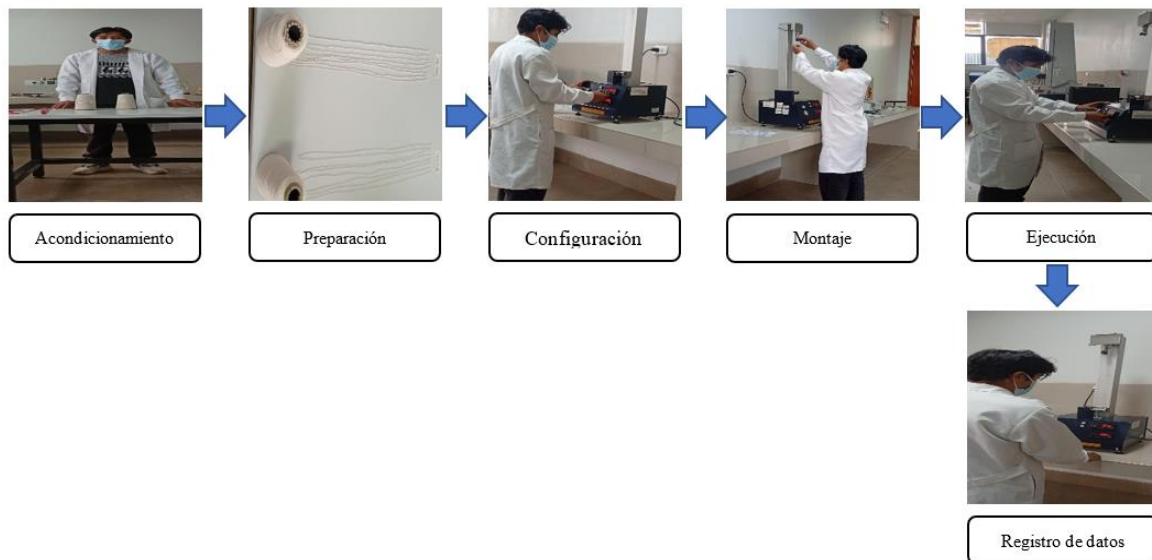


Figura 19: Diagrama de proceso de evaluación de la resistencia a la tracción.

3.6.4 Método de evaluación al pilling

Este método de evaluación se aplicó en el laboratorio “Resistencia de Materiales” en las instalaciones ya mencionadas en la evaluación de la resistencia a la tracción. Para la prueba se utilizó el equipo Martindale de la marca JBA, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma suiza de pilling ISO 12945-2. De acuerdo con dicha norma, pueden aplicarse revoluciones de 125, 500 y 2000 ciclos; sin embargo, en esta investigación se empleó exclusivamente la condición de 500 ciclos. Durante el ensayo, cada muestra se montó en el portamuestra y en la placa base bajo la configuración ‘tejido contra tejido’, aplicando una presión de 9 kPa conforme a las especificaciones técnicas del procedimiento.

Para iniciar el proceso de evaluación del pilling, se identificó cada una de las 16 muestras (swatches) obtenidas del tejido elaborado en la máquina Stoll y posteriormente remalladas en la remalladora de plato. Con el propósito de someterlas al ensayo correspondiente, se midió el espesor de cada muestra utilizando un micrómetro, con el fin de registrar las variaciones estructurales presentes entre los diferentes tratamientos. Todas las muestras quedaron correctamente clasificadas según su tratamiento y el turno de tejido correspondiente.

Posteriormente, cada swatch se colocó en el equipo Martindale, siguiendo el protocolo establecido por la norma ISO 12945-2 para la evaluación del pilling. En esta investigación se utilizó una única condición estandarizada de 500 ciclos, bajo la configuración ‘tejido contra tejido’ y con una presión constante de 9 kPa, conforme a las especificaciones de la norma.

Una vez finalizados los 500 ciclos en los cuatro tratamientos, cada muestra se examinó bajo un sistema de iluminación estandarizada, complementario al equipo Martindale, que permite evaluar de manera uniforme la alteración visual del tejido. Finalmente, según la norma que evalúa el pilling de los tejidos mediante un proceso de abrasión, la clasificación del pilling se realiza con base en una escala que vemos en la siguiente tabla.

Tabla 5: *Evaluación visual del grado de pilling*

Grado	Descripción
5	No existe pilling
4-5	Pilling mínimo (casi inexistente)
4	Pilling ligero
3-5	Pilling leve a moderado
3	Pilling moderado
2-3	Pilling severo

En este procedimiento se aplicó por igual a los cuatro tratamientos con sus cuatro replicas, garantizando que las condiciones del ensayo fueran constantes y verídicos.



Figura 20: *Medición del espesor de las muestras.*



Figura 21: Equipo Martindale puesto en evaluación e clasificación bajo iluminación.

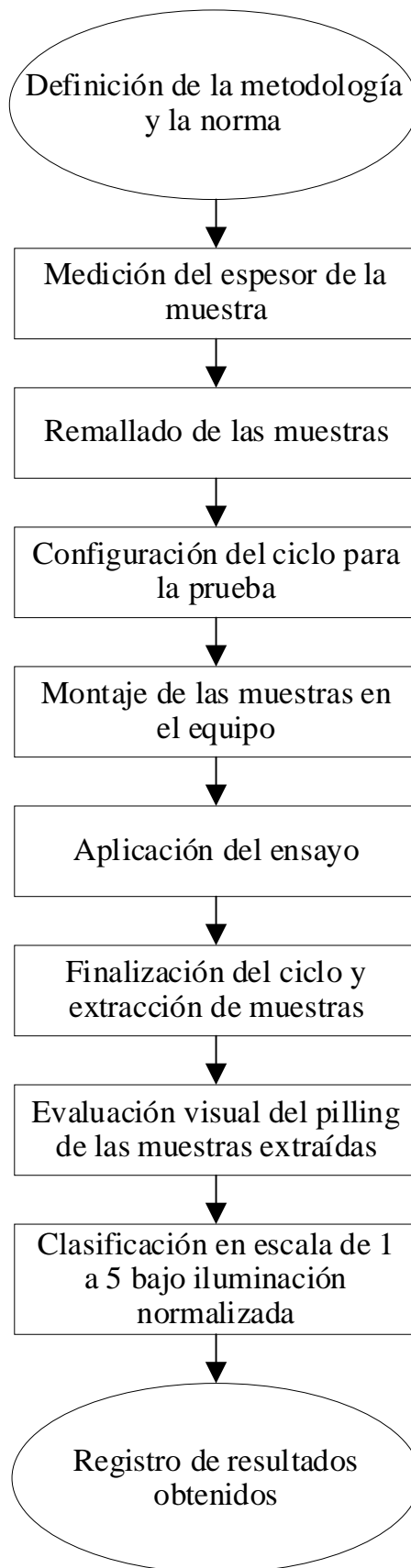


Figura 22: Diagrama de flujo del proceso de evaluación de la prueba de pilling.

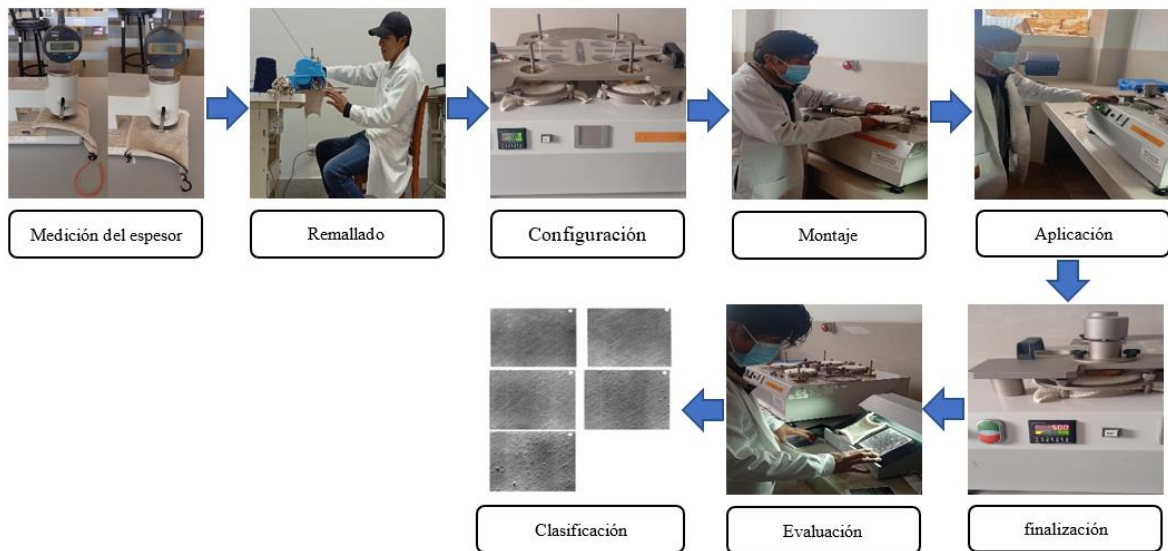


Figura 23: Diagrama de proceso de evaluación al pilling.

3.7 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.7.1 Población

La población de estudio fue la reutilización del desperdicio de la lana de ovino y la fibra de alpaca.

La población es definida como el "conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones", Pulido & Salazar (2008) lo que en este estudio se traslada al universo de la materia prima.

3.7.2 Muestra

La investigación utilizó una muestra no probabilística de forma intencional, de acuerdo con el diseño experimental empleado (diseño factorial 2^k). La muestra consideró los factores desperdicio de lana de ovino (A) y porcentaje de fibra de alpaca (B) para evaluar la resistencia a la tracción y pilling del hilo.

Se utilizó un diseño factorial 2^2 , que contempla 2 factores con 2 niveles, lo cual resultó en 4 tratamientos con 4 réplicas, haciendo un total de 16 muestra.

Según Hernández Sampieri et al. (2014), el muestreo no probabilístico por conveniencia se realizó por que lo datos se recopilan en un período determinado, dependiendo del acceso que tenga el investigador a las unidades de análisis.

3.8 TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.8.1 Técnica

Se uso la técnica observacional experimental porque se pretende procesar datos en condiciones controladas por el investigador y se realizara la intervención de las variables (Pulido & Salazar 2008).

3.8.2 Instrumentos

En la presente investigación se determinó la reutilización de lana de ovino en la fibra de alpaca en la resistencia la tracción y pilling, por lo tanto, se utilizó las siguientes fichas:

- Fichas de registro de datos para la investigación
- Ficha de validación de instrumento por expertos

3.9 PROCESOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental se centra en influencia del desperdicio de lana(A), fibra de alpaca (B), en la reutilización de desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca del hilo en la resistencia a la tracción y pilling. Para analizar estos efectos, se implementó un diseño experimental. Se empleó un diseño factorial de 2^2 , con 2 factores (A, B) con 2 niveles, generándose así 4 tratamientos con 4 réplicas. Se muestra en la Tabla 7.

Tabla 6: Cuadro de diseño factorial 2^2

Nº	Combinación de tratamientos	Factores	
		% desperdicio de lana	% fibra de alpaca
		A	B
1	(1)	15	70
2	a	30	70
3	b	15	85
4	ab	30	85

3.10 ANÁLISIS DE DATOS

Los datos que fueron obtenidos de resistencia a la tracción y pilling. Asimismo, para la resistencia a la tracción del hilo se utilizó el equipo dinamómetro, los datos fueron cuantitativos. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA) para rechazar o aceptar las hipótesis planteadas en la investigación. Se muestra en la Tabla 7.

Planteamiento de hipótesis

- Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas entre las medias de los grupos:
 $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$
- Hipótesis alterna (H1): Al menos un par de medias difiere significativamente entre sí

Tabla 7: ANOVA para el diseño factorial 2²

FV	SC	GL	CM	F0	Valor-p
A	SC _A	1	CM _A	CM _A / CM _E	P(F > F ₀)
B	SC _B	1	CM _B	CM _B / CM _E	P(F > F ₀)
AB	SC _{AB}	1	CM _{AB}	CM _{AB} / CM _E	P(F > F ₀)
Error	SC _E	4(n-1)	CM _E		
Total	SC _T	n ² -1			

Fuente: Pulido & Salazar (2008).

$$F_0 = \frac{CM_{Factor}}{CM_{Error}} \rightarrow P(F > F_0)$$

Donde:

CM_{Factor} = Cuadrado medio del factor (A,B o AB)

CM_{Error} = Cuadrado medio del error

Tabla 8: Seis maneras de escribir los tratamientos del diseño 2^2

	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	Notación de Yates
Trat 1 →	bajo	bajo	A ₁	B ₁	A ⁻	B ⁻	-	-	0	0	-1	-1	(1)
Trat 2 →	alto	bajo	A ₂	B ₁	A ⁺	B ⁻	+	-	1	0	1	-1	a
Trat 3 →	bajo	alto	A ₁	B ₂	A ⁻	B ⁺	-	+	0	1	-1	1	b
Trat 4 →	alto	alto	A ₂	B ₂	A ⁺	B ⁺	+	+	1	1	1	1	ab

Fuente: Pulido & Salazar (2008).

Nivel de significancia α : 0.05 que es equivalente al 5%

Prueba estadística: (ANOVA) $F_0 = CM_A/CM_E \rightarrow P(F > F_0)$, ver Tabla 5

Regla de decisión

Si $p < 0.05 \rightarrow$ se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se concluye que el factor tiene un efecto significativo sobre la calidad del hilo.

Si $p \geq 0.05 \rightarrow$ no se rechaza la hipótesis nula; no existe evidencia estadística de diferencias entre tratamientos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del análisis experimental sobre la reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca y su influencia en la calidad del hilo.

A fin de llevar a cabo el análisis de varianza (ANOVA) de las variables, se utilizó la evaluación de la prueba de normalidad de los datos empleando la prueba de Ryan-Joiner, la cual posee las características similares a la prueba de Shapiro-Wilk debido a que se trabajó con muestras menores a 50 observaciones ($n < 50$). Todo el análisis estadístico se realizó con un nivel de significancia del 0.05 (5%). Los resultados indicaron que los datos cumplen con los supuestos requeridos para la aplicación del ANOVA, cuyos resultados se presentan en el ANEXO 6 y ANEXO 7.

4.2 Resultados por objetivos

4.2.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca en la calidad del hilo, Puno 2023.

a) Contrastación de hipótesis general

La reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca influye significativamente en la calidad del hilo Puno, 2023.

Planteamiento de hipótesis

- **H0:** La reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca no influye significativamente en la calidad del hilo.
- **H1:** La reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca influye significativamente en la calidad del hilo.

Nivel de significancia (α): 5 %

En concordancia con el objetivo general, orientado a determinar la influencia de la reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la calidad del hilo, se procedió a contrastar la hipótesis general mediante el análisis de varianza (ANOVA), utilizando un nivel de significancia del 5 %. Los resultados obtenidos en las dos pruebas fundamentales de calidad: resistencia a la tracción (Tabla 8) y pilling (Tabla 11), muestran que los valores p del modelo general en ambos análisis (resistencia a la tracción: $F = 3.86$; $p = 0.038$ y pilling: $F = 4.18$; $p = 0.030$) son menores que el nivel de significancia establecido (0.05). Estos resultados, respaldados además por los coeficientes de determinación $R^2 = 49.10$ % para resistencia a la tracción y $R^2 = 51.11$ % para pilling, indican una adecuada capacidad explicativa del modelo en ambas variables de calidad. Asimismo, se evidencia que el porcentaje de desperdicio de lana de ovino ejerce una influencia estadísticamente significativa sobre la resistencia a la tracción del hilo, registrándose un valor $p = 0.006$, lo cual confirma su efecto determinante en esta propiedad mecánica. Por otro lado, si bien en el análisis del pilling el desperdicio de lana no mostró significancia estadística ($p = 0.114$), el comportamiento de esta variable se explicó principalmente por la variación en el porcentaje de fibra de alpaca, lo que indica que esta última posee un rol predominante en el control del pilling del hilo. En conjunto, estos resultados permiten afirmar que la incorporación de desperdicio de lana constituye un factor relevante en el desempeño final del hilo, al influir significativamente en al menos una de sus propiedades críticas. Esto subraya la importancia de establecer límites adecuados de mezcla y asegurar condiciones óptimas de procesamiento para garantizar la calidad del producto textil resultante.

Regla de decisión

Con un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$) y considerando que en ambos modelos los valores p obtenidos son menores a 0.05, es decir, ($p < 0.05$), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). En el ANOVA de resistencia a la tracción el valor p registrado es 0.006 la cual se observa en la tabla 9 y en el ANOVA de pilling con un valor p de 0.011 este valor se observa en la tabla 12 siendo ambos valores p menores a 0.05, lo que indica que los factores estudiados tienen un efecto significativo.

Conclusión

El modelo global del experimento tanto para la resistencia la tracción y pilling se obtuvo un valor $p = 0.038$ y un valor $p = 0.030$ respectivamente, lo cual resulta menor a 0.05 de nivel de

significancia. Por lo tanto, se concluye que la reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca influye significativamente en la calidad del hilo.

4.2.2 Objetivo específico 1

Analizar la influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la resistencia a la tracción del hilo.

Contrastación de hipótesis

Existe influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la resistencia a la tracción del hilo.

Planteamiento de hipótesis

Las hipótesis se plantearon teniendo en cuenta las dimensiones de la variable explicativas: desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca.

- Porcentaje de desperdicio de lana de ovino

Hipótesis nula (H_0): el porcentaje del desperdicio de lana de ovino no tiene influencia significativa sobre la resistencia a la tracción del hilo.

Hipótesis alternativa (H_1): el porcentaje del desperdicio de lana de ovino tiene influencia significativa sobre la resistencia a la tracción del hilo.

- Porcentaje de fibra de alpaca

Hipótesis nula (H_0): El porcentaje la fibra de alpaca no tiene influencia significativa sobre resistencia a la tracción del hilo.

Hipótesis alternativa (H_1): El porcentaje la fibra de alpaca tiene influencia significativa sobre resistencia a la tracción del hilo.

Nivel de significancia (α): 5 %

Regla de decisión

A un nivel de significación del 5 % valor $p < 0.05$ entonces se rechaza la Hipótesis Nula y se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 9: ANOVA Para la resistencia a la tracción

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0.60815	0.202717	3.86	0.038
Lineal	2	0.60393	0.301963	5.75	0.018
A: Desperdicio de Lana	1	0.59290	0.592900	11.29	0.006
B: Fibra de Alpaca	1	0.01102	0.011025	0.21	0.655
Interacciones de 2 términos	1	0.00422	0.004225	0.08	0.782
Desperdicio de Lana*Fibra de Alpaca	1	0.00422	0.004225	0.08	0.782
Error	12	0.63035	0.052529		
Total	15	1.23850			
$R^2 = 49.10 \%$		$R^2_{ajus} = 36.38 \%$		Nivel de significancia = 5 %	

En la Tabla 9 se observa el análisis de varianza con un nivel de significancia de 5 % revela que el modelo general es significativo al diseño factorial aplicado para evaluar la influencia del porcentaje de desperdicio de lana de ovino y del porcentaje de fibra de alpaca sobre la resistencia a la tracción del hilo. Asimismo, respaldado por un coeficiente de determinación $R^2 = 49.10 \%$, lo que indica existen efectos relevantes que evidencia un buen ajuste general del modelo. Entre los efectos principales, se observa que el factor porcentaje de desperdicio de lana de ovino (A) con un valor $p = 0.006$, presenta una influencia altamente significativa sobre la resistencia a la tracción. En contraste, el porcentaje de fibra de alpaca (B) con un valor $p = 0.655$, no tiene una influencia significativa, lo que se podría decir que dentro del rango evaluado no modifica de manera relevante la resistencia a la tracción del hilo. Asimismo, la interacción de A*B con un valor $p = 0.782$ no tiene influencia en la variable respuesta, indicando que interactúan de forma independiente, en general el factor determinante en la resistencia a la tracción del hilo es el desperdicio de lana de ovino.

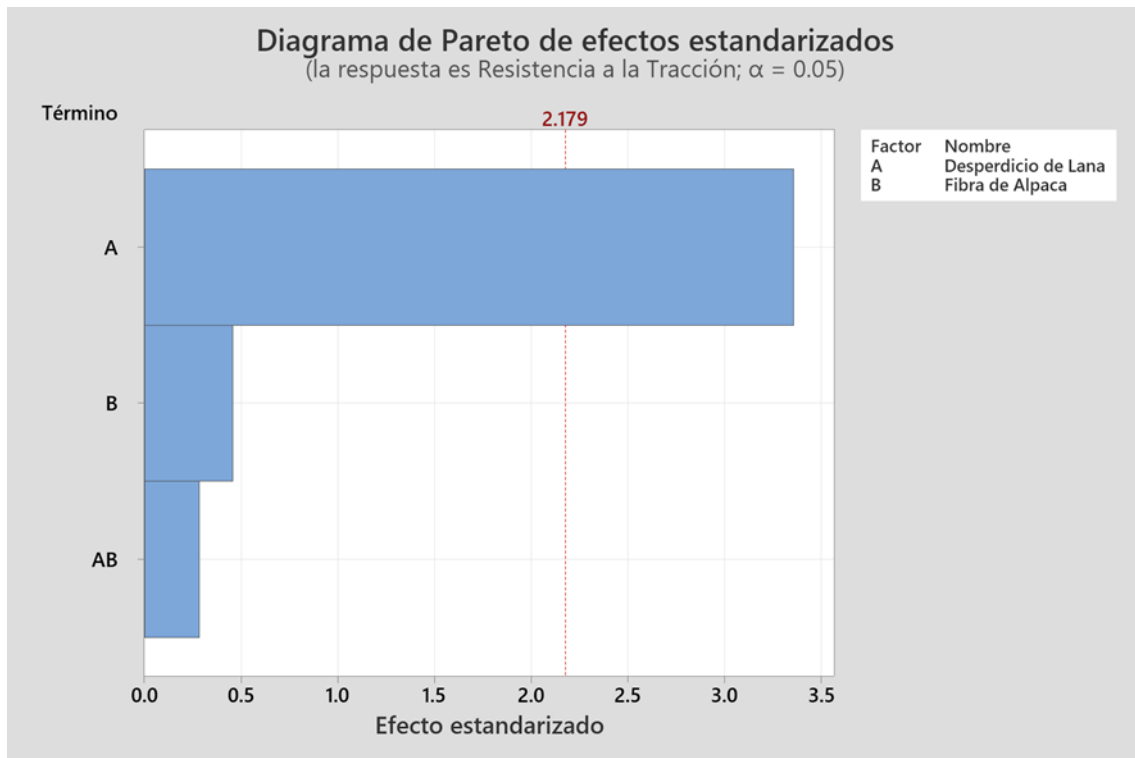


Figura 24: Diagrama de Pareto para los efectos estandarizados.

En la figura 24 se aprecia de forma más clara los efectos de los factores sobre la resistencia a la tracción del hilo, según el análisis ANOVA. En la gráfica, el efecto del factor porcentaje del desperdicio de lana de ovino (A) se observa que es mayor, con un valor significativo superior al umbral crítico de 2.179, lo que significa que este factor (A) tiene mayor influencia en la variable respuesta (resistencia a la tracción). El efecto del factor porcentaje de fibra de alpaca (B) es notablemente que está por debajo del umbral o del valor crítico, lo que indica que este factor (B) no tiene una influencia significativa sobre la resistencia a la tracción del hilo. Finalmente, la interacción A*B se observa que es menor al valor crítico, lo que verifica que no hay interacción entre el porcentaje del desperdicio de la lana de ovino y la fibra de alpaca, en este contexto. Esto refuerza los resultados del análisis de varianza.

Regla de decisión

El factor porcentaje de desperdicio de lana de ovino, con un $F = 11.29$ y valor $p = 0.006$, que es menor al nivel de significancia del 5% ($p = 0.006 < 0.05$), se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, lo que confirma que el desperdicio de lana de ovino influye significativamente en la resistencia a la atracción del hilo.

Por otro lado, El factor porcentaje de fibra de alpaca con un $F = 0.21$ y valor $p = 0.655$ que es mayor al nivel de significancia del 5% ($p = 0.655 > 0.05$), no rechaza la hipótesis nula y, por

lo tanto, no acepta la hipótesis alterna, esto demuestra que la fibra de alpaca no influye significativamente en la resistencia a la atracción del hilo.

Conclusión

Con un valor p del factor desperdicio de la lana de ovino es inferior a 1 nivel de significancia (valor $p < 0.05$). El desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca tiene influencia significativa sobre la resistencia a la tracción del hilo.

b) Efecto de los factores

Tabla 10: Efectos de los factores de la resistencia a la tracción

Término	Efecto
Desperdicio de Lana	0.3850
Fibra de Alpaca	-0.0525

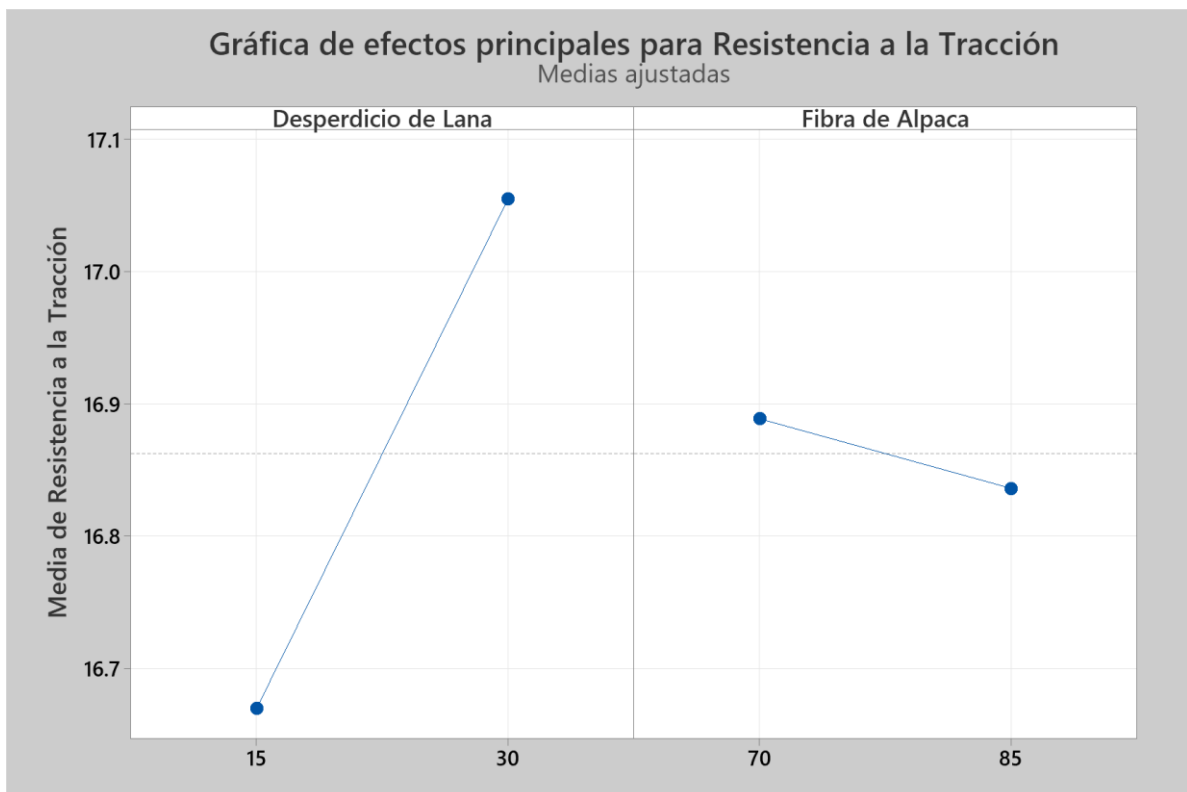


Figura 25: Gráfica de efectos principales para la resistencia a la tracción.

En la Tabla 10 y en la figura 25 se observa los gráficos de los efectos del factor de desperdicio de lana (A) y la fibra de alpaca (B) sobre la resistencia a la tracción del hilo. Se puede observar el factor (A) tiene una influencia positiva y significativo en la resistencia a la tracción del hilo,

lo cual respalda lo hallado en la tabla de ANOVA. Por otra parte, el porcentaje de la fibra de alpaca tiende a tener una influencia negativa, aunque este efecto no es significativo como se verifica en la Tabla 9.

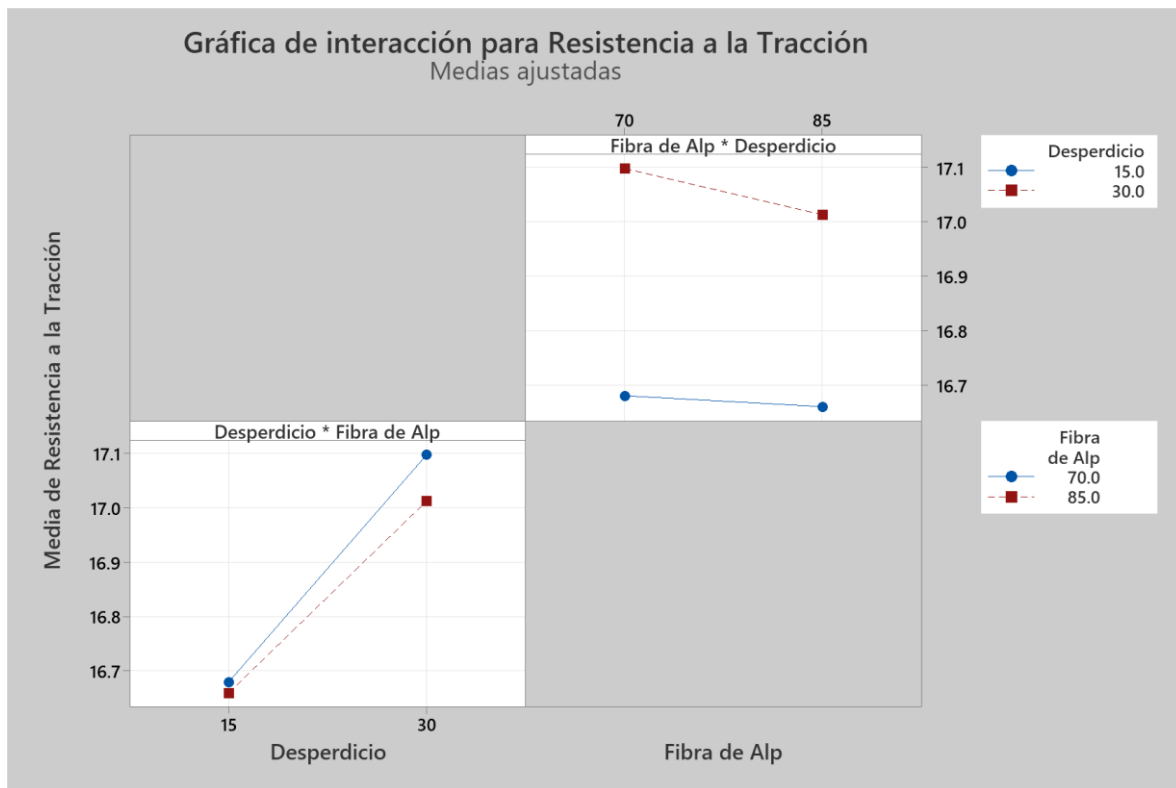


Figura 26: Gráfica de interacciones para la resistencia a la tracción

En la figura 26 se muestra que la gráfica de interacción, se puede confirmar que hay una interacción levemente entre los factores A y B ya que las líneas correspondientes a diferentes niveles de ambas variables explicativas tienden a interceptarse y se podría decir que muestra una influencia moderada conjunta en la variable respuesta , pero que no es significativa.

Por lo tanto, la tabla de ANOVA refuerza la conclusión de que el factor desperdicio de lana (A) tiene una influencia significativa en la resistencia a la tracción del hilo, mientras que el factor fibra de alpaca (B) no muestra una influencia relevante y asimismo no existe interacción de las dos variables explicativas.

c) Diferencias estadísticas

Tabla 11: Diferencias estadísticas del método de Tukey de la resistencia a la tracción

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T2	4	17.097	A
T4	4	17.012	A
T1	4	16.6800	A
T3	4	16.6600	A

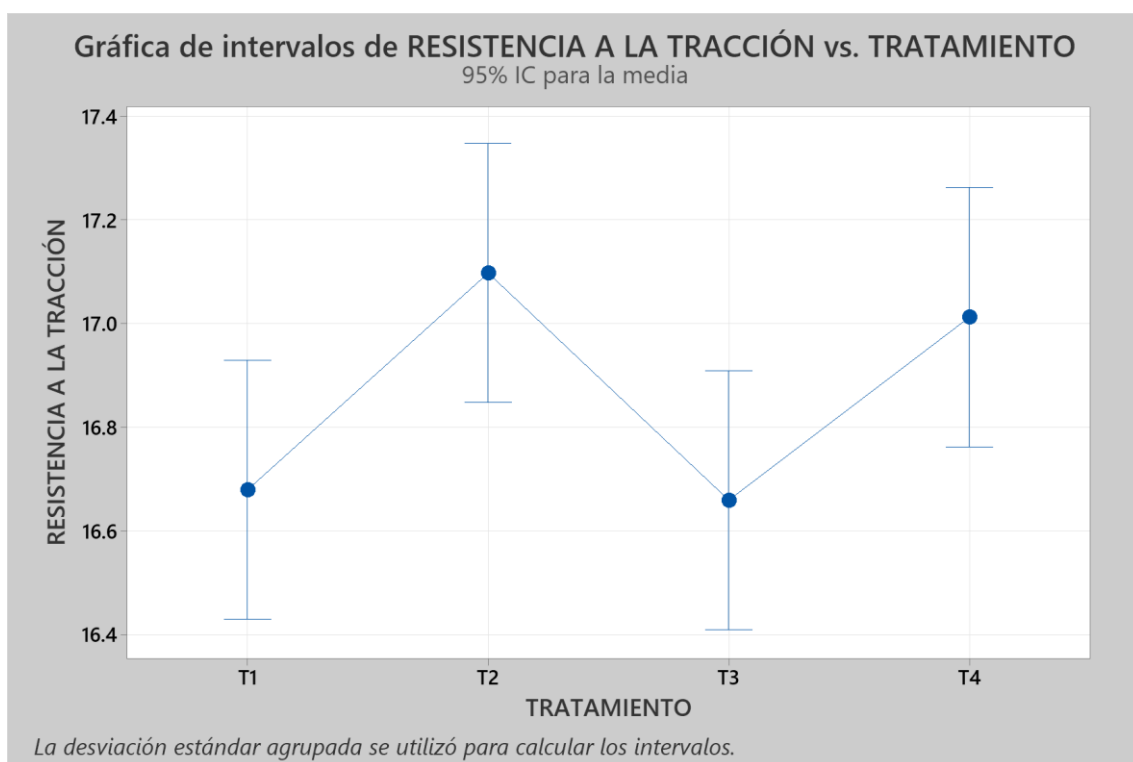


Figura 27: Grafica de intervalos de la resistencia a la tracción en función de los tratamientos.

En la tabla 11 y en a la figura 27 se observa las diferencias estadísticas y la gráfica de intervalos de confianza utilizando el método Tukey para agrupar los tratamientos basados en la influencia sobre la resistencia a la tracción del hilo con un nivel de confianza del 95 %. En la tabla, se observa las medias de los tratamientos T2 y T4 con un valor de 17.097 cN/tex y 17.012 cN/tex, respectivamente, seguido por los tratamientos T1 y T3 tienen medias ligeramente bajas (16.680 cN/tex y 16.660 cN/tex, respectivamente), todos los tratamientos están dentro del grupo A, lo que significa que no hay diferencias significativas entre estos tratamientos, y que ofrece un mejor desempeño en la resistencia a la tracción del hilo.

4.2.3 Objetivo específico 2

Determinar la influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre el pilling del hilo.

a) Contrastación de hipótesis

Existe influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre el pilling del hilo.

Planteamiento de hipótesis

Las hipótesis se plantearon teniendo en cuenta las dimensiones de la variable explicativas: desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca.

- Porcentaje de desperdicio de lana de ovino

Hipótesis nula (H_0): El porcentaje del desperdicio de lana de ovino no tiene influencia significativa sobre el pilling del hilo.

Hipótesis alternativa (H_1): El porcentaje del desperdicio de lana de ovino tiene influencia significativa sobre el pilling del hilo.

- Porcentaje de fibra de alpaca

Hipótesis nula (H_0): El porcentaje la fibra de alpaca no tiene influencia significativa sobre el pilling del hilo.

Hipótesis alternativa (H_1): El porcentaje la fibra de alpaca tiene influencia significativa sobre el pilling del hilo.

Nivel de significancia (α): 5 %

Regla de decisión

A un nivel de significación del 5 % valor $p < 0.05$ entonces se rechaza la Hipótesis Nula y se acepta la hipótesis Alterna.

Tabla 12: ANOVA Para pilling

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	4.3125	1.4375	4.18	0.030
Lineal	2	4.0625	2.0313	5.91	0.016
A: Desperdicio de Lana	1	1.0000	1.0000	2.91	0.114
B: Fibra de Alpaca	1	3.0625	3.0625	8.91	0.011
Interacciones de 2 términos	1	0.2500	0.2500	0.73	0.410
Desperdicio de Lana*Fibra de Alpaca	1	0.2500	0.2500	0.73	0.410
Error	12	4.1250	0.3437		
Total	15	8.4375			
$R^2 = 51.11 \%$		$R^2_{ajus} = 38.89 \%$		Nivel de significancia = 5 %	

En la Tabla 12 se observa el análisis de varianza con un nivel de significancia de 5 % revela que el modelo general es significativo ya que el valor p es menor que el nivel de significancia de 0.05, así mismo con un $R^2 = 51.11 \%$, lo que indica que el modelo explica el 51.11 % de la variabilidad en el pilling. Dentro de los efectos principales, se observa que el factor porcentaje de fibra de alpaca (B) presenta una influencia significativa sobre el pilling (valor p = 0.011). por lo contrario, el porcentaje del desperdicio de lana de ovino no tiene una influencia significativa dado que se halló un valor p = 0.114. Asimismo, la interacción de los factores A*B con un valor p = 0.410, no tiene una influencia significativa, esto indica que la combinación de los niveles de ambos factores A y B en manera conjunta no modifica el comportamiento del pilling.

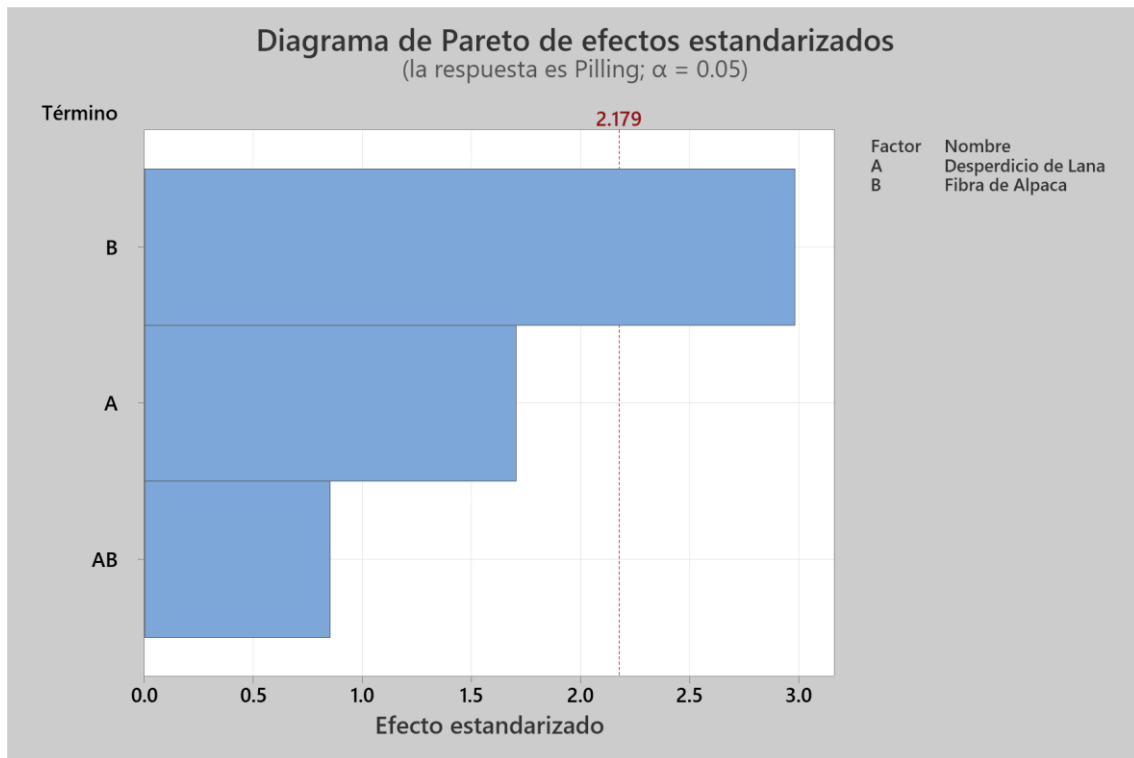


Figura 28:Diagrama de Pareto para los efectos estandarizados

En la figura 28 se aprecia de forma más clara los efectos de los factores sobre el pilling del hilo, según el análisis ANOVA. En la gráfica, el efecto del factor porcentaje de la fibra de alpaca (B) se observa que es mayor, con un valor significativo superior al umbral crítico de 2.179, lo que significa que este factor (B) tiene mayor influencia en la variable respuesta (pilling del hilo). El efecto del factor porcentaje del desperdicio de lana (A) es notablemente que está por debajo del umbral o del valor crítico, lo que indica que este factor (A) no tiene una influencia significativa sobre el pilling del hilo. Finalmente, la interacción A*B se observa que es más menor al valor crítico, lo que verifica que no hay interacción entre el porcentaje del desperdicio de la lana de ovino y la fibra de alpaca, en este contexto. Esto refuerza los resultados del análisis de varianza. Por lo tanto, se podría decir que el porcentaje de fibra de alpaca tiene una influencia significativa en el pilling del hilo.

Regla de decisión

El factor porcentaje de desperdicio de lana de ovino con un $F = 2.91$; *valor p* = 0.114 que es mayor al nivel de significancia del 5% ($p = 0.114 > 0.05$), se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. Se declara que el desperdicio de lana de ovino no influye significativamente en el pilling del hilo.

El factor porcentaje de fibra de alpaca con un $F = 8.91$ y *valor p* = 0.011 que es menor al nivel de significancia del 5% ($p = 0.011 < 0.05$), se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, esto demuestra que la fibra de alpaca influye significativamente en el pilling del hilo.

Conclusión

Con un valor p del factor fibra de alpaca es inferior al nivel de significancia (valor p < 0.05). El desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca tiene influencia significativa sobre el pilling del hilo.

b) Efectos de los factores

Tabla 13: *Efectos de los factores de pilling*

Término	Efecto
Desperdicio de Lana	0.500
Fibra de Alpaca	0.875

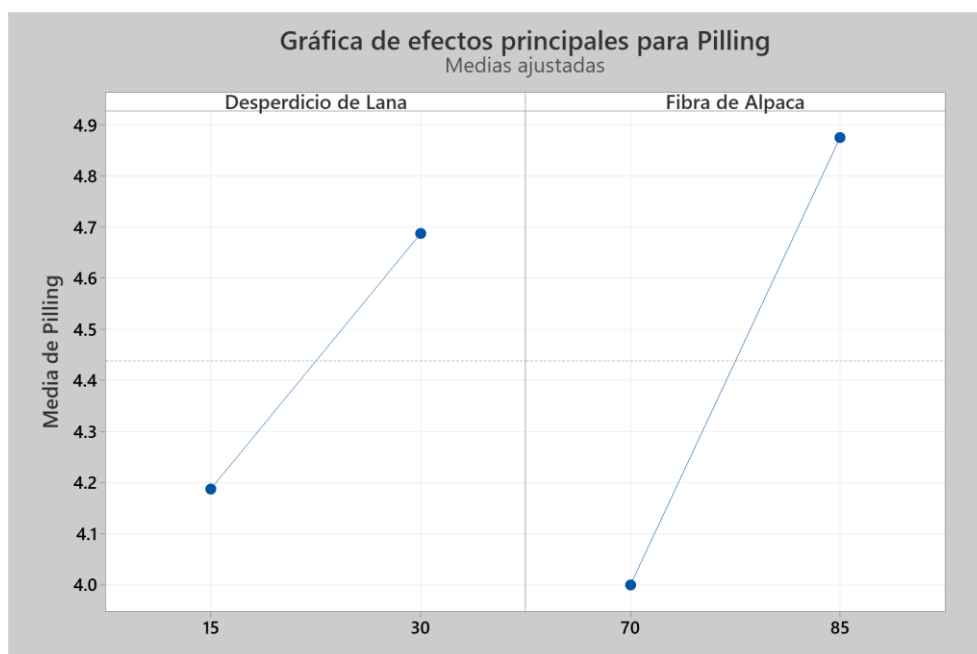


Figura 29: Gráfico de efectos principales para pilling.

En la Tabla 13 y en la figura 29 se observa los gráficos de los efectos del factor de desperdicio de lana (A) y la fibra de alpaca (B) sobre el pilling del hilo. Se puede observar que hay una influencia positiva y significativo, se puede observar que el factor fibra de alpaca (B) tiene una

tendencia positiva más pronunciada, esto indica que cuando el porcentaje de fibra de alpaca aumenta, las medias del pilling se incrementan de 4 a 4.8, lo que significa es que a una mayor proporción de fibra de alpaca se eleva la resistencia al pilling, contribuyendo a que el hilo en el tejido se con menor tendencia a formar pilling durante el uso.

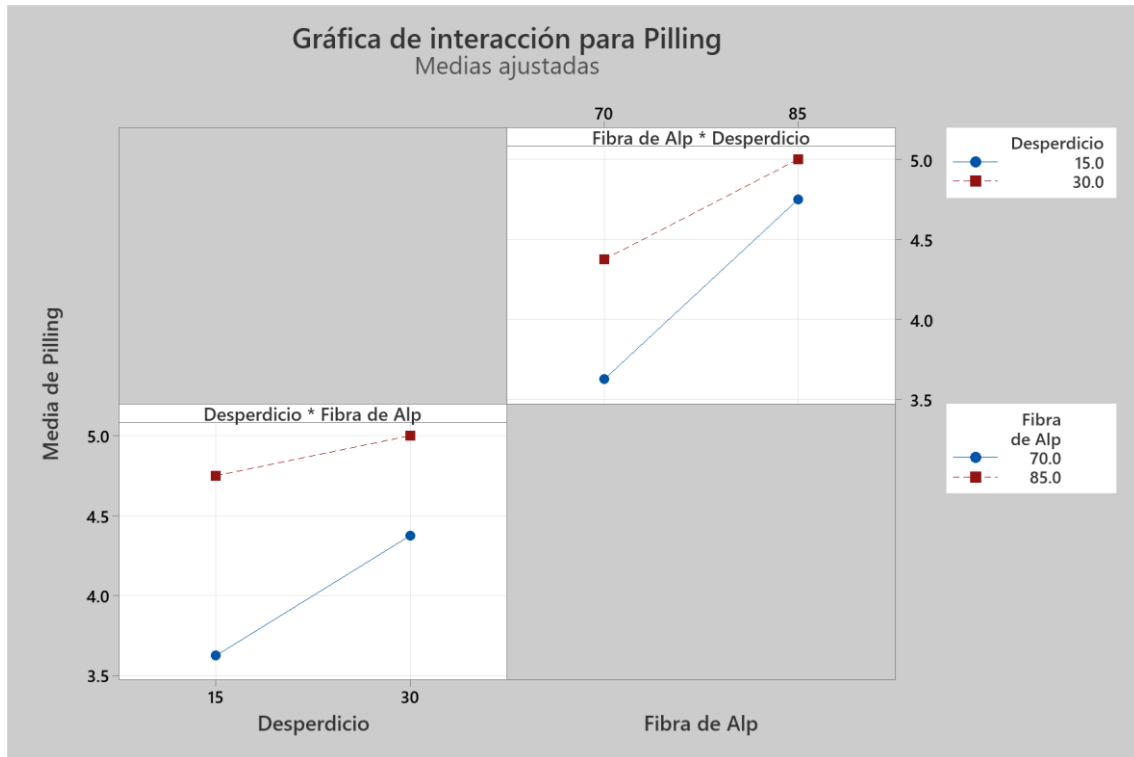


Figura 30: Gráfica de interacciones para pilling.

En la figura 30 se observa en la gráfica de interacción que existe una tendencia a un cruce parcial de las pendientes lo cual se podría decir que la combinación de 70% de fibra de alpaca más 30% de desperdicio de lana muestra la mejora relativa en la resistencia al pilling, mientras que tratamientos con 85% de fibra de alpaca mantiene de por sí un buen desempeño, con combinaciones entre los dos niveles del factor (A).

Comparaciones estadísticas

Tabla 14: Comparaciones estadísticas del método Tukey al pilling

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T4	4	5.000	A
T3	4	4.750	AB
T2	4	4.375	AB
T1	4	3.625	B

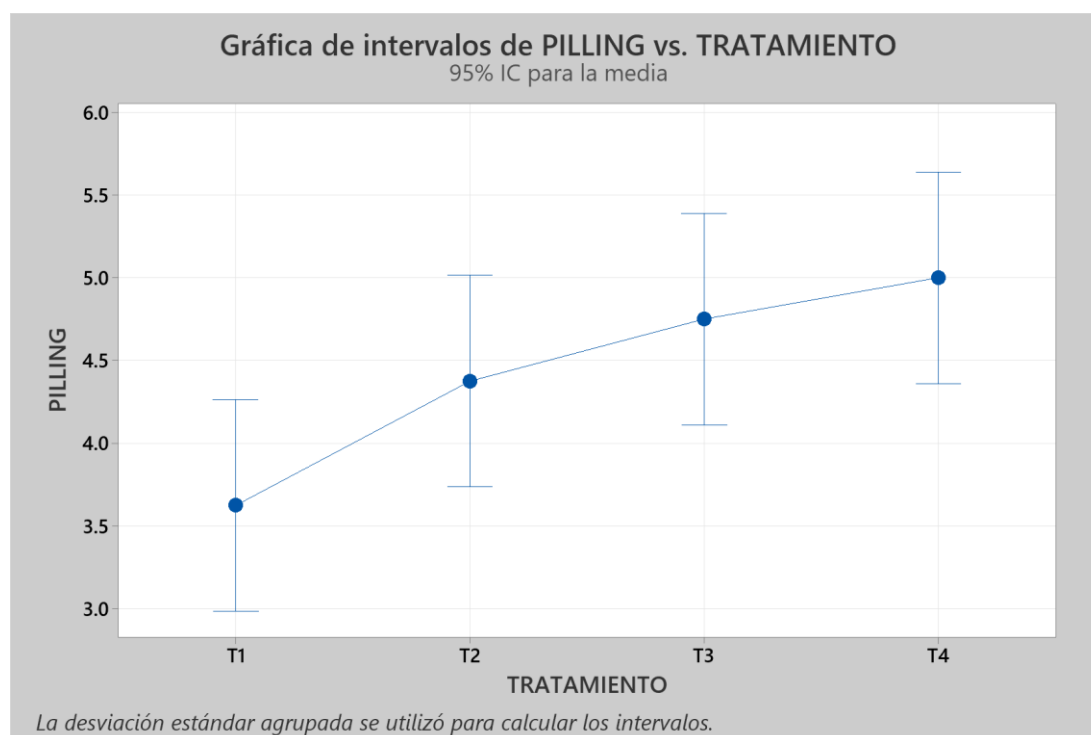


Figura 31: Gráfica de intervalos de pilling en función de los tratamientos.

En la Tabla 14 y en la figura 31 se observa las diferencias estadísticas y la gráfica de intervalos de confianza utilizando el método Tukey para agrupar los tratamientos basados en la influencia sobre el pilling del hilo con un nivel de confianza del 95 %. En la tabla, se observa que el tratamiento T4 tiene la media más alta (5.0) y se agrupa por sí solo en el grupo A. Los tratamientos T3 y T2 tienen medias de 4.750 y 4.375 respectivamente y se agrupan bajo AB, lo que significa que no hay una diferencia estadística significativa entre ellos, pero sí con respecto al tratamiento T1 que tiene la media más baja (3.625) y se agrupa en el grupo B, lo que podría decirse que su rendimiento en el pilling es inferior al de los otros tratamientos. Por lo tanto, el tratamiento T4 es el más efectivo para reducir el pilling en el hilo.

4.3 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que la reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca influye significativamente en la calidad del hilo, evaluada mediante la resistencia a la tracción y el pilling. El análisis de varianza evidenció que el modelo experimental fue significativo para la resistencia a la tracción, con un valor de $p = 0.038$, y también para el pilling, con un valor de $p = 0.030$; ambos valores fueron menores al nivel de significancia establecido de 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la mezcla de desperdicio de lana de ovino con fibra de alpaca genera cambios estadísticamente significativos en el comportamiento del hilo.

En relación con la resistencia a la tracción, se identificó que el porcentaje de desperdicio de lana de ovino fue el factor que presentó influencia significativa, con un valor de $p = 0.006$. Este resultado indica que la incorporación de desperdicio de lana no actúa únicamente como material de relleno o aprovechamiento secundario, sino que también modifica el desempeño mecánico del hilo. Los tratamientos que presentaron las medias más altas fueron el Tratamiento 2, con 17.097 cN/tex, y el Tratamiento 4, con 17.012 cN/tex, ambos con 30 % de desperdicio de lana de ovino. Esto permite afirmar que, bajo condiciones controladas de hilatura, la incorporación de hasta 30 % de desperdicio de lana puede mantener valores favorables de resistencia a la tracción sin comprometer la calidad mecánica del hilo.

Estos resultados se relacionan con lo reportado por Torres, J. (2011), quien evaluó la incorporación de desperdicio recuperable en hilos de algodón peinado y encontró que, al incrementar el porcentaje de desperdicio de cardado y peinado, aumentaban la irregularidad de masa, las partes delgadas y la pilosidad del hilo. Dicho antecedente concluyó que la reutilización de desperdicios es técnicamente posible, pero debe realizarse en porcentajes controlados para evitar pérdidas de calidad. En comparación con ese estudio, la presente investigación coincide en que el reaprovechamiento de desperdicios textiles es viable; sin embargo, se diferencia porque, en este caso, el desperdicio de lana de ovino no generó una disminución crítica de la resistencia, sino que los tratamientos con 30 % de desperdicio alcanzaron los mejores valores de resistencia a la tracción. Esto demuestra que el efecto del desperdicio depende del tipo de fibra, de la proporción utilizada y del control del proceso de hilatura.

Asimismo, los resultados guardan relación con Santos y Tupa Tuni. (2024), quienes estudiaron fibra de llama cha'ku descerdada en la región Puno y determinaron que los hilos de dos cabos

presentaron mayor resistencia a la tracción que los hilos de un cabo; por ejemplo, el título 12 Nm alcanzó 19.7 cN/tex en hilos de dos cabos frente a 7.6 cN/tex en hilos de un cabo. Este antecedente demuestra que la estructura del hilo, el número de cabos y las condiciones de procesamiento influyen directamente en la resistencia mecánica. En ese sentido, la presente investigación coincide con dicho planteamiento, ya que los valores obtenidos en los tratamientos con mayor porcentaje de desperdicio de lana muestran que la resistencia del hilo puede mantenerse dentro de rangos aceptables cuando existe una adecuada preparación, mezcla y torsión de las fibras.

Respecto al pilling, el análisis estadístico mostró que el modelo general fue significativo, con $p = 0.030$. Sin embargo, al analizar los factores de manera individual, se observó que el porcentaje de desperdicio de lana de ovino no fue significativo, debido a que obtuvo $p = 0.114$. En cambio, el porcentaje de fibra de alpaca sí presentó influencia significativa sobre el pilling, con $p = 0.011$. Esto significa que la formación de bolitas en el hilo estuvo explicada principalmente por la proporción de fibra de alpaca y no únicamente por la cantidad de desperdicio de lana incorporado. Por ello, no se puede afirmar que el desperdicio de lana de ovino, por sí solo, reduzca el pilling; lo correcto es señalar que la mejor respuesta frente al pilling se obtuvo en la combinación del Tratamiento 4, que alcanzó grado 5, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos.

Este hallazgo se vincula con el estudio de Agustina (2019), quien analizó tejidos de punto elaborados con fibra de alpaca 100 % y concluyó que el título y la torsión del hilo influyen significativamente en la formación de pilling. Dicho antecedente llegó al resultado de que las variaciones estructurales del hilo modifican su comportamiento frente al frote en el equipo Martindale. La presente investigación coincide con ese antecedente, porque también demuestra que el pilling no depende de un solo factor, sino de la composición de la mezcla y de las características estructurales del hilo. No obstante, se diferencia porque Agustina trabajó con fibra de alpaca pura, mientras que este estudio evaluó mezclas de fibra de alpaca con desperdicio de lana de ovino, aportando evidencia nueva sobre el comportamiento de mezclas sostenibles.

De igual forma, los resultados obtenidos pueden compararse con Mustafa et al. (2022), quienes estudiaron tejidos de lana peinada mezclada y encontraron grados de pilling entre 2–3 y 4–5, dependiendo de la composición del tejido y de la rigidez a la flexión. Ese antecedente concluyó que la composición de fibras y la estructura del hilo influyen directamente en la formación de

pillling. En la presente investigación, el Tratamiento 4 alcanzó grado 5, lo que permite señalar que la mezcla evaluada logró un comportamiento favorable frente al pillling, incluso utilizando desperdicio de lana de ovino como parte de la composición. Esto evidencia que la reutilización de desperdicios fibrosos puede generar un hilo con buen desempeño superficial, siempre que se controle adecuadamente la proporción de fibra de alpaca y el proceso de hilatura.

También se puede relacionar con la investigación de la Universidad Técnica del Norte (2016), donde se evaluó la aplicación de látex, resina y silicona como acabados antipilling en tejidos de lana 100 %. En ese estudio, la resina obtuvo el mejor desempeño, con un grado promedio de pillling de 3.96, demostrando que los acabados químicos pueden mejorar la resistencia a la formación de bolitas. En comparación, el presente estudio obtuvo grado 5 en el Tratamiento 4 sin recurrir a acabados químicos antipilling, sino mediante la modificación de la composición de la mezcla. Esto representa un aporte importante, ya que sugiere que la calidad superficial del hilo puede optimizarse desde la etapa de cardado e hilado, reduciendo la dependencia de tratamientos químicos posteriores.

En conjunto, los antecedentes revisados permiten afirmar que la calidad del hilo está determinada por múltiples factores, entre ellos el tipo de fibra, el porcentaje de mezcla, la torsión, el número de cabos, la regularidad y el proceso de hilatura. La presente investigación confirma esa tendencia, pero aporta un enfoque diferente al demostrar que el desperdicio de lana de ovino puede reutilizarse en mezclas con fibra de alpaca sin afectar negativamente la calidad del hilo. Por el contrario, los resultados muestran que el porcentaje de desperdicio de lana influye significativamente en la resistencia a la tracción, mientras que el porcentaje de fibra de alpaca influye significativamente en el pillling.

Por último, el Tratamiento 4 se considera el más favorable porque combina 30 % de desperdicio de lana de ovino y 85 % de fibra de alpaca, alcanzando un buen desempeño tanto en resistencia a la tracción como en pillling. Este resultado permite sostener que la reutilización del desperdicio de lana de ovino representa una alternativa técnica y ambientalmente viable para la producción de hilos de calidad media, contribuyendo al aprovechamiento de residuos textiles, a la reducción de costos de materia prima y al fortalecimiento de prácticas sostenibles en la industria textil de la región Puno.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) permitió determinar que la reutilización del desperdicio de lana de ovino en mezcla con fibra de alpaca influye significativamente en la calidad del hilo, evaluada mediante la resistencia a la tracción y el pilling. El modelo experimental global presentó significancia estadística tanto para la resistencia a la tracción, con un valor $p = 0.038$, como para el pilling, con un valor $p = 0.030$, ambos datos menores al nivel de significancia de 0.05. Por ello, se concluye que la mezcla de ambas fibras constituye una alternativa técnicamente viable para la elaboración de hilos y posteriores productos textiles, contribuyendo al aprovechamiento de residuos textiles y al uso eficiente de materias primas locales.

En cuanto, a la resistencia a la tracción del hilo, fue influenciada significativamente por el porcentaje de desperdicio de lana de ovino, debido a que este factor presentó un valor $p = 0.006$, menor al nivel de significancia de 0.05. Por otro lado, el porcentaje de fibra de alpaca y la interacción entre ambos factores no presentaron influencia significativa sobre esta propiedad. Asimismo, los tratamientos con mejores valores medios fueron el Tratamiento 2, con 17.097 cN/tex, y el Tratamiento 4, con 17.012 cN/tex, lo que evidencia que la incorporación de 30 % de desperdicio de lana de ovino favorece el comportamiento mecánico del hilo bajo las condiciones evaluadas.

Respecto al pilling, el modelo experimental fue estadísticamente significativo; sin embargo, el análisis individual de los factores mostró que el porcentaje de desperdicio de lana de ovino no presentó influencia significativa, debido a que se obtuvo un valor $p = 0.114$. En cambio, el porcentaje de fibra de alpaca sí influyó significativamente en el pilling, con un valor $p = 0.011$. Por lo tanto, se concluye que la resistencia al pilling estuvo determinada principalmente por la proporción de fibra de alpaca presente en la mezcla, y no únicamente por la incorporación del desperdicio de lana de ovino. El Tratamiento 4 se identificó como la alternativa más favorable de manera integral, debido a que presentó un adecuado valor de resistencia a la tracción y alcanzó el mejor comportamiento frente al pilling, con grado 5. Esto demuestra que la

combinación de 30 % de desperdicio de lana de ovino con 85 % de fibra de alpaca permite obtener un hilo con buen desempeño mecánico y superficial, adecuado para productos textiles de calidad media y con enfoque sostenible.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda calcular cuánta agua, energía y residuos se generan en cuanto como se trabaja con fibra residual frente a fibra nueva. Esta información lo que permitiría sería demostrar, con datos reales, el aporte sostenible que ofrece la reutilización dentro de las hilanderías y talleres textiles y no solo a nivel nacional si no también internacional.

Se recomienda seguir explorando posibles usos de estas mezclas en hilados artesanales tanto como industriales buscando siempre que el material conserve un buen desempeño y no pierda la calidad de sí mismo.

Se recomienda profundizar en el estudio de cómo los colorantes naturales reaccionan en las mezclas de alpaca con desperdicio de lana ovino u otras mezclas , para comprender mejor su comportamiento en cuanto a uniformidad, absorción y homogeneidad del color.

Sería muy valioso probar estos hilados de mezcla en prendas o tejidos reales que sean expuesto al uso diario, al lavado y a la fricción con la piel o con otro tejido, para verificar si las distintas proporciones de desperdicio afectan la durabilidad fuera de las condiciones controladas del laboratorio.

Se sugiere investigar nuevas mezclas, como alpaca y seda o alpaca con algodón, incorporando también porcentajes de desperdicio de alguna fibra o lana la cual permitiría determinar la viabilidad de nuevos hilados.

5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agualsaca, E. (2023). *Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de fibra e hilo de alpaca suri (Vicugna pacos) de la Estación Experimental Aña-Moyocancha* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Agustina, M. (2019). *Influencia de las torsiones y título del hilo en la formación de pilling en tejidos de alpaca 100%* (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Alongi, J., Carosio, F. y Malucelli, G. (2014). Técnicas emergentes actuales para conferir retardancia al fuego a los tejidos: una visión general. *Polymer Degradation and Stability*, 106,138-149.
- American Society for Testing and Materials. (2020). Standard terminology relating to textiles (ASTM D123-19). *ASTM International*.
- Aréstegui Otazú, D. (2023). *Requisitos de calidad de la fibra de alpaca*. Lima, Perú: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.
- Aus, R., Moora, H., Vihma, M., Unt, R., Kiisa, M., & Kapur, S. (2021). Designing for circular fashion: Integrating upcycling into conventional garment manufacturing processes. *Fashion and Textiles*, 8(1). doi:10.1186/s40691-021-00262-9
- Barreda, F. (2020). *Características textiles y estructura medular de la fibra de alpaca huacaya de la provincia de Huancané 2019*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Juliaca
- Barreda, F., & Guevara, E. (2024). Efectos del teñido con la semilla de achiote (*Bixa Orellana*) en la solidez del color del hilo de alpaca. *Revista de Innovación y Transferencia Productiva*, 4(2), 002.
- Bhuiyan, M. A. R., Ali, A., Mohebbullah, M., Hossain, M. F., Khan, A. N., & Wang, L. (2023). Recycling of cotton apparel waste and its utilization as a thermal insulation layer in high performance textiles. *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*.
- Cardamone, J. M. (2010). Investigación de la microestructura de la queratina extraída de la lana: secuencia de péptidos (MALDI-TOF/TOF) y conformación de proteínas (FTIR). *Journal of Molecular Structure*, 969(1-3), 97-105.

- Carpio Flores, F. A. (2020). *Mejora del valor agregado de los desperdicios y retazos de una planta de tejido y confección de prendas en alpaca de la ciudad de Arequipa, 2020* (Tesis de grado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Castillo Yepes, E. L., Figueroa Quispe, W. A., & Puma Huaman, B. (2022). Alpaca huacaya blanca de la zona norte región Puno 2019. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica de Ingenierías*, 4(1), 50-56. doi:10.47190/nric.v4i1.5
- Castillo, R. (2008). *Política económica y exportaciones de confecciones de fibra de alpaca mercado mundial: 2000-2005* (Tesis de grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Cayambe Duchi, E. F. (2023). *Caracterización física de lana de los ovinos producidos en el cantón Colta* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Chavez Cruz, B. (2022). *Caracterización y evaluación de la resistencia mecánica de la mezcla de hilos de fibra de alpaca con fibra proteica de leche* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Callister, W. D. (2007). *Materiales: Selección y diseño* (8.ª ed.). Wiley.
- Chicaiza, V. (2018). *Género textil a partir de pelaje canino* (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Czaplicki, Z. (2012). Propiedades y estructura de la lana polaca en términos de su procesamiento y usos finales. *Journal of Natural Fibers*, 9(3), 166-176.
- González-Pérez, J. M., Fernández-López, A., & Martínez-Soto, R. (2020). Economía circular en la industria textil: Reutilización de residuos de lana. *Revista de Estudios Ambientales*, 15(3), 245-260.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). México D.F., México: McGraw-Hill Education.
- Holme, I. (2016). Nuevos desarrollos en el acabado químico de textiles. *Journal of the Textile Institute*, 107(11), 1415-1440.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario*. Lima, Perú: Autor.
- Kadolph, S. J. (2017). *Textiles (12th ed.)*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Kozlowski, R. M. (Ed.). (2012). *Manual de fibras naturales: Tipos, propiedades y factores que afectan la cría y el cultivo*. Oxford, Reino Unido: Elsevier.
- Lara González, J. D. (2008). Reducir, reutilizar, reciclar: El buen uso de las R. *Elementos: Ciencia y Cultura*, 15(69), 45-48.
- Lee, H. (2023). A study on the production methods of upcycling tweed fabric using clothing waste based on Chanel's tweed design. *Sustainability*, 15(4), 3374. doi:10.3390/su15043374
- Lockuán, F. (2012). La industria textil y su control de calidad: *Ennoblecimiento textil*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Lockuán, F. (2012a). La Industria Textil Y Su Control De Calidad *Lavado*.IV:161.
- Lockuán, F. (2012b). La Industria Textil Y Su Control De Calidad.
- López-Amo Marín, F., José, I., & Serrano Moreno, A. (s.f.). *Puntos notables en las curvas torsión-resistencia de los hilos*. Barcelona, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- López-García, M., & Rodríguez-Fernández, C. (2021). Innovación en el aprovechamiento de subproductos lanares: Un enfoque sostenible. *Journal of Sustainable Textile Production*, 8(2), 112-128
- Mamani, L. (2012). *Estudio económico de la producción de alpaca en las comunidades de puna seca* (tesis de maestría). Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Post Grado, Perú.
- Marín, C. V., & Monroy, B. G. (2013). Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 8(13), 31-46.
- Mathias, E. (Coord.). (2011). *Añadiendo valor a la diversidad ganadera: Mercadotecnia para promover las razas autóctonas y mejorar los medios de subsistencia*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).


- McGregor, B. A., & Naebe, M. (2013). Effect of fibre, yarn and knitted fabric attributes associated with wool comfort properties. *Journal of The Textile Institute*, 104(6), 606-617.
- MINAGRI. (2019). *Potencial Productivo y Comercial de la Alpaca*. Ministerio de Agricultura y Riego, 56 p.
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (2ª ed.). México D.F., México: Limusa Wiley.
- Mueller, J., Rigalt, F., Calcino, A., Lamas, H., & Frank, E. N. (2017). *Comercialización de fibras de camélidos sudamericanos*. Córdoba, Argentina: Red SUPPRAD - Universidad Católica de Córdoba.
- Mustafa, E., Abdel Salam, M., El Gholmy, S., El Geiheini, A., & El Kateb, S. (2022). A statistical prediction model for pilling grades of blended worsted fabrics based on fabric bending rigidity. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 11615–11621. doi:10.1016/j.aej.2022.05.022
- Muthu, S. S. (2014). *Assessing the environmental impact of textiles and the clothing supply chain* (1ª ed.). Cambridge, Reino Unido: Woodhead Publishing.
- Naylor, G. R., Stanton, J. H., & Speijers, J. (2014). Skin comfort of base layer wool garments. Part 2: Fiber diameter effects on fabric and garment prickle. *Textile Research Journal*, 84(12), 1295-1304.
- Négrier, M., El Ahmar, E., Sescousse, R., Sauceau, M., & Budtova, T. (2023). Upcycling of textile waste into high added value cellulose porous materials, aerogels and cryogels. *RSC Sustainability*, 1(2), 335–345. doi:10.1039/D2SU00084A.
- Otero-Ortega, A. (2018). *Enfoques de investigación: Métodos para el diseño urbano-arquitectónico*. Manuscrito inédito, Universidad del Atlántico.
- Pariona, J. (2017). *Rendimientos de categorización y clasificación de fibra de alpaca (Vicugna pacos)* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Pinares, R., Augusto, G., Cruz, A., Morante, R., Cervantes, I., Burgos, A., y Gutierrez, J. P. (2018). Heritability of individual fiber medullation in Peruvian alpacas. *Journal Small Ruminant Research*, 165, 93-100. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2018.04.007.

- Ponce, L. (2019). *Automatización de la etapa de lavado de fibras naturales en la industria textil*. Lima, Perú: Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC).
- Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos* (Vol. 2.^a Edición). México, D. F., México: McGraw-Hill Interamericana.
- Quispe, E., Rodríguez, T., & Iñiguez, L. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Boletín de Información sobre Recursos Genéticos Animales*, (45), 1-14. doi:10.1017/S1014233909990277.
- Rosas, A. (2016). *La lana de ovino como material aislante: natural, renovable y sostenible* (Proyecto de fin de grado). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Rosas, C. (2014). *Introducción a los requisitos técnicos al comercio exterior: Las medidas no arancelarias en el comercio*. Lima, Perú: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR).
- Saldaña, L. N. (2017). *Categorización, clasificación y procesamiento industrial de la fibra de alpaca* (Tesis de título profesional). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Sánchez-Martínez, A., Gómez-Ruiz, L., & Pérez-Alonso, D. (2019). Valorización de residuos en la industria ovina: Oportunidades y desafíos. *Waste Management & Research*, 37(4), 412-425.
- Sans, A., Alonso, A., García, L., León, I., García, E., & Gil, B. (2012). Métodos de investigación de enfoque experimental. En Bisquerra, R. (Ed.), *Metodología de la investigación educativa* (pp. 167-193). Madrid, España: La Muralla.
- Santos, M., & Tupa Tuni, T. (2024). *Propiedades textiles de la fibra de llama (Lama glama) descordada para el hilado industrial en zona norte de la región Puno-2023*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca, Perú.
- Shen, L., Worrell, E., & Patel, M. K. (2010). Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(2), 260–274.
- Shim, S. (2003). *Análisis de técnicas para diferenciar las fibras de alpaca Huacaya y Suri* (Tesis doctoral). Universidad Estatal de Ohio, Columbus, Estados Unidos.


- Sinclair, R. (Ed.). (2014). *Textiles y moda: Materiales, diseño y tecnología*. Ámsterdam, Países Bajos: Elsevier.
- Textiles, P. I. N. (2014). El pilling en los artículos textiles. *Revista de Tecnología Textil*, (3), 34–51.
- Tinoco, G. Ó. (2009). Cadena productiva de lana de oveja en el sector textil y de confecciones. *Industrial Data*, 12(1), 73-80.
- Torres, J. (2011). *La adición de desperdicio y su influencia en la calidad del hilo peinado* (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Torres, R. (2011). *Estudio de la resistencia a la tracción y la calidad de las fibras textiles mezcladas de alpaca y lana de ovino*. Universidad Nacional de Juliaca.
- Universidad Técnica del Norte. (2016). *Rediseño curricular de la carrera de ingeniería agropecuaria*. Ibarra, Ecuador: Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.
- Villanueva Pinedo, M. E. (2023). *Evaluación de la producción y los precios de la lana de ovino y fibra de alpaca en el Perú* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Wang, X., Wang, L., & Liu, X. (2003). *The quality and processing performance of alpaca fibres* (RIRDC Publication No. 03/128). Barton, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation.
- Zhang, J., Wang, X., & Palmer, R. (2007). Inter-relationships between innovation and market orientation in SMEs. *Management Research News*, 30(12), 878-891. doi:10.1108/01409170710833321.

ANEXOS

ANEXO 1: Instrumento de recolección de datos de resistencia a la tracción según al diseño experimental

	INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS PARA LA RESISTENCIA A LA TRACCION						
Lugar de ejecución:							
Encargado de laboratorio:							
Nº	Combinación de tratamientos	Factores		Resistencia la tracción			
		desperdicio de lana	fibra de alpaca	Réplica I	Réplica II	Réplica III	Réplica IV
		A	B				
1	(1)	15	70				
2	a	30	70				
3	b	15	85				
4	ab	30	85				

ANEXO 2: Instrumento de recolección datos de la prueba al pilling según al diseño experimental

		INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS PARA PILLING					
		Lugar de ejecución:					
Encargado de laboratorio:							
N°	Combinación de tratamientos	Factores		Pilling			
		desperdicio de lana	fibra de alpaca	Réplica I	Réplica II	Réplica III	Réplica IV
		A	B				
1	(1)	15	70				
2	a	30	70				
3	b	15	85				
4	ab	30	85				

ANEXO 3: Ficha de validación de contenido del instrumento para recolección de datos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. APELLIDOS Y NOMBRES : Mamani Cutipa Lidia
 1.2. GRADO ACADÉMICO : Administración de empresas
 1.3. CARGO E INSTITUCIÓN DONDE LABORA : Especialista en clasificación de fibra e hilatura- CITE Textil camélidos Puno
 1.4. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN : Reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca y su influencia en la calidad del hilo, puno 2023"
 1.5. AUTOR DEL INSTRUMENTO : Bach. Renato Barreda Alvarez
 1.6. MENCIÓN : Ficha de registro
 1.7. NOMBRE DEL INSTRUMENTO : Ficha para el registro de datos de resistencia a la tracción
 1.8. CRITERIOS DE APLICABILIDAD :
 a) De 01 a 09 (no valido, formular) d) De 15 a 18: (valido, precisar)
 b) De 10 a 12: (no valido, modificar) e) De 18 a 20: (valido, aplicar)
 c) De 12 a 15: (valido, mejorar)

II. ASPECTOS A EVALUAR

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIO DE EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (12-15)	Muy Bueno (15-18)	Excelente (18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					X
ACTUALIDAD	Adecuado el avance de la ciencia y la tecnología					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de estudios				X	
CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos del tema de estudio					X
COHERENCIA	Entre la variable, indicadores y las dimensiones					X
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio				X	
CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas para la investigación					X
SUB TOTAL					12	35
TOTAL						47

- valoración cuantitativa (total x 0.4) : 18.8
 valoración cualitativa : Excelente
 opinión de aplicabilidad : Aplicable


 Firma y post firma del experto
 DNI: 70079921



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **APELLIDOS Y NOMBRES** : Coila Zela, Carmen Abemay
1.2. **GRADO ACADÉMICO** : Ingeniero Textil y de confección
1.3. **CARGO E INSTITUCIÓN DONDE LABORA** : Especialista en tejido industrial e hilado industrial- CITE Textil camélidos Puno
1.4. **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN** : Reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca y su influencia en la calidad del hilo, puno 2023"
1.5. **AUTOR DEL INSTRUMENTO** : Bach. Renato Barreda Alvarez
1.6. **MENCIÓN** : Ficha de registro
1.7. **NOMBRE DEL INSTRUMENTO** : Ficha para el registro de datos de resistencia a la tracción
1.8. **CRITERIOS DE APLICABILIDAD** :
f) De 01 a 09 (no valido, formular) i) De 15 a 18: (valido, precisar)
g) De 10 a 12: (no valido, modificar) j) De 18 a 20: (valido, aplicar)
h) De 12 a 15: (valido, mejorar)

II. ASPECTOS A EVALUAR

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIO DE EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (12-15)	Muy Bueno (15-18)	Excelente (18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					X
ACTUALIDAD	Adecuado el avance de la ciencia y la tecnología				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad			X		
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de estudios				X	
CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos del tema de estudio					X
COHERENCIA	Entre la variable, indicadores y las dimensiones					X
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio					X
CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas para la investigación					X
SUB TOTAL				3	8	35
TOTAL						46

- valoración cuantitativa (total x 0.4) : 18.4
valoración cualitativa : Excelente
opinión de aplicabilidad : Aplicable

Firma y post firma del experto
DNI: 48278539



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

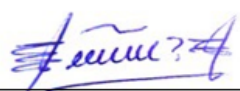
I. DATOS GENERALES

- 1.1. APELLIDOS Y NOMBRES : Mamani Cutipa Lidia
 1.2. GRADO ACADÉMICO : Administración de empresas
 1.3. CARGO E INSTITUCIÓN DONDE LABORA : Especialista en clasificación de fibra e hilatura- CITE Textil camélidos Puno
 1.4. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN : Reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca y su influencia en la calidad del hilo, puno 2023”
 1.5. AUTOR DEL INSTRUMENTO : Bach. Renato Barreda Alvarez
 1.6. MENCIÓN : Ficha de registro
 1.7. NOMBRE DEL INSTRUMENTO : Ficha para el registro de datos de la prueba al pilling
 1.8. CRITERIOS DE APLICABILIDAD :
 a) De 01 a 09 (no valido, formular) d) De 15 a 18: (valido, precisar)
 b) De 10 a 12: (no valido, modificar) e) De 18 a 20: (valido, aplicar)
 c) De 12 a 15: (valido, mejorar)

I. ASPECTOS A EVALUAR

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIO DE EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (12-15)	Muy Bueno (15-18)	Excelente (18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					X
ACTUALIDAD	Adecuado el avance de la ciencia y la tecnología					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de estudios				X	
CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos del tema de estudio					X
COHERENCIA	Entre la variable, indicadores y las dimensiones					X
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio				X	
CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas para la investigación					X
SUB TOTAL					12	35
TOTAL						47

- valoración cuantitativa (total x 0.4) : 18.8
 valoración cualitativa : Excelente
 opinión de aplicabilidad : Aplicable


 Firma y post firma del experto
 DNI: 70079921



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **APELLIDOS Y NOMBRES** : Coila Zela, Carmen Abemay
1.2. **GRADO ACADÉMICO** : Ingeniero Textil y de confección
1.3. **CARGO E INSTITUCIÓN DONDE LABORA** : Especialista en tejido industrial e hilado industrial- CITE Textil camélidos Puno
1.4. **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN** : Reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca y su influencia en la calidad del hilo, puno 2023”
1.5. **AUTOR DEL INSTRUMENTO** : Bach. Renato Barreda Alvarez
1.6. **MENCIÓN** : Ficha de registro
1.7. **NOMBRE DEL INSTRUMENTO** : Ficha para el registro de datos de la prueba al pilling
1.8. **CRITERIOS DE APLICABILIDAD** :
f) De 01 a 09 (no valido, formular) i) De 15 a 18: (valido, precisar)
g) De 10 a 12: (no valido, modificar) j) De 18 a 20: (valido, aplicar)
h) De 12 a 15: (valido, mejorar)

II. ASPECTOS A EVALUAR

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIO DE EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (12-15)	Muy Bueno (15-18)	Excelente (18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					X
ACTUALIDAD	Adecuado el avance de la ciencia y la tecnología				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad			X		
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de estudios				X	
CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos del tema de estudio					X
COHERENCIA	Entre la variable, indicadores y las dimensiones					X
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio					X
CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas para la investigación					X
SUB TOTAL				3	8	35
TOTAL						46

- valoración cuantitativa (total x 0.4) : 18.4
valoración cualitativa : Excelente
opinión de aplicabilidad : Aplicable

Firma y post firma del experto
DNI: 48278539



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

V. DATOS GENERALES

- 5.1. **APELLIDOS Y NOMBRES** : Pinillos García , Javier Iván
5.2. **GRADO ACADÉMICO** : Licenciado Administración de Empresas / Magister MBA.
5.3. **CARGO E INSTITUCIÓN DONDE LABORA** : Gerente General Quatrum Business Global – Madrid. España
5.4. **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN** : Reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca y su influencia en la calidad del hilo, puno 2023”
5.5. **AUTOR DEL INSTRUMENTO** : Bach. Renato Barreda Alvarez
5.6. **MENCIÓN** : Ficha de registro
5.7. **NOMBRE DEL INSTRUMENTO** : Ficha para el registro de datos de resistencia a la tracción y pilling
5.8. **CRITERIOS DE APLICABILIDAD** :
k) De 01 a 09 (no valido, formular) n) De 15 a 18: (valido, precisar)
l) De 10 a 12: (no valido, modificar) o) De 18 a 20: (valido, aplicar)
m) De 12 a 15: (valido, mejorar)

VI. ASPECTOS A EVALUAR

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIO DE EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (12-15)	Muy Bueno (15-18)	Excelente (18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado				X	
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					X
ACTUALIDAD	Adecuado el avance de la ciencia y la tecnología				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de estudios				X	
CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos del tema de estudio				X	
COHERENCIA	Entre la variable, indicadores y las dimensiones				X	
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio					X
CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas para la investigación					X
SUB TOTAL					24	20
TOTAL						44

- valoración cuantitativa (total x 0.4) : 17,60
valoración cualitativa : Excelente
opinión de aplicabilidad : Aplicable


Firma y post firma del experto
DNI: 07538584

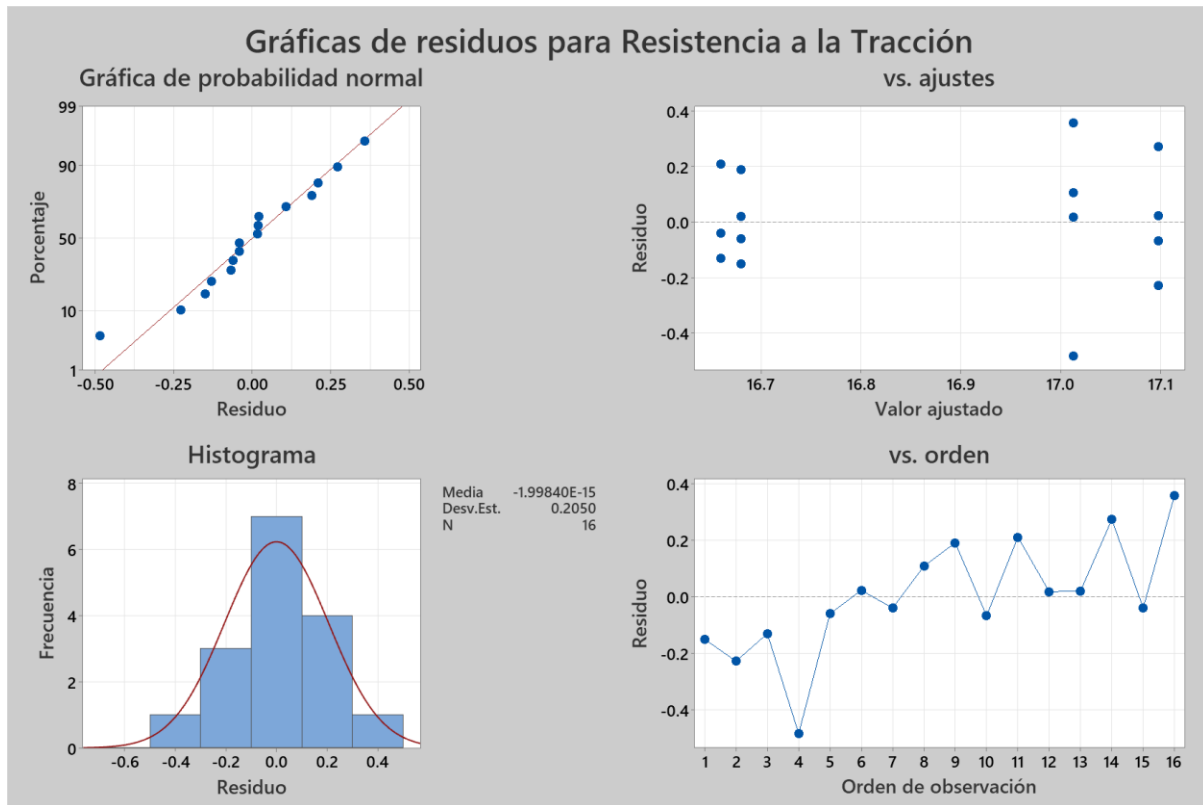
ANEXO 4: Residuos de los datos procesados de la resistencia a la tracción

N°	Combinacion de tratamientos	Factores		Resistencia la tracción							
		desperdicio de lana	fibra de alpaca	Réplica I	Residuo	Réplica II	Residuo	Réplica III	Residuo	Réplica IV	Residuo
		A	B								
1	(1)	15	70	16.53	-0.16625	16.62	-0.07625	16.87	0.17375	16.7	0.00375
2	a	30	70	16.87	-0.21125	17.12	0.03875	17.03	-0.05125	17.37	0.28875
3	b	15	85	16.53	-0.11375	16.62	-0.02375	16.87	0.22625	16.62	-0.02375
4	ab	30	85	16.53	-0.49875	17.12	0.09125	17.03	0.00125	17.37	0.34125

ANEXO 5: Residuos de los datos procesados del pilling

N°	Combinacion de tratamientos	Factores		Pilling							
		desperdicio de lana	fibra de alpaca	Réplica I	Residuo	Réplica II	Residuo	Réplica III	Residuo	Réplica IV	Residuo
		A	B								
1	(1)	15	70	2.5	-1.250	3.5	-0.250	4	0.250	4.5	0.750
2	a	30	70	3.5	-0.750	4.5	0.250	4.5	0.250	5	0.750
3	b	15	85	4	-0.625	5	0.375	5	0.375	5	0.375
4	ab	30	85	5	-0.125	5	-0.125	5	-0.125	5	-0.125

ANEXO 6: Prueba de supuestos del ANOVA para la resistencia la tracción



a) Prueba de normalidad

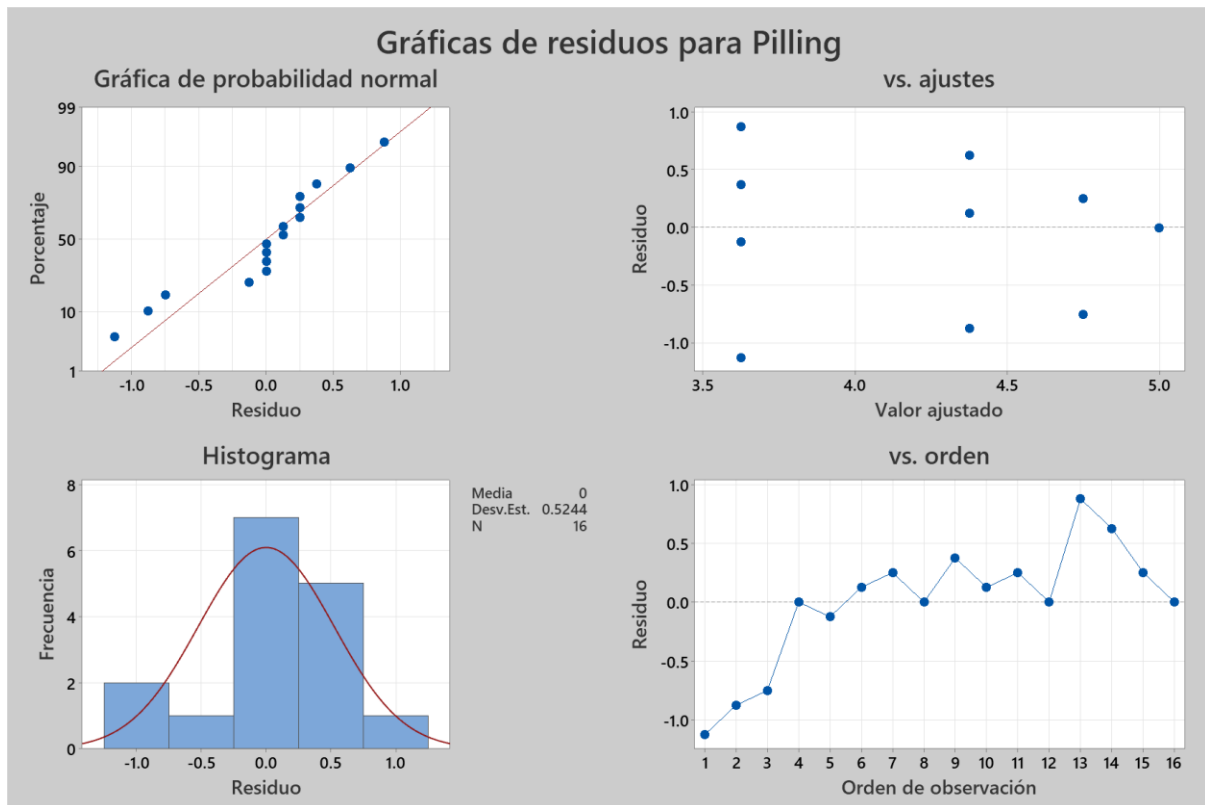
Para evaluar la normalidad se sometieron los datos a la prueba estadística de Ryan-Joiner. Dicho procedimiento se seleccionó por su analogía operativa con el test de Shapiro-Wilk, resultando idóneo para el tratamiento de unidades muestrales inferiores a 50, bajo un nivel de significancia del 5%.

	Media	Desviación estándar	N	RJ	Valor p
Resistencia a la tracción	-1.99840E-15	0.2050	16	0.973	> 0.100

b) Prueba de homogeneidad de varianza

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.448
Levene	0.68	0.570

ANEXO 7: Prueba de supuestos del ANOVA para el pilling



a) Prueba de normalidad

	Media	Desviación estándar	N	RJ	Valor p
Pilling	0	0.5244	16	0.980	> 0.100

b) Prueba de homogeneidad de varianza

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.434
Levene	0.68	0.574

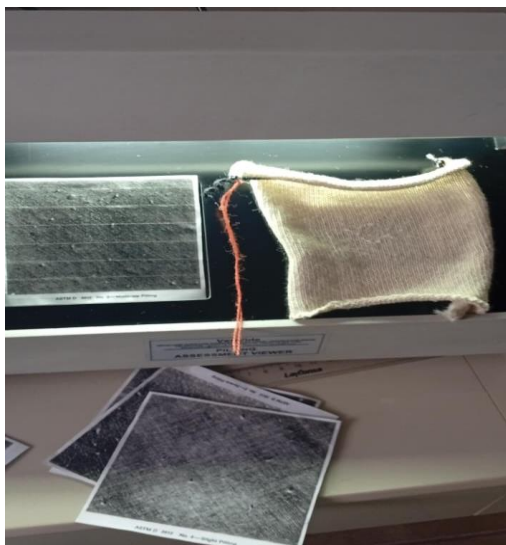
ANEXO 8: Fotografías de obtención del hilo



ANEXO 9: Fotografías de la prueba de resistencia a la tracción



ANEXO 10: Fotografías de la prueba de pilling



ANEXO 11: Constancia de realización de pruebas experimentales en los talleres de la Universidad Nacional de Juliaca



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
E. P. INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES
Universidad Pública de Calidad



"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE; RESPONSABLE DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA.

HACE CONSTAR QUE:

RENATO BARREDA ALVAREZ

Ha realizado pruebas experimentales en los Talleres de Lavado de fibras, Cardado, Hilado, Tejido de Punto, Resistencia de Materiales y laboratorio de Fibras y Físico Textil de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones, del 23 de julio al 8 de octubre de 2025, para el trabajo de tesis denominado: "REUTILIZACIÓN DEL DESPERDICIO DE LANA DE OVINO EN LA FIBRA DE ALPACA Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL HILO, PUNO 2023",.

Se expide la presente para los fines que estime pertinente.

Juliaca, 20 de octubre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

Mg. Jesús Arias Escobar
E.P. INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES
RESPONSABLE

C.c. Archivo 2025
JAE/mmvs.

Edificio Académico
Av. Manco Capac - 2do. Piso - Urb. La Capilla
Celular: 914.459725 - Juliaca - Perú
www.unaj.edu.pe

Universidad
LICENCIADA



ANEXO 12: Matriz de consistencia lógica – metodológica

REUTILIZACIÓN DEL DESPERDICIO DE LANA DE OVINO EN LA FIBRA DE ALPACA Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL HILO, PUNO 2023						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<u>PROBLEMA GENERAL</u> ¿Existe influencia significativa de la reutilización del desperdicio de la lana de ovino en la fibra de alpaca en la calidad del hilo, Puno 2023?	<u>OBJETIVOS GENERAL</u> Determinar la influencia de la reutilización del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca en la calidad del hilo, Puno 2023	<u>HIPÓTESIS GENERAL</u> Existe influencia de la reutilización de desperdicio de la lana de ovino en la fibra de alpaca en la calidad del hilo, Puno 2023	<u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> Reutilización del desperdicio de lana de ovino	Directo	Desperdicio de lana de ovino (15%)	<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u> Experimental
<u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u> ¿Existe influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la resistencia a la tracción del hilo?	<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u> Analizar la influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la resistencia a la tracción del hilo	<u>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</u> Existe influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la resistencia a la tracción del hilo			Desperdicio de lana de ovino (30%)	<u>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</u> Diseño experimental de tipo de experimentos puros
¿Existe influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre el pilling del hilo?	Determinar la influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre el pilling del hilo	Existe influencia significativa del desperdicio de lana de ovino en la fibra de alpaca sobre la pilling del hilo	<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u> Calidad del hilo	Resistencia a la tracción	Fuerza ejercida=cN/Newton	<u>POBLACIÓN</u> Desperdicio de lana de ovino y la fibra de alpaca
				Resistencia al pilling	Clasificación "grados de medición"	<u>MUESTRA</u> 16 muestras de hilo
						<u>TÉCNICA</u> Observacional experimental
						<u>INSTRUMENTOS</u> Hoja o ficha de registros

UNW