



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERÍA TEXTIL**

**TEMA:**

**“INFLUENCIA DE LAS TORSIONES Y TÍTULO DEL HILO EN LA  
FORMACIÓN DE PILLING EN TEJIDOS DE ALPACA 100%”**

**ELABORADO POR: ESPARZA BUITRÓN LESLIE DAYANA  
DIRECTOR: MSC. DARWIN JOSÉ ESPARZA ENCALADA**

**IBARRA- ECUADOR**

**2019**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

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

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100414259-0
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Esparza Buitrón Leslie Dayana
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra Cdla. Flota Imbabura
<b>E-MAIL:</b>	<a href="mailto:lesli.esparza92@gmail.com">lesli.esparza92@gmail.com</a>
<b>TELÉFONO FIJO:</b> 062953666	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b> 0967242326
<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“Influencia de las torsiones y título del hilo en la formación de pilling en tejidos de alpaca 100%”
<b>AUTOR:</b>	Esparza Buitrón Leslie Dayana
<b>FECHA:</b>	16 de Julio de 2019
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniería Textil
<b>DIRECTOR:</b>	Msc. Darwin Esparza

## CONSTANCIAS

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

En la ciudad de Ibarra, a los 16 días del mes de Julio de 2019.

### LA AUTORA



.....  
Esparza Buitrón Leslie Dayana  
C.I. 100414259-0



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CECIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Esparza Buitrón Leslie Dayana, con cédula de identidad N° 100414259-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículo 4, 5 y 6 en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“INFLUENCIA DE LAS TORSIONES Y TÍTULO DEL HILO EN LA FORMACIÓN DE PILLING EN TEJIDOS DE ALPACA 100%”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERA TEXTIL**, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 16 de Julio de 2019

.....  
Esparza Buitrón Leslie Dayana  
C.I. 100414259-0



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Yo, Esparza Buitrón Leslie Dayana con cédula de identidad N° 100414259-0, declaro bajo juramento que el trabajo de grado con el tema **“INFLUENCIA DE LAS TORSIONES Y TÍTULO DEL HILO EN LA FORMACIÓN DE PILLING EN TEJIDOS DE ALPACA 100%”**, corresponde a mi autoría, y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual y Normativa Vigente de la misma.

.....  
Esparza Buitrón Leslie Dayana  
C.I. 100414259-0



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

Msc. Darwin Esparza director de la tesis de grado desarrollada por la señorita estudiante Esparza Buitrón Leslie Dayana.

**CERTIFICA**

Que el proyecto de tesis de grado con el título **“INFLUENCIA DE LAS TORSIONES Y TÍTULO DEL HILO EN LA FORMACIÓN DE PILLING EN TEJIDOS DE ALPACA 100%”**, ha sido realizado en su totalidad por la señorita estudiante Esparza Buitrón Leslie Dayana bajo mi dirección, para obtener el título de Ingeniería Textil. Luego de ser revisado se ha considerado que se encuentra concluido en su totalidad y cumple con todas las exigencias y requerimientos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Textil, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.

Msc. Darwin Esparza  
DIRECTOR DE GRADO



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios y a la Virgen del Carmen, quienes estuvieron como guías en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para llegar hasta este momento tan importante de mi vida profesional.

A mis padres Darwin Esparza y Azucena Buitrón, por ser mi pilar fundamental y estar conmigo siempre apoyándome en cada momento a pesar de las adversidades que se presentaron en el camino, ellos que con su amor, paciencia y esfuerzo lograron que culmine un sueño más.

A mi esposo Bryan García quien puso toda su confianza en mí, por su apoyo incondicional en cada momento, por su amor, sus consejos y su paciencia, los cuales fueron de gran ayuda para concluir con una meta más que me propuse en la vida.

A mi hija Dominick quien más que el pilar fundamental en mi vida, es mi compañera incondicional, quien me acompañó en cada momento, la cual me motivó a seguir adelante, progresar y culminar con éxito mi tesis.

A mis hermanos Sebastián y Anahí por su cariño y apoyo en el transcurso de todo este proceso, por estar conmigo siempre.

A toda mi familia en general los cuales con consejos y palabras lograron que este sueño se haga realidad.

Leslie Esparza



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y a la Virgen del Carmen los cuales me permitieron culminar con satisfacción una meta más en mi vida.

Un agradecimiento especial a la Universidad Técnica del Norte y a cada uno de sus docentes en especial los de la carrera de Ingeniería Textil, los cuales permitieron formarme como persona y como una excelente profesional para el futuro.

Agradezco a mi tutor y padre Msc. Darwin Esparza el cual fue mi mentor para seguir mi carrera profesional y la persona ejemplo en mi vida, el cual en el transcurso de toda mi carrera profesional fue un compañero y amigo más, fue quien me ayudó en momentos duros, difíciles, así como también en buenos momentos, él es mi guía, siempre fue quien me ayudo a seguir adelante con sus consejos durante el desarrollo de este trabajo.

Un trabajo de investigación no se podría realizar sin el apoyo vital que nos ofrecen cada una de las personas que nos estiman, ya que sin el apoyo de estas no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como grandes personas y profesionales.

Gracias a mi familia, a mi madre y mis hermanos, ya que ellos fueron un gran apoyo en esta etapa de mi vida, fue una ayuda en mis estudios mi alegría en momentos tristes sobre todo una ayuda para poder continuar con mis estudios.

Pero sobre todo mi agradecimiento a mi esposo y a mi hija que me apoyaron en todo momento, gracias por su amor y confianza incondicional, gracias a ellos que son mi inspiración para ser alguien por quien luchar, sin su apoyo este trabajo no lograría ser culminado.

Leslie Esparza

## INDICE DEL CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD .....	¡Error! Marcador no definido.
TÉCNICA DEL NORTE .....	¡Error! Marcador no definido.
CECIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	III
DECLARACIÓN .....	IV
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR .....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
INDICE DEL CONTENIDO .....	VIII
INDICE DE TABLAS .....	XII
INDICE DE FIGURAS .....	XIII
INDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT .....	XVIII
<b>CAPITULO I</b> .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1

1.1.	Descripción del tema a desarrollar .....	1
1.2.	Antecedentes.....	2
1.3.	Importancia del estudio.....	3
1.4.	Objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo General .....	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	5
1.5.	Características del sitio del proyecto .....	5
<b>CAPITULO II.....</b>		<b>6</b>
2.	MARCO TEÓRICO .....	6
2.1.	ESTUDIOS PREVIOS.....	6
2.1.1.	La fibra de alpaca origen, producción y calidad.....	7
2.1.2.	Factores que influyen en la formación del pilling .....	11
2.1.3.	El pilling en tejidos de alpaca.....	13
2.2.	MARCO CONCEPTUAL .....	15
2.2.1.	El pilling .....	15
2.2.1.1.	Pilosidad en los hilos .....	16
2.2.1.2.	Pilling en tejidos .....	17
2.2.2.	La fibra de alpaca .....	20
2.2.3.	Características de las fibras de alpaca .....	21
2.2.3.1.	Longitud.....	22
2.2.3.2.	Finura.....	22
2.2.3.3.	Rizos .....	23
2.2.4.	Obtención de la fibra de alpaca .....	23
2.2.5.	Hilo de alpaca .....	24
<b>2.2.6.</b>	<b>Proceso de hilado.....</b>	<b>25</b>
2.2.7.	Título .....	28
2.2.8.	Torsiones .....	28

<b>2.2.9. Tejido de punto</b> .....	28
2.2.10. Prendas de alpaca .....	29
<b>CAPITULO III</b> .....	31
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	31
3.1. Métodos de la investigación.....	31
3.2. Recolección de la información.....	34
3.3. Diseño muestral.....	35
3.1. Muestras .....	37
3.4. Métodos y técnicas utilizadas .....	39
3.5. Procesamiento de datos .....	39
<b>CAPITULO IV</b> .....	40
<b>4. RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	40
4.1. RESULTADOS.....	40
4.1.1. Hilos.....	40
4.1.2. Muestras de tejidos de alpaca. ....	43
4.1.3. Análisis de muestras en el equipo Martindale .....	44
4.2. EVALUACIÓN DE RESULTADOS .....	49
4.2.1 Normalidad de los datos .....	49
4.2.2. Análisis de resultados mediante estadística descriptiva .....	52
4.2.1. Grados de pilling en relación con el título.....	55
4.2.2. Grados de pilling en relación con la torsión .....	56
4.2.3. Grados de pilling en relación al título y la torsión. ....	59
<b>CAPITULO IV</b> .....	62
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	62
5.1. Conclusiones .....	62

5.2. Recomendaciones.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	64
ANEXOS.....	66

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valoración de la escala de pilling. (Carrasco Tapicería, 2019) .....	33
Tabla 2. Coeficiente de torsión para hilos corte lanero .....	36
Tabla 3. Cantidad de torsiones en los hilos de alpaca utilizados en las muestras de tejidos... 36	
Tabla 4. Muestras de tejidos con los hilos que se utilizan. ....	38
Tabla 5. Datos técnicos del proceso de obtención de los hilos .....	42
Tabla 6. Tipo de agujetas utilizadas en la elaboración de los swatch .....	44
Tabla 7. Resultados del análisis de frotación swatch con hilo 1,5 Nm .....	45
Tabla 8. Resultados del análisis de frotación swatch con hilo 1,8 Nm .....	47
Tabla 9. Resultados del análisis de frotación swatch con hilo 2,1 Nm .....	47
Tabla 10. Resultados del análisis de frotación swatch con hilo 2,4 Nm .....	48
Tabla 11. Normalidad de los grados de pilling, de las muestras con hilo 1,5 Nm. ....	50
Tabla 12. Normalidad de los grados de pilling, de las muestras con hilo 1,8 Nm. ....	50
Tabla 13. Normalidad de los grados de pilling, de las muestras con hilo 2,1 Nm. ....	51
Tabla 14. Normalidad de los grados de pilling, de las muestras con hilo 2,4 Nm. ....	51
Tabla 15. Resumen estadístico de grados de pilling obtenidos con muestras hilo 1,5 Nm.....	52
Tabla 16. Resumen estadístico de grados de pilling obtenidos con muestras hilo 1,8 Nm.....	53
Tabla 17. Resumen estadístico de grados de pilling obtenidos con muestras hilo 2,1 Nm.....	53
Tabla 18. Resumen estadístico de grados de pilling obtenidos con muestras hilo 2,4 Nm.....	54
Tabla 19. Media total de grados pilling en relación al título.....	55
Tabla 20. Grados pilling en relación a las torsiones del hilo .....	57
Tabla 21. Media total y coeficiente de variación de los grados pilling en relación a las torsiones del hilo.....	58

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Alpacas en los páramos andinos. (ITC, 2012) .....	7
Figura 2. Llama Nombre científico: LAMA GLAMA. (De los Ríos, 2012) .....	9
Figura 3. Alpaca Huacaya Nombre científico: LAMA PACOS. (De los Ríos, 2012).....	9
Figura 4. Guanaco Nombre científico: LAMA GUANICOE. (De los Ríos, 2012) .....	9
Figura 5. Vicuña Nombre científico: VICUGNA VICUGNA MENSALIS. (De los Ríos, 2012) .....	10
Figura 6. El pilling en los textiles. (Kennedy, 2018) .....	11
Figura 7. La pilosidad en los hilos. (Sole, 2014).....	16
Figura 8. Tejido de punto y pilling. (Naik & López, 1984) .....	17
Figura 9. Secuencia de formación de pilling. (Sole, 2014) .....	17
Figura 10. Aparición de las primeras fibrillas superficiales. (Mambru & Naik, 1976) .....	18
Figura 11. Aumento del número de fibrillas sueltas. (Mambru & Naik, 1976).....	18
Figura 12. Las fibrillas comienzan a unirse y enredarse. (Mambru & Naik, 1976).....	18
Figura 13. Empiezan a aglomerarse las fibras. (Mambru & Naik, 1976) .....	19
Figura 14. Se rompen las fibrillas que pasan al interior de la bolita que va adquiriendo forma esférica. (Mambru & Naik, 1976) .....	19
Figura 15. Se ha formado la bolita (pilling), que es mantenida al tejido por las fibras más largas que actúan como fibras de anclaje. (Mambru & Naik, 1976) .....	19
Figura 16. Secuencia de la formación de pilling. (Mambru & Naik, 1976).....	20
Figura 17. La fibra de alpaca clasificación. (De los Ríos, 2012) .....	21
Figura 18. Esquila de la alpaca. (Pacomarca, 2018) .....	24
Figura 19. Hilos de alpaca varios colores. (Rodriguez, 2012) .....	25
Figura 20. Proceso de Hilatura. Cardada. (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017).....	26
Figura 21. Proceso de Hilatura Semi peinada. (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017)..	27
Figura 22. Proceso de Hilatura peinada. (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017).....	27
Figura 23. Artesanas tejiendo a mano en tejido de punto. (Alvarez, 2012) .....	29
Figura 24. Prendas de alpaca. (Tomasio, 2012) .....	30
Figura 25. Metodología seguida en la investigación. El autor .....	32
Figura 26. Principio del Pilling Test. (LABOTEX, s,f) .....	33
Figura 27. Escala de grados de pilling. (LABOTEX, s,f) .....	34
Figura 28. Significado de los 5 grados de la escala de pilling. (Carrasco Tapicería, 2019) ....	34

Figura 29. Diseño de muestras de títulos y torsiones de los hilos de alpaca. El Autor .....	35
Figura 30. Diseño de las muestras de tejidos a utilizarse en la investigación. El autor .....	37
Figura 31. Muestras de alpaca tejidas a mano .....	39
Figura 32. Tops peinados de fibra de alpaca .....	40
Figura 33. Cintas obtenidas en los Gill Intersecting .....	41
Figura 34. Mechas obtenidas en el finisor.....	41
Figura 35. Hilos de alpaca obtenidos en la hila.....	42
Figura 36. Swatch tejidos a mano .....	43
Figura 37. Equipo Martindale, laboratorio Carrera Ingeniería Textil. UTN.....	45
Figura 38. Grados pilling de muestras con hilo 1,5 Nm.....	46
Figura 39. Grados pilling de muestras con hilo 1,8 Nm.....	47
Figura 40. Grados pilling de muestras con hilo 2,1 Nm.....	48
Figura 41. Grados pilling de muestras con hilo 2,4 Nm.....	49
Figura 42. Tendencia de la media de grados pilling en función del título del hilo .....	56
Figura 43. Tendencia de los grados pilling en función de la torsión de los hilos .....	58
Figura 44. Tendencia del coeficiente de variación del grado pilling en relación al título del hilo .....	59
Figura 45. Tendencia del coeficiente de variación del grado pilling en relación a la torsión del hilo.....	60
Figura 46. Coeficiente de variación Grados de pilling en relación al título y la torsión.....	60

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Materia Prima, embalaje y top.....	66
Anexo 2. Datos medios de algunas tipos de fibras de alpaca.....	66
Anexo 3. Coeficiente de torsión hilos corte lanero .....	67
Anexo 4. Secuencia del crecimiento de las bolitas del pilling .....	67
Anexo 5. Secuencia de la formación de pilling.....	68
Anexo 6. Proceso de elaboración del hilo de alpaca .....	68
Anexo 7. Accesorios para colocar la muestra en el equipo Martindale .....	69
Anexo 8. Muestra colocada en el equipo Martindale .....	69
Anexo 9. Residuos de las muestras de tejidos preparadas para el análisis.....	70
Anexo 10. Pruebas de pilling en el equipo Martindale .....	70
Anexo 11. Certificado laboratorio Ing. Textil.....	71

## RESUMEN

En este trabajo de investigación se hace un análisis de la influencia que tienen el título y la torsión de los hilos en el grado de resistencia a la formación de pilling en tejidos de punto elaborados con fibras 100% alpaca; el objetivo es determinar en qué grado influyen el título y la torsión del hilo en la formación de pilling y también establecer cuál de estos dos parámetros influyen en mayor nivel.

Para el desarrollo de este estudio se logró obtener hilos 100% alpaca con títulos 1,5Nm, 1,8Nm, 2,1Nm y 2,4Nm, con los cuales se procedió a elaborar cinco muestras con cada título, para lo cual se utilizó hilos con cinco torsiones diferente, dando un total de 20 muestras para ser analizadas. Para dar el número de torsiones a los hilos se consideró el coeficiente de torsión 70 que corresponde al valor mínimo para hilos de trama en un tejido. Se partió desde 86 t/m con el hilo más grueso (1,5Nm) hasta las 126 t/m en el hilo más delgado (2,4 Nm), subiendo 4 t/m en cada muestra de entre las 20 que se utilizó en las pruebas de pilling.

Las pruebas de pilling se hicieron en el equipo Martindale, en el cual las cinco muestras por cada título de hilo fueron sometidas a un determinado número de ciclos de frotaciones hasta culminar con los ciclos cuando la muestra alcanza el grado 1; valor del grado que está de acuerdo a la escala de grados pilling de la norma ISO 12945-2 que fue la utilizada para las pruebas.

Los resultados de las pruebas, expresados en grados pilling fueron sometidos al test de normalidad, en donde todos los valores de los grados pilling pasaron todas las pruebas del test, sobrepasando el valor mínimo de confiabilidad de 0,05 p (normal), por lo que los datos pudieron ser tratados estadísticamente. Para el análisis estadístico se utilizó la media y el coeficiente de variación de los valores correspondientes a los grados pilling obtenidos en las pruebas de pilling.

En el análisis de la influencia que tiene el título del hilo con el grado pilling se logra establecer que mientras aumenta el Nm del hilo, también aumenta el grado de resistencia a la formación de pilling, siendo esta una relación directamente proporcional. La misma situación sucede cuando se hace el análisis de la influencia de la torsión con los valores de grados pilling obtenidos de las pruebas, la relación es también directamente proporcional, el grado de resistencia del tejido aumenta cuando también aumenta la torsión del hilo. También

se logró concluir que el título del hilo influye en mayor nivel que la torsión del hilo en la formación de pilling en los tejidos de alpaca 100%; aunque, la diferencia no es elevada.

**Palabras clave: Hilo, título, torsión, grados pilling, media, coeficiente de variación.**

## ABSTRACT

In this research work an analysis is made of the influence that the title and twist of the threads have on the degree of resistance to the formation of pilling in knitted fabrics made with 100% alpaca fibers; The objective is to determine to what degree the title and twist of the thread influence the formation of pilling and also to establish which of these two parameters influence the highest level.

For the development of this study it was possible to obtain 100% alpaca threads with 1.5Nm, 1.8Nm, 2.1Nm and 2.4Nm titles, with which five samples were made with each title, for which threads were used with five different twists, giving a total of 20 samples to be analyzed. To give the number of twists to the threads, the twist coefficient 70 was considered, which corresponds to the minimum value for weft threads in a weave. Starting from 86 t / m with the thickest thread (1.5 Nm) to 126 t / m in the thinnest thread (2.4 Nm), rising 4 t / m in each sample of the 20 that was used in the pilling tests.

Pilling tests were carried out in the Martindale team, in which the five samples for each thread title were subjected to a certain number of rub cycles until the cycles were completed when the sample reaches grade 1; value of the grade that is in accordance with the pilling scale of ISO 12945-2 that was used for the tests.

The results of the tests, expressed in pilling degrees were subjected to the normality test, where all the values of the pilling degrees passed all the tests of the test, exceeding the minimum reliability value of 0.05 p (normal), so that the data could be treated statistically. For the statistical analysis, the mean and the coefficient of variation of the values corresponding to the pilling degrees obtained in the pilling tests were used.

In the analysis of the influence that the title of the thread has with the pilling degree it is possible to establish that while increasing the Nm of the thread, the degree of resistance to the formation of pilling also increases, this being a directly proportional relationship. The same situation happens when the analysis of the influence of the torsion with the values of pilling degrees obtained from the tests is done, the relationship is also directly proportional, the degree of resistance of the fabric increases when the twist of the thread also increases. It was also concluded that the title of the thread influences in a higher level than the twisting of the thread in the formation of pilling in 100% alpaca tissues; Although, the difference is

not high.

**Keywords:** Thread, title, torsion, pilling degrees, mean, coefficient of variatio

## **CAPITULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

Actualmente, la calidad y el diseño en las prendas textiles son elementos primordiales para mantener a una empresa con su participación en un mercado cada vez más exigente. Es así que, la fibra de alpaca y las prendas elaboradas con esta fibra, tienen mercados potenciales; sin embargo, las prendas de alpaca tienen el inconveniente a formar pilling ante la fricción a la cual es sometida, este aspecto perjudica la calidad de la prenda en cuanto al uso a través del tiempo, problema que se pretende analizar en esta investigación. Los parámetros en base a los cuales se espera analizar la formación del pilling son las torsiones y el título en los hilos de alpaca 100% con los cuales se producen los tejidos y prendas de alpaca.

Los tejidos al ser sometidos a fricción, por diferentes acciones mecánicas, tiende a levantar las fibras de la superficie del tejido, formando posteriormente aglomeraciones en forma de enredos pequeños o bolitas, llamados técnicamente como pilling, estas aglomeraciones dañan el aspecto de las prendas textiles, esto sucede generalmente en tejidos fabricados con fibras de alpaca. La longitud, finura, rizos de las fibras, torsiones y título del hilo, son factores que influyen en la formación del pilling. Sin embargo, en este estudio se va a considerar únicamente la influencia que tiene la torsión y el título del hilo. Un aspecto que se debe resaltar en este tema es que las investigaciones previas realizadas son limitadas; por lo que, las personas y empresas vinculadas a la producción de prendas de alpaca serían beneficiadas con los resultados y las conclusiones obtenidas en este estudio.

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA A DESARROLLAR**

En esta investigación se pretenden determinar el grado de influencia que tienen los hilos con diferentes torsiones y títulos en la formación de pilling en tejidos de punto elaborados con fibras de alpaca 100%, para lo cual se realizarán muestras de telas (swatch) con hilos de diferente torsión y título.

Posteriormente, las muestras serán analizadas para determinar valores de pilling, para lo cual serán expuestas a la abrasión en el equipo Martindale. Los resultados obtenidos serán analizados utilizando técnicas y métodos estadísticos

Para el desarrollo de la parte experimental se utilizará veinte swatch, cada uno elaborado con un hilo diferente, de diferente torsión y diferente título. Es decir, para hacer las muestras de telas se tendrá que hacerlo con cuatro títulos de hilo y para cada título se dará cinco torsiones diferentes, dando un total de 20 tipos de hilos con los cuales se elaboraran 20 tipos de muestras de tejidos . Para el análisis del pilling, en el equipo Martindale, se utilizará tres muestras por cada tipo de tejido.

Los valores de pilling obtenidos serán sometidos a tratamientos estadísticos, mediante medidas de tendencia central y dispersión, con los que se llegará a determinar el grado de influencia que tienen la torsión y título del hilo en la formación del pilling.

## **1.2. ANTECEDENTES**

De acuerdo a Izabela (2009), quien indica que muchas investigaciones han llegado a la conclusión que el Pilling es un problema importante no solo para los fabricantes textiles y ropa, sino también para usuarios; también indica que, el efecto del pilling produce una disminución significativa en la calidad de la tela y una influencia negativa en la comodidad del usuario. En la actualidad los intentos para clasificar y estandarizar la calidad de los textiles, es una tendencia en la cual los requisitos de pilling para los textiles dedicados a la vestimenta, es un factor muy importante. La calidad de una prenda no solamente está dada por las características que tiene esta durante su compra, sino también, la calidad se da a través del tiempo de duración de una prenda, tiempo en el cual mantenga sus características iniciales, una prenda que no forma el pilling, tendrá mejor calidad, ya que conserva sus características iniciales.

“Uno de los factores que más influye en la formación de pilling es la diferente longitud de fibras. El porcentaje de fibras rotas en las bolitas es mayor que en el hilo original.” (Mambro & Naik, 1976).

De acuerdo a lo indicado se deduce que las fibras cortas, que están presentes en mayor cantidad en las bolitas formadas en la superficie de tejido que en el hilo mismo, se puede deducir que las fibras cortas son las más propensas a la formación de pilling. Los hilos, una vez que se transforman en tejidos son vulnerables a generar pilling, por ende, es necesario realizar ciertas pruebas para determinar la cantidad de dicho pilling y hacer un control de calidad.

El pilling es un conglomerado de fibras adherida a la superficie de un tejido, son producidas al castigo físico que sufren las prendas durante el proceso de confección, durante su uso en especial a un proceso de frote, rozamiento de determinadas zonas del tejido. Estos conglomerados de fibras dan mal aspecto a la prenda, dando un aspecto de usado o viejo a dicha prenda. También, en su artículo escrito sobre el pilling en textiles, Mumbrú & Arun (1976) indican que: las fibras presentes en la bolita, tienen entre 5 a 7 micras menos que en el hilo original. De esta afirmación se deduce que las fibras más finas tienen tendencia a formar en mayor grado el pilling que las fibras más gruesas.

“En el caso del tipo de fibra, las telas hechas de fibra sintética son más propensas a la pilling severa, pero necesita un mayor desgaste y abrasión para visualizar estas propiedades.” (Ruhul & Rafiqul, s,f). Lo dicho en el párrafo anterior, da la pauta para proceder a considerar en el estudio a la abrasión como un parámetro que influye en el pilling, por lo que, se considera realizar pruebas de abrasión conjuntamente con las pruebas de pilling.

Si, se toma en cuenta que muchas veces no se utiliza la fibra adecuada con sus longitudes y finuras de fibra en relación correcta de acuerdo al título del hilo a producirse, siendo el caso de muchas empresas que trabajan con alpaca, entre las que se puede indicar a la empresa IMBATEX, es necesario que un estudio desarrollado con el fin de reducir la formación de pilling, es muy importante.

La investigación se realizará con la contribución de la empresa IMBATEX, parte interesada en los resultados obtenidos, quien facilitará las fibras, hilos y tejidos para el estudio; la parte experimental se realizará en la Universidad Técnica del Norte, en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Textil, en el equipo Martindale, que mide la abrasión y pilling en muestras de tejidos. Los análisis de los datos obtenidos se realizarán utilizando técnicas estadísticas en Excel y Past.

### **1.3. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO**

La utilización de la fibra de alpaca en la vestimenta de personas es muy apreciada, más importante aún en esta época en donde la protección y cuidado del ambiente es muy valorado. Con esta fibra se pueden elaborar prendas de diseños únicos y exclusivos; además, con él consumo de prendas con la fibra de alpaca se está contribuyendo al cuidado del ambiente por cuanto es una fibra que, desde su obtención, producción de hilo y tejidos, confección de la prenda, uso y disposición final no se contamina el ambiente. No se destruye

el ambiente y para disposición final no se contamina por ser una fibra biodegradable. La fibra de alpaca es una fibra natural de origen animal que es biodegradable y tiene propiedades textiles que la hacen muy apreciada, entre las más importantes son: cualidades aislantes y térmicas, brillo sedoso, hipo alergénico y suaves, entre otras más.

La formación del pilling en los tejidos al ser utilizadas por los consumidores, es un problema que deteriora la calidad de las prendas, siendo de gran influencia la longitud, finura y rizos de las fibras utilizadas; sin embargo, no se puede descartar la influencia de la torsión y el título de los hilos con los que se producen las prendas.

Mejorar la calidad de las prendas textiles en relación a su utilización, evitando la formación de pilling a través del tiempo de uso, mejoraría la aceptación de las prendas de alpaca, porque existiría mayor consumo, consecuentemente si se consigue información válida de cómo afecta el título y la torsión en el pilling formado, se estaría poniendo a disposición del sector involucrado información valiosa para mejorar la calidad de las prendas de alpaca. Así, se estaría también contribuyendo con la dinamización de toda la cadena productiva y los actores involucrados en la obtención, transformación y uso de esta fibra natural.

Por otra parte, el impulso a la producción y consumo de las prendas con fibras de alpaca, aporta en forma indirecta con el cuidado del ambiente, debido a que la utilización de una fibra natural que durante su obtención protege los páramos andinos y durante su disposición final no contamina el ambiente, por ser biodegradable, será un aporte significativo al sector textil de la eco moda.

Finalmente, con el desarrollo de este proyecto de investigación y una vez terminado, con los resultados y conclusiones obtenidas, se podría hacer recomendaciones que serían bastante útiles para el mejoramiento de la calidad de los textiles y de los sectores involucrados en la actividad de la alpaca.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Analizar la influencia de la torsión y título del hilo en la formación de pilling en tejidos de alpaca 100%.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Conocer aspectos generales sobre las propiedades de la fibra de alpaca, el pilling, y los parámetros que influyen en la formación del pilling en géneros textiles, mediante recopilación de información de estudios previos realizados; para con las bases teóricas adquiridas, desarrollar este estudio;

Obtener valores de formación de pilling en muestras de tejidos de punto, elaborados con hilos 100% alpaca de diferentes torsiones y títulos, mediante un testeo de fricción y pilling en el equipo Martindale;

Analizar los datos obtenidos, a través de técnicas estadísticas, para determinar el grado de influencia que tiene la torsión y título del hilo en la formación de pilling.

## **1.5. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO**

El proyecto en su parte experimental se desarrollará inicialmente en la empresa IMBATEX, en donde se procederá a realizar los hilos para elaborar las muestras de tela que se utilizarán en el análisis. Posteriormente, el análisis de las muestras se desarrollará en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte, en el equipo de testeo de pilling denominado Martindale.

La empresa IMBATEX, facilitará sus instalaciones y materiales para hacer los hilos. La empresa está ubicada en la ciudad de Ibarra y cuenta con la infraestructura suficiente para poder elaborar los hilos de alpaca 100%. Y, el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Textil tiene el equipo de testeo con la tecnología adecuada y utiliza las normas pertinentes.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ESTUDIOS PREVIOS

“Los primeros trabajos sobre "pilling" fueron publicados en el año 1954. Se ha dicho que este fenómeno era desconocido o no existía antes del año 1945” (Naik & López, 1984). Sin embargo, a la fecha existen trabajos que se han realizado relacionados a la formación de pilling en artículos textiles.

De acuerdo a Jasinska (2009), en su artículo sobre la evaluación de la superficie de la tela resultado del proceso de pilling, indica que el pilling es un problema importante no solo para los fabricantes de textiles y ropa, pero también para los usuarios. El efecto del pilling da como resultado del proceso en una disminución significativa en calidad del tejido y una influencia negativa en la comodidad del usuario. En los intentos actuales por clasificar y estandarizar la calidad textil, la fabricación de la tendencia de pilling juega un factor muy importante.

Ahmed y Slater (1989) indican que muchos científicos textiles han estudiado los factores que generalmente afectan el rendimiento de pilling. Entre los estudios realizados está el de Gintis y Mead (1959) quienes manifiestan que el pilling se ve perjudicada no solo por la estructura del hilo y el tejido, sino también por las propiedades de la fibra, por ejemplo resistencia a la tracción, porcentaje de alargamiento, abrasión por flexión, rigidez a la flexión, título de fibra, forma de Sección transversal de la fibra y fricción.

Sin embargo, no se hace referencia a la torsión que es otro factor importante en la formación del pilling, y que es precisamente lo que se va a analizar en este trabajo, la influencia de la torsión conjuntamente con el título de los hilos de alpaca en la elaboración de tejidos de punto para prendas de vestir.

También, sobre el pilling Mambrú y Naik manifiestan que se forman en la superficie de los tejidos en forma de unas bolitas de dimensiones variables, producidas como consecuencia del proceso físico mecánico a que se someten las prendas confeccionadas, durante su uso, en especial a un proceso de frote-rozamiento de determinadas zonas del tejido, generalmente del tejido consigo mismo, y luego con otros elementos externos. Estas bolitas adheridas a la

superficie del tejido dan al mismo un aspecto poco agradable, y puede decirse que constituyen el primer síntoma de envejecimiento y desgaste de la prenda.

“El aumento considerable del uso de prendas de punto ha movido a numerosos investigadores a determinar las causas que producen el «pilling». Es conocido que en los tejidos de punto se origina una cantidad de bolitas superiores que en los tejidos clásicos de calada.” (Mambro & Naik, 1976). Razón por la que en este trabajo se realiza el análisis del pilling en tejido de punto elaborado con hilos 100% alpaca.

### **2.1.1. La fibra de alpaca origen, producción y calidad**

“Desde hace más de seis mil años los Camélidos Sudamericanos forman parte del ambiente físico y cultural de la región. De las cuatro especies presentes actualmente, dos son domesticas (alpaca y llama), y dos son silvestres (vicuña y guanaco)” (FAO, 1996). Las alpacas son animales que tienen su hábitat en lugares fríos, como en los Andes, especialmente en los Andes en el Perú.



*Figura 1. Alpacas en los páramos andinos. (ITC, 2012)*

Con respecto al país en donde se tiene la mayor parte de producción de fibras de alpaca Quispe (2013) indica que el Perú ocupa el primer lugar en el mundo en la producción de alpacas y vicuñas, y el segundo en llamas, después de Bolivia.

De los camélidos, las alpacas, son animales que proveen fibra muy fina y con características especiales que la hacen muy apreciada en la industria textil. Con estas fibras

se pueden elaborar prendas especiales y muy finas. La industria textil considera a la fibra de alpaca como una fibra especial y, las prendas que se confeccionan con ellas se consideran de lujo, son muy costosas y son muy apreciadas en países desarrollados y que tienen climas fríos especialmente en invierno. Estas fibras se obtienen de los camélidos denominados Alpacas, cuyo nombre científico es *Vicugna pacos*.

Sobre las alpacas, animales muy importantes para los habitantes que viven en los Andes del Perú, De los Ríos (2012) indica que en el antiguo Perú, varios milenios antes de la llegada de los españoles, se desarrollaron diferentes culturas, con distintos niveles de adelanto en el manejo de la naturaleza, enfrentando el colosal reto de los andes en sus niveles: de costa sierra y selva. El hombre en su relación con el mundo andino desarrolló aptitudes y destrezas que le permitieron la domesticación de diferentes plantas y animales. Entre los animales domesticados destacan de manera muy particular los camélidos: alpaca y llama, con un rol fundamental en el proceso cultural, social y económico del hombre andino. La alpaca, con una conformación más pequeña, fue la obra maestra de la domesticación animal en los andes, convirtiéndose en la principal ganadería y se encontraba presente en los pastizales de la costa, valles interandinos y en la planicie altiplánica de los andes. De la alpaca, se lograron dos razas o variedades según los pisos ecológicos y climáticos; la HUACAYA, para los climas fríos con una fibra esponjosa muy parecida a la lana de ovino, y la SURI, con una fibra lacia, sedosa y con un brillo muy particular para los climas cálidos. Lograron fijar en las dos razas de alpaca hasta catorce colores naturales, pasando del blanco, a todos los tonos del café y los grises hasta llegar al negro.

Sobre el nombre de los camélidos y sus especies, De los Ríos (2012) también manifiesta que dentro de los mal denominados Camélidos Sudamericanos (su denominación real debería ser camélidos andinos), existen 4 especies:

- La llama.



*Figura 2. Llama Nombre científico: LAMA GLAMA. (De los Ríos, 2012)*

- La alpaca.



*Figura 3. Alpaca Huacaya Nombre científico: LAMA PACOS. (De los Ríos, 2012)*

- El guanaco.



*Figura 4. Guanaco Nombre científico: LAMA GUANICOE. (De los Ríos, 2012)*

- La vicuña.



*Figura 5. Vicuña Nombre científico: VICUGNA VICUGNA MENSALIS. (De los Ríos, 2012)*

Indica también que la población a nivel mundial de alpacas se encuentra mayormente en cuatro países latinoamericanos: Perú, Bolivia, Argentina y Chile, de los cuales el Perú es el que ostenta la más alta concentración alpaquera, con el 87% (aproximadamente 4'800,000 cabezas), de la población total. Destaca por su alto porcentaje (85%) la raza Huacaya (Blanco 95% - Color 5%) y sólo con un (15%) la raza Suri, cuya población está disminuyendo peligrosamente, por ser más susceptibles a sufrir las consecuencias de las inclemencias del clima de puna. “Alrededor del 80% de la alpaca comercializada es de color blanco y el 12% tiene diámetros de fibra menores de 23.” (Quispe, Rodríguez, & Iñiguez, 2009).

La crianza de las alpacas se da entre los 3,800 y 4,700 MSNM., y se constituye en una actividad cuya importancia económica radica en la producción prioritariamente de fibra, utilizada por la industria textil. Aguirre (2011) manifiesta que el negocio de la producción, transformación y comercialización de la fibra de alpaca constituye una de las principales ventajas competitivas del Perú desde el siglo XIX. La gran participación en el mercado internacional de fibras nobles del sector alpaquero peruano representa el 84% del rebaño mundial de alpacas.

La mejora de la calidad de la fibra de alpaca tiene su limitante en factores de crianza, esquila o corte de la fibra, clasificación entre algunos más. Sobre la calidad de la fibra y su relación con el poder de ventas de las prendas confeccionadas con alpaca Parodi (2011) en su artículo publicado en la Revista de Ciencias empresariales de la Universidad de san Martín de Porres establece que los problemas que afectan a la calidad de la fibra de alpaca son por los bajos conocimientos sobre técnicas de esquila, acopio y clasificación resultado

de la falta de capacitación y organización de las asociaciones de alpaca. También manifiesta que la calidad se ve afectada por problemas genéticos por inadecuada consanguinidad y apareamiento y el bajo nivel de crianza debido a la falta de cuidados sanitarios en los rebaños y pastorales, donde la alimentación también es afectada por la falta de hierbas frescas; lo cual, dificulta y limita la confección de prendas de vestir de buena calidad. Como en todas las fibras textiles cortadas naturales, la calidad está dada mayormente por las propiedades como finura, longitud y color; así como también, la calidad y cantidad influye en el comercio de esta fibra, determinando su precio. Las fibras de alpaca tienen características especiales que la hacen muy cotizada para la elaboración de prendas de vestir.

### **2.1.2. Factores que influyen en la formación del pilling**

“El pilling es un problema importante no solo para los fabricantes de textiles y ropa, pero también para usuarios” (Jasinska, 2009). También sobre el pilling Mamburu y Naik (1976) indican que el «pilling» se manifiesta sobre la superficie de los tejidos en forma de unas bolitas de dimensiones variables, estas son producidas como consecuencia del proceso físico mecánico al que se someten las prendas confeccionadas, durante su uso, en especial a un proceso de frote-rozamiento de determinadas zonas del tejido, generalmente del tejido consigo mismo, y luego con otros elementos externos. “Los tejidos de mezcla de fibras tienen mayor propensión al pildeo ya que en la mayoría de casos no existe una compatibilidad adecuada entre las propiedades de las fibras constituyentes.” (Naik & López, 1984). Así como tejidos con fibras constituidas con un solo tipo de fibras y tejidos con mezclas de fibras, pueden formar el pilling en los tejidos.



*Figura 6. El pilling en los textiles. (Kennedy, 2018)*

El deterioro de la calidad de una prenda tiene relación directa con la formación del pilling; así, Hasonska (2009) menciona que el efecto del pilling causa una disminución significativa

en calidad del tejido y una influencia negativa en la comodidad del usuario.

“Pilling general, es un proceso auto limitante que emerge en tres etapas diferentes de consumo. Formación de borrosidades superficiales, enredos y transformación en pastillas.” (Ruhul & Rafiqul, s,f). Las pastillas son las bolitas que se forman en la superficie del tejido y que tienen su influencia en algunos factores entre los cuales, según Sole (2014) estos son: Parámetros que afectan a la fibra, parámetros que afectan al hilo, parámetros que afectan al tejido, parámetros que afectan a la tintura y acabados. “Las fibras sintéticas tienen mayor capacidad de formación de pilling, que las fibras naturales. Ello responde a su mayor resistencia y flexibilidad, lo que hace que no se rompan y no se desprendan del tejido, quedando adheridas al mismo en forma intensa”. (Sole, 2014). Sin embargo, algunas fibras naturales también forman pilling este es el caso de la fibra de alpaca. Según Gintis y Mead (1959) la actitud de pilling se ve perjudicada no solo por la estructura del hilo y el tejido, sino también por la fibra, así las propiedades que influyen son la resistencia a la tracción, porcentaje de alargamiento, abrasión por flexión, rigidez a la flexión, título de fibra, forma de sección transversal de la fibra y fricción, flexión, título de fibra, forma de sección transversal de la fibra, forma de sección transversal de la fibra y fricción.

Al respecto de los factores mencionados que influyen en la formación del pilling, Sole (2014) en su trabajo sobre la formación del pilling establece que:

Cuanto más fina es la fibra, (menor dTex), mayor vellosidad y por lo tanto, mayor capacidad de formación de pilling. A mayor rizado de la fibra, menor capacidad o facilidad de migrar las fibras a la superficie del hilo o del tejido, y por lo tanto menor capacidad de formación de pilling, el rizado aumenta el coeficiente de fricción fibra-fibra, disminuyendo la formación de pilling. Secciones lisas, favorecen la migración de las fibras, y por lo tanto el pilling; las secciones lobuladas, dificultan la migración, ya que aumentan el coeficiente de fricción fibra-fibra. A menor longitud de fibra, mayor propensión a la formación de pilling, ya que tendrá mayor facilidad de migrar a la superficie del hilo, y por lo tanto del tejido; a mayor coeficiente de rozamiento, menor pilling. Hay resinas que se aplican para reducir la formación de pilling, a partir de aumentar el coeficiente de rozamiento de las fibras. Son los aprestos antipilling. (pp. 39-41).

También Sole (2014) indica que algunos parámetros del hilo que influyen en la formación del pilling son:

A mayor torsión del hilo, menor formación de pilling, ya que las fibras estarán más ligadas, y por lo tanto se desfavorecerá su posibilidad de migración a la superficie del mismo. A mayor título (hilo más grueso), mayor número de fibras por sección, y por lo tanto mayor capacidad de formación de pilling. También habrá mayor número de fibras sueltas. A igualdad de título del hilo, tendrán menor capacidad de formación de pilling, aquéllos que estén formados con fibras de mayor longitud. En una mezcla de fibras largas y cortas (por ejemplo de algodón), las cortas tienen tendencia a migrar a la superficie del hilo, y dar aspectos de vellosidad superficial excesiva, y por lo tanto, aspectos de envejecido prematuro. La mezcla de diferentes materias, también influye en la formación de pilling. Al mezclar fibras de diferente finura, las más finas se quedarán en el interior, mientras que las más gruesas y cortas, migrarán al exterior. Normalmente, el pilling que se produce en una mezcla de materias, es superior al que se produciría en la materia 100 (pp. 42.43)

De acuerdo a lo indicado, sobre algunas propiedades de las fibras con la formación del pilling, se puede también establecer que la fibra de alpaca es una fibra que tiende a formar pilling. La fibra de alpaca es una fibra de una finura, entre 17 a 32 micras, tiene pocos rizos, sección lisa, y con una longitud irregular que posee fibras largas y cortas; factores estos que le hacen propensa a formar pilling.

También, los parámetros como el título y la torsión influyen en la formación de pilling, y son estos dos factores los que se van a analizar en este trabajo de investigación, exclusivamente en los tejidos de punto elaborados con fibras 100% alpaca.

### **2.1.3. El pilling en tejidos de alpaca**

Sole (2014), indica que la formación de pilling en los tejidos de punto tiene la siguiente relación:

A mayor relajación, más compacidad, y por lo tanto menor formación de pilling. A mayor longitud del hilo de malla, mayor pilling. Teniendo en cuenta que los hilos destinados a género de punto, tienen menor torsión que los destinados a tejidos de calada. A mayor gramaje (peso / metro cuadrado), menor formación de pilling. A mayor factor de cobertura, menor pilling. También influye la “galga” del telar, que está relacionada directamente con el gramaje. (pp. 44).

De igual manera, Pocoroba (2006) indica que la formación de pilling en los tejidos tricot o llamado también tejido de punto está influida por la estructura del tejido de calada (textura, número de hilos, pasadas/cm, bastas) y en el tricotado (relajación del tricot, longitud del hilo absorbido por malla, enlaces, índice de cobertura). La masa laminar (peso en g/m<sup>2</sup>). Por otra parte, Naik y López (1984) indican también que el pilling es el resultado de factores que se clasifican de la siguiente manera:

- **Características de las fibras.**

- Naturaleza.
- Finura.
- Longitud.
- Rizado.
- Sección transversal.
- Tenacidad.
- Rigidez.

- **Propiedades de los hilos.**

- Título de hilo.
- Intensidad de torsión y coeficiente de torsión.
- Coeficiente de fricción entre fibras.
- Vellosidad.
- Migración de las fibras.
- Distintas mezclas de fibras.

- **Características de los tejidos.**

- Estructura y textura o ligadura (calada y malla).
- Tupa o factor de cobertura.
- Densidad y longitud de malla.
- Masa laminar.

- **Características de tintura y acabados.**

- Descrudado.
- Tipo de colorante.
- pH del baño.
- Vaporizado.
- Termo fijado.
- Perchado. (pp. 28-29)

Los parámetros de las fibras, hilos y tejidos en tricot que Solé, Pocoroba, Naik y López relacionan con la formación del pilling se consideran como referencia para el desarrollo de este trabajo. Sin embargo, en esta investigación se tomará en cuenta únicamente como variables a analizar el título del hilo y la torsión del hilo en la formación del pilling en los tejidos tricot de alpaca.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. El pilling**

“El "pilling" o pildeo es un fenómeno que se produce en tejidos de fibras. Es un proceso físico que a menudo aparece sobre la superficie de la prenda o tejido en forma de pequeñas bolas o glomérulos de fibras, a veces con un núcleo de materias contaminantes.” (Naik & López, 1984).

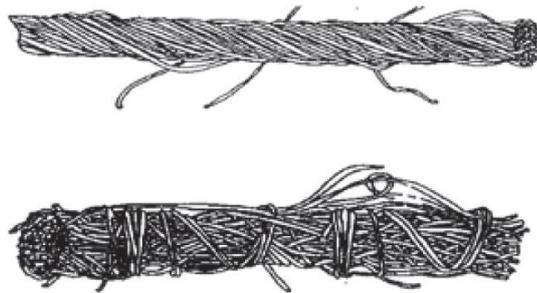
También, Naik y López (1984) sostienen que cualitativamente, hay tres distintas etapas en la "vida" de un pilling: Primero, las fibras cortas de los hilados migran hacia la superficie

del tejido como consecuencia de la acción abrasiva; segundo, estas fibras se entrelazan, dando lugar a la bolita del pilling y finalmente, ese pilling puede desprenderse del tejido por el uso normal de la prenda, o puede ser arrancado por una sollicitación imprevista, dependiendo de la tenacidad de las fibras que constituyen el pedúnculo de anclaje. Estas fibras sobresalientes pueden darse tanto en el hilo como en el tejido, en el hilo se le conoce como pilosidad.

### 2.2.1.1. Pulosidad en los hilos

“Se entiende como pilosidad – o vellosidad – del hilo una cantidad excesiva de fibras sobresaliendo del eje del mismo. Es generada por fibras unidas al cuerpo del hilo por un extremo, mientras que el otro se proyecta hacia afuera, pues no ha sido cogido por la torsión.” (Lockuan, 2012).

En la siguiente figura se observa la estructura de un hilo con su parte central compuesta por el cuerpo del hilo y las zonas exteriores, las fibras que sobresalen, la pilosidad



*Figura 7. La pilosidad en los hilos. (Sole, 2014)*

Los parámetros de las fibras que influyen en la pilosidad de los hilos son: longitud, finura, rigidez, resistencia a la rotura, coeficiente de fricción. Sobre estos parámetros, la longitud y finura que son de mayor importancia, Lockuan (2012) indica que al aumentar la longitud de las fibras disminuye la vellosidad del hilo; por lo que, es importante conocer y limitar el porcentaje de fibra corta en la floca para reducir la pilosidad. La relación entre la longitud de una fibra y su finura está, normalmente, bien definida. Las fibras más gruesas, que son más rígidas, dan hilos más vellosos. Al aumentar el número de componentes en la mezcla de fibras a hilar (número de fibras), aumenta la pilosidad.

### 2.2.1.2. Pilling en tejidos

“el pilling, es un efecto “no deseado”, que consiste en la formación de bolitas enmarañadas, en la superficie del tejido” (Sole, 2014). El pilling es un problema que afecta a los tejidos por lo que se debe diseñar estos desde la elección adecuada de las fibras, pasando por el hilado, los tejidos y finalmente las prendas elaboradas.

“Las propiedades más importantes del hilo que contribuyen a la pilosidad de un tejido, son: la estabilidad de su estructura y la torsión.” (Naik & López, 1984).



*Figura 8. Tejido de punto y pilling. (Naik & López, 1984)*

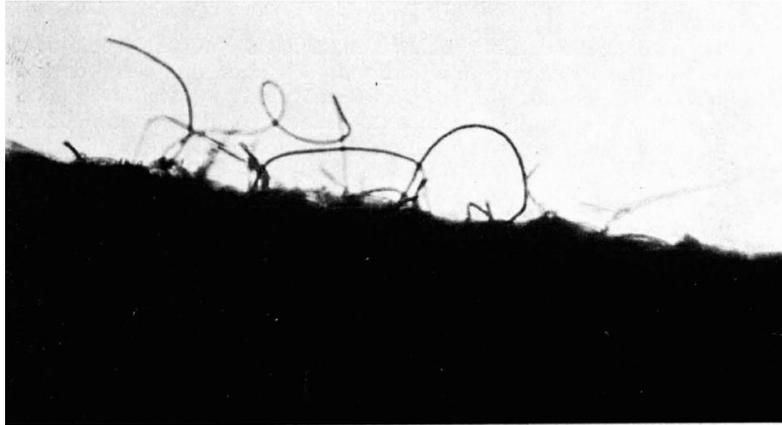
En la figura se puede observar a la izquierda y derecha un tejido de punto con pilling y en el centro un tejido de punto sin pilling.

Como se menciona anteriormente, hay tres etapas para la formación del pilling, la secuencia de formación de pilling en los tejidos, en estas tres etapas, puede observarse en la siguiente figura:

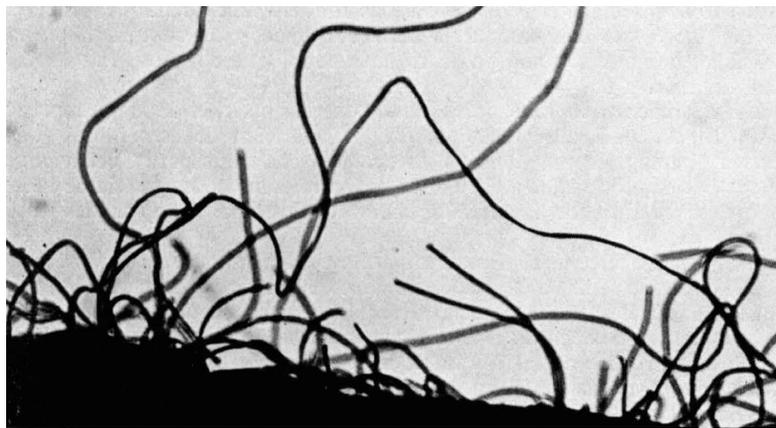


*Figura 9. Secuencia de formación de pilling. (Sole, 2014)*

Con mayores detalles, se analiza a continuación las imágenes y resultados obtenidos por Mambru & Naik (1976) en su trabajo de investigación que contribuye al estudio del pilling.



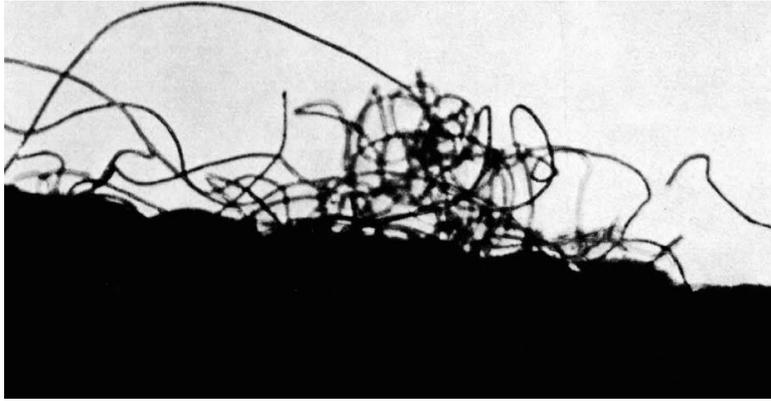
*Figura 10. Aparición de las primeras fibrillas superficiales. (Mambru & Naik, 1976)*



*Figura 11. Aumento del número de fibrillas sueltas. (Mambru & Naik, 1976)*



*Figura 12. Las fibrillas comienzan a unirse y enredarse. (Mambru & Naik, 1976)*



*Figura 13. Empiezan a aglomerarse las fibras. (Mambru & Naik, 1976)*



*Figura 14. Se rompen las fibrillas que pasan al interior de la bolita que va adquiriendo forma esférica. (Mambru & Naik, 1976)*



*Figura 15. Se ha formado la bolita (pilling), que es mantenida al tejido por las fibras más largas que actúan como fibras de anclaje. (Mambru & Naik, 1976)*

Las imágenes muestran como las fibras de la superficie del tejido, debido a la abrasión, van progresivamente formando la bolita denominada pilling, misma que puede llegar a desprenderse por el efecto de la abrasión. A continuación se representa las etapas de formación de pilling mediante gráficos:

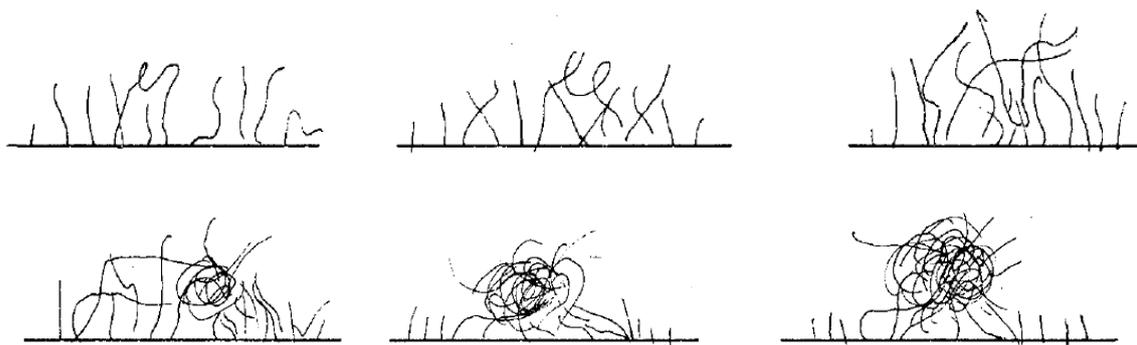


Figura 16. Secuencia de la formación de pilling. (Mambru & Naik, 1976)

Mambru & Naik (1976) en su trabajo establecen que la formación de las bolitas o pilling se debe únicamente a que las fibras superficiales o que se van produciendo por abrasión, tiene una longitud suficiente y una capacidad de vibración para ponerse en contacto con las contiguas, condiciones imprescindibles para que se enreden entre sí. Otras veces no obstante, se observa que el contacto y origen de estas bolitas es producido por unas impurezas que se depositan sobre las fibrillas lo que da lugar a que las fibras se entrecrucen entre sí, siendo en este caso la longitud de ellas inferior al del caso indicado anteriormente. El pilling formado deteriora la calidad de las prendas disminuyendo su valor de comercialización.

### 2.2.2. La fibra de alpaca

La fibra de alpaca, es un pelo proveniente del pelo del camélido denominado alpaca de nombre científico, *llama pacos*. La alpaca, como manifiesta De los Ríos (2012) es obra maestra de la domesticación animal en los andes, convirtiéndose en la principal ganadería y se encontraba presente en los pastizales de la costa, valles interandinos y en la planicie altiplánica de los andes.

De la alpaca, se lograron dos razas o variedades según los pisos ecológicos y climáticos; la HUACAYA, para los climas fríos con una fibra esponjosa muy parecida a la lana de ovino, y la SURI, con una fibra lacia, sedosa y con un brillo muy particular para los climas cálidos. Lograron fijar en las dos razas de alpaca hasta catorce colores naturales, pasando del blanco, a todos los tonos del café y los grises hasta llegar al negro. Alpaca Super Baby con menos

de 20 micrones, Alpaca Baby hasta los 23 micrones, Alpaca Fleece hasta 26.5 micrones, Alpaca Huarizo hasta 30 micrones y la Alpaca Gruesa con más de 31 micrones.



*Figura 17. La fibra de alpaca clasificación. (De los Ríos, 2012)*

“Las alpacas se crían en altitudes que van desde los 3,500 a más de 4,500 metros sobre el nivel del mar, donde pueden soportar naturalmente temperaturas que fluctúan entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $+30^{\circ}\text{C}$  en un solo día, sobreviviendo con una dieta especial baja en proteínas basada en alimentos naturales. Pastos” (Group Michel, s.f.). La fibra de alpaca es una de las más apreciadas en el sector textil. “El 80% de la producción mundial de alpaca se concentra en el Perú y compite en el mercado internacional con fibras tan exquisitas como el cashmere y el mohair. Tenemos como materia prima, la fibra más fina del mundo” (Lamborelle, 2012)

### **2.2.3. Características de las fibras de alpaca**

Muchas son las características que tienen las fibras, de igual manera la alpaca tiene propiedades que la hacen especial y que tienen influencia en la transformación de la fibra en hilos, tejidos y prendas de uso final. Las principales características de esta fibra que influyen en la calidad y formación del pilling son las siguientes:

### **2.2.3.1. Longitud**

La longitud es la distancia que existe entre los extremos de una fibra, se expresa en milímetros. En el caso de la fibra de alpaca, que está clasificada como una fibra de corte lanero por cuanto tiene longitudes de fibra similares a la fibra de lana, tiene una longitud que esta entre 40 a 150 mm; pudiendo el rango ser mayor o menor en casos especiales. Carrera (2017) manifiesta que la longitud de las fibras y particularmente la forma en que se distribuye la variación de ésta longitud tienen una gran importancia puesto que influye considerablemente en las propiedades de procesabilidad y uso final de los hilados y tejidos obtenidos con estas fibras. La longitud de las fibras influye asimismo en su precio y por lo tanto estamos ante una propiedad que tiene una considerable importancia tanto económica como comercial.

### **2.2.3.2. Finura**

“La finura de las fibras se expresa como diámetro aparente o bien como masa lineal. (...) El diámetro aparente se utiliza para describir la finura de las fibras naturales que son circulares (diámetro real) o casi circulares (poliédricas, ovales o arriñonadas) y la unidad utilizada son las micras” (Carrera, 2017). La finura es el diámetro promedio de las fibras y se expresa en micras (u). “El diámetro de la fibra de alpaca oscilará entre 18 y 22 micras o más dependiendo a que parte del cuerpo corresponde y a la edad del animal esquilado.” (De los Ríos, 2012). La finura de la fibra depende también del tipo de raza del que procede; así, “Alpaca Super Baby con menos de 20 micrones, Alpaca Baby hasta los 23 micrones, Alpaca Fleece hasta 26.5 micrones, Alpaca Huarizo hasta 30 micrones y la Alpaca Gruesa con más de 31 micrones.” (De los Ríos, 2012).

En cuanto a la clasificación de la fibra de alpaca, la finura es uno de los factores que más se lo utiliza; así, Villarroel (1963) en su trabajo donde hace el estudio sobre la fibra de alpaca menciona que el diámetro de la fibra, finura de la fibra, es uno de los factores más importantes en la clasificación de la misma, porque determina el precio del vellón en el mercado, a pesar de que la comercialización se realiza por peso del mismo. De la misma manera, con relación a la clasificación y comercialización de la fibra se indica lo siguiente: “La clasificación de los vellones se basa principalmente en esta característica, ya que permite una mejor valoración al momento de la comercialización; es decir, vellones de mejor calidad tienen mejores precios” (Quishpe, 2010).

### **2.2.3.3. Rizos**

“Los rizos son las ondulaciones naturales que posee la fibra de lana, se mide en número de rizos por unidad de longitud, así por ejemplo rizos por pulgada o rizos por centímetro. Los rizos tienen una relación directa con la finura y una relación inversa con la longitud.” (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017). Según Fernández (2011) los rizos son bastante menores que los rizos en la fibra de lana, está entre 4 a 6 rizos/pulg. Esta cantidad depende del tipo de fibra. “Y con relación a los rizos las mejores fibras serían las más rizadas, rizos estos permiten obtener hilos con mayor poder cubriente, géneros textiles más livianos y con poder de aislamiento térmico; así también, porque las fibras más rizadas son las fibras más finas.” (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017).

Por otro lado, con respecto a la relación rizos pilling se indica la siguiente afirmación, “La presencia del rizado en la fibra es muy importante durante las distintas etapas de hilatura. Tiene una influencia muy significativa sobre las características del hilado y también sobre la propensión a formar el pilling.” (Naik & López, 1984).

### **2.2.4. Obtención de la fibra de alpaca**

La fibra de alpaca se obtiene de la esquila del camélido conocido como alpaca. “Es una fibra animal proveniente de la alpaca las rigurosas condiciones del clima hacen que este animal produzca un fino pelo de extraordinaria suavidad, finura, largo y resistentes en diferentes tonos de color. Todas estas características hacen a la alpaca altamente valiosa.” (Schuster, 1955). Muy importante también la función social, ambiental y económica que permite el cuidado y aprovechamiento de la fibra proveniente de la alpaca. “Entre los animales domesticados destacan de manera muy particular los camélidos: alpaca y llama, con un rol fundamental en el proceso cultural, social y económico del hombre andino.” (De los Ríos, 2012).

La esquila es muy importante en el proceso de manejo y aprovechamiento de la fibra. Es el momento en que se culmina el proceso de obtención de la fibra. “Por eso es esencial realizarla de modo tal que se realce el valor del producto, evitando prácticas que puedan ir en desmedro de su calidad y presentación, o en dañar los animales.” (FAO, 1966).



*Figura 18. Esquila de la alpaca. (Pacomarca, 2018)*

Según Gallegos (2013) la población mundial de alpacas se estima en unos 3,7 millones. “El Perú es el principal criador de alpacas en el mundo con un 84% del rebaño total. Como se aprecia en el Cuadro 2.1 el segundo país en importancia es Bolivia con un 11.7% y el tercero son los EEUU con 1.2% del total.” (Aguirre, Matta, & Montero, 2011).

#### **2.2.5. Hilo de alpaca**

“Hilo es el producto resultante de la operación de hilar, que consiste esencialmente en paralelizar y torcer fibras discontinuas, ya sean naturales o químicas. Al destorcerse y eliminar la torsión el hilo se deshace.” (Carrera, 2017). La elaboración del hilo es realizado en un proceso en donde se transforma a las fibras cortadas siguiendo una serie de procesos en una masa uniforme de fibras con un diámetro determinado. “La hilatura consiste en elaborar o fabricar el hilo a partir de una mecha o cinta, puede realizarse en una variedad de máquinas que estira y confiere cohesión a la masa de fibras, obteniéndose el hilo que se pliega sobre un formato determinado.” (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017).



*Figura 19. Hilos de alpaca varios colores. (Rodriguez, 2012)*

El hilo de alpaca es elaborado en un sistema de hilatura de fibras cortadas de corte lanero, porque su longitud es similar a la fibra de lana. La cohesión de las fibras dispuestas en forma paralela y con un peso en gramos por metro, está dada por la cohesión inter fibra. Sobre los factores que influyen en la formación del hilo y que son propensos a formar pilling en los tejidos con estos elaborados, Sole (2014) escribe lo siguiente:

La estructura del hilo tiene influencia importante sobre la propensión a la formación de pilling de los artículos textiles con ellos elaborados, los parámetros más importantes son: La masa lineal o título del hilo, a mayor número de fibras por sección tendrá mayor número de fibras sueltas y por lo tanto habrá mayor capacidad de formar el pilling; la torsión y retorsión de los hilos, a mayor torsión del hilo habrá menor formación de pilling debido a que las fibras estarán más ligadas entre sí disminuyendo su posibilidad de migrar hacia la superficie del hilo y por tanto la evitando la formación de pilling; acabados que pueda tener el hilo, así un chamuscado en donde se elimina las fibras sueltas de la superficie del hilo, evitará la formación de pilling; mezclas de fibras de diferente longitud, en donde las fibras cortas tienen la capacidad de migrar a la superficie del hilo ocasionando el aumento de posibilidades de formar el pilling y mezclas de materiales diferentes con longitudes diferentes y si son cortas uno de los materiales tendrá la mezcla más capacidad de formar pilling. (pp. 42-43).

#### **2.2.6. Proceso de hilado**

La fabricación del hilo de alpaca puede hacerse en el sistema de hilatura corte lanero, por cuanto su longitud de fibra es similar a la fibra de lana, es decir se puede hacer hilo de alpaca utilizando las mismas máquinas que se utiliza en la fabricación de hilos de lana.

“Para elaborar hilos de corte lanero puede seguirse tres alternativas, con las cuales se obtienen diferentes características de hilos. Estos sistemas son la hilatura cardada, hilatura

semi peinada e hilatura peinada.” (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017). Por lo que, los hilos de alpaca pueden seguir también un proceso cardado, peinado y semi peinado. Aunque fabricar hilo de alpaca 100% es mucho más delicado y complicado que fabricar hilos de lana, si se puede hacerlo dando las condiciones de fabricación adecuadas. Los procesos de hilatura cardada, peinada y semi peinada se indican en los siguientes gráficos:

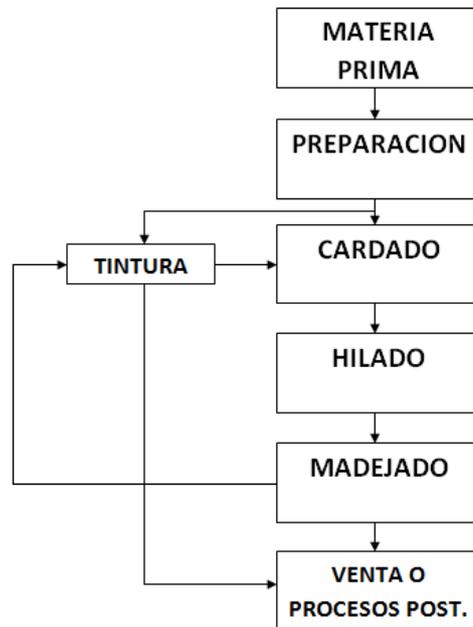


Figura 20. Proceso de Hilatura. Cardada. (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017)

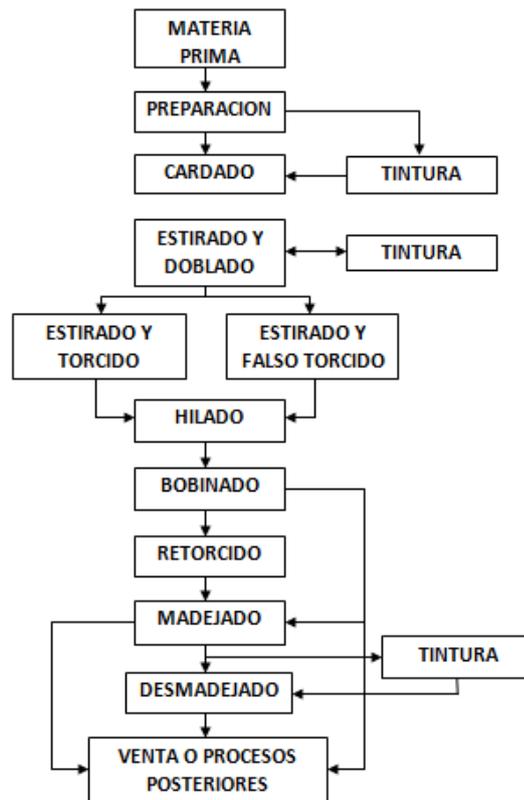


Figura 21. Proceso de Hilatura Semi peinada. (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017)

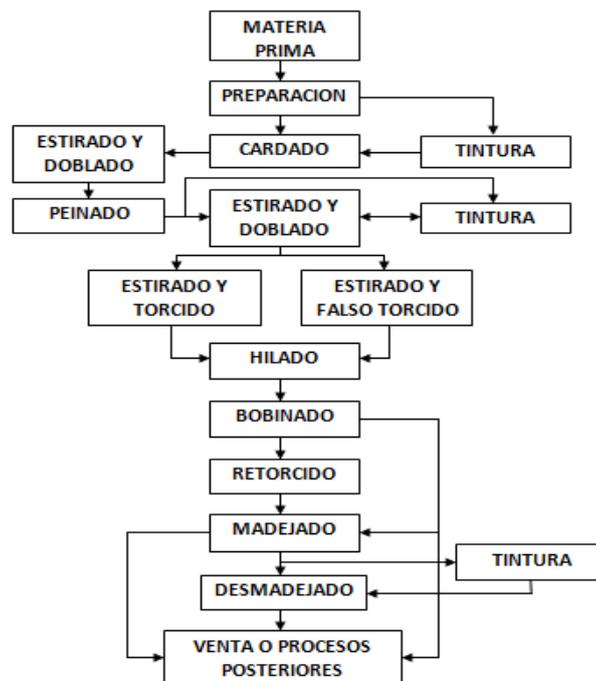


Figura 22. Proceso de Hilatura peinada. (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017)

En los gráficos se puede distinguir que el proceso peinado es más largo y por lo tanto se tendrá un hilo más costoso pero de mejor calidad, porque en el proceso de peinar a la fibra

se elimina las fibras cortas. Para producir un buen hilo de alpaca, sea fino o grueso, es recomendable seguir el sistema de hilatura peinado.

### **2.2.7. Título**

El título de un hilo es la relación de la masa de fibras con la longitud, puede expresarse en diferentes denominaciones que pueden ser directa e indirecta. Así, las numeraciones indirectas, en donde a mayor título el hilo es más delgado son el número inglés y el número métrico; y, las numeraciones directas, en donde a mayor título se tiene hilos más gruesos, son el decitex, tex, kilo tex y el denier. Para el caso de la nomenclatura utilizada para identificar los hilos de alpaca se puede utilizar el Nm, y el kilo tex, numeraciones que siempre se utiliza en los hilos producidos en el sistema lanero.

### **2.2.8. Torsiones**

“La presencia de fibras cortas genera, por el contrario, una mayor irregularidad de masa de los hilados, mayor número de defectos, menor resistencia, mayor vellosidad, siendo necesario aumentar la torsión de los hilados y en consecuencia el tacto de los tejidos resultantes será más áspero.” (Carrera, 2017). Así también la torsión permite o evita que las fibras emigren hacia la superficie del hilo, al respecto Naick y López concluye que el coeficiente de torsión en el hilado influye sobre la facilidad con que puede migrar una fibra. Las fibras que migran son las que se enmarañan y forman el pilling.

### **2.2.9. Tejido de punto**

Los tejidos de punto, según Ruiz (2013) manifiesta que son géneros textiles que están compuestos por hilos de trama o de urdimbre o ambos a la vez; que además, están formando siempre unos bucles especiales llamados puntos o mallas. Son muchos los artículos textiles que se pueden producir con este tipo de tejido, entre estos se tiene sweaters, calcetines, prendas interiores, ropa deportiva, accesorios como bufandas, gorros, entre otros más.

En el caso de los tejidos de punto, Sole (2014) indica que: A mayor relajación mayor compacidad y por lo tanto menor tendencia a formación de pilling. A mayor longitud del hilo que forma la malla, mayor pilling. Además, hay que tener en cuenta que los hilos destinados a tejido de punto, tienen menos torsión que los hilos destinados a tejidos de calada. En general a mayor gramaje, peso por metro cuadrado, menor formación de pilling

y a mayor factor de cobertura, menor formación de pilling. Y, también influye la galga del telar que está relacionada directamente con el gramaje del tejido.



*Figura 23. Artesanas tejiendo a mano en tejido de punto. (Alvarez, 2012)*

Para el análisis de las muestras de tejidos en su trabajo de grado Ruiz (2013) también manifiesta que a fin de conocer los materiales que intervinieron en su fabricación, y el trabajo realizado por los principales órganos tejedores, de modo que puedan ser reproducidos con la mayor exactitud posible. Un análisis completo de un tejido de punto por trama debe incluir: a) Naturaleza y grosor de los hilos empleados. b) Peso por metro cuadrado del tejido. c) Densidad (generalmente en pasadas y agujas por centímetro o por pulgada) del tejido. d) Tipo y galga de la máquina usada o en la que puede reproducirse. e) Trabajo de las agujas y demás órganos que intervinieron directamente en la obtención del tejido. f) Tipo de acabado sufrido por el tejido.

#### **2.2.10. Prendas de alpaca**

Según el Ministerio de Comercio exterior y turismo del Perú, la alpaca hoy por hoy se encuentra en un excelente nivel de aceptación con un buen reconocimiento en el mercado del vestir abrigador y es una alternativa muy apreciada, trabajada con una diversidad de colores clásicos y modernos que se ajustan a la creación de los diseñadores. Un ejemplo de mercado potencial es Estados Unidos, en donde señala la Ocex del Perú en Nueva York (Estados Unidos) que se demanda cada vez más prendas livianas, que no ocupen mucho espacio y que se puedan usar tanto en ambientes externos como al interior de edificaciones sin generar excesos de calor o de frío.

“La alpaca es muy ligera gracias a sus fibras semivacías y que tienen funciones térmicas, capaces de reducir la temperatura de la persona que la usa durante los días de verano y

atrapando el calor durante los días de invierno.” (Gestión, 2016). También en Gestión (2016) se analiza y se indica que la alpaca tiene el valor agregado de ser hipo alergénico, suave, respetuosa del medio ambiente y tiene una gran durabilidad. Estas cualidades son aspectos que el consumidor valora cada vez más en sus decisiones de compra, gracias fundamentalmente a la nueva tendencia de buscar lo natural, orgánico y saludable, dando además cada vez mayor importancia al origen del producto



*Figura 24. Prendas de alpaca. (Tomasio, 2012)*

Las prendas de vestir y los complementos de alpaca tienen una calidad excepcional. Esto se debe a la cantidad de propiedades que tiene esta fibra y que no tienen otras fibras: Las bondades de la alpaca según son: Es más cálida y fuerte que la lana de oveja.

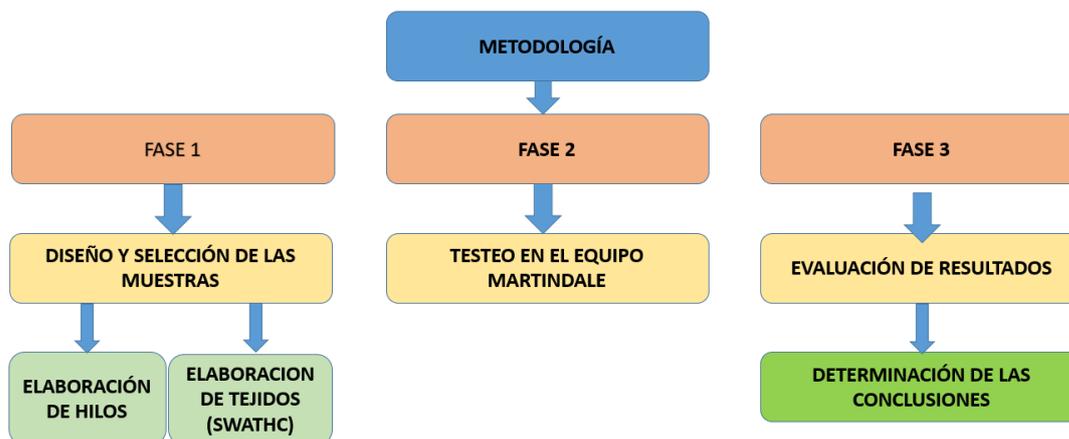
## CAPITULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación evaluó el grado de influencia que tienen el título del hilo y las torsiones en la formación del pilling en tejido de punto elaborado con fibras 100% alpaca. Como referencia se tomó estudios realizados sobre la formación del pilling en géneros textiles en los que se consideran parámetros referentes a las propiedades de las fibras, estructura de los tejidos y diferentes fibras tanto naturales como artificiales; sin embargo, no se encontró estudios referentes a la fibra de alpaca. Lo que se analizó en este trabajo es el grado de formación de pilling en tejidos de punto elaborado con hilos de alpaca, hilos de diferente título y diferente torsión. El testeó se lo hizo en el equipo de laboratorio Martindale, en el cual se analizaron 20 swatch. Las 20 muestras o swatch están constituidas por cuatro títulos de hilos diferentes y cada título con cinco torsiones diferentes.

La investigación se realizó en tres fases: En la primera se seleccionó el tipo de tejido y determinó el número de muestras con los diferentes títulos y torsiones; la fibra utilizada en la investigación es una sola, con las mismas características y los hilos utilizados fueron de cuatro títulos y para cada título cinco torsiones dando un total de veinte muestras a testearse. Seleccionadas las muestras se procedió a elaborar los hilos de alpaca en la empresa IMBATEX y luego se procedió a elaborar los swatch o muestras de tejido. En la segunda fase se analizó las 20 muestras en el equipo Martindale, en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Textil; y, se obtuvieron los resultados de pilling formado. Y, en la tercera fase, se evaluó los resultados obtenidos mediante técnicas estadísticas, para finalmente llegar a establecer la relación que tiene el título y la torsión en la formación de pilling en tejidos de punto con fibras de alpaca.



*Figura 25. Metodología seguida en la investigación. El autor*

La elaboración de los hilos se hizo en máquinas de hilatura de corte lanero, este proceso se inicia a partir de los tops de alpaca previamente peinados y tinturados, los tops pasan por los tres pasos de gill, luego por el finisor, la continua de hilar y finaliza con el bobinado. Con los hilos de alpaca se procede a elaborar los 20 swatch de tejido, las muestras se realizan tejiendo a mano con diferentes números de agujetas, tratando de obtener el mismo peso de tejido con cada título de hilo.

Para hacer los ensayos de resistencia al pilling, se utilizó el mismo equipo que se utiliza para la abrasión, MÉTODO DE PRUEBAS MARTINDALE.

Las pruebas de testeo se hicieron en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Textil, Universidad Técnica del Norte, en el equipo Martindale, en este se hizo un análisis para cada una de las 20 muestras. La norma utilizada en el análisis fue ISO 12945-2

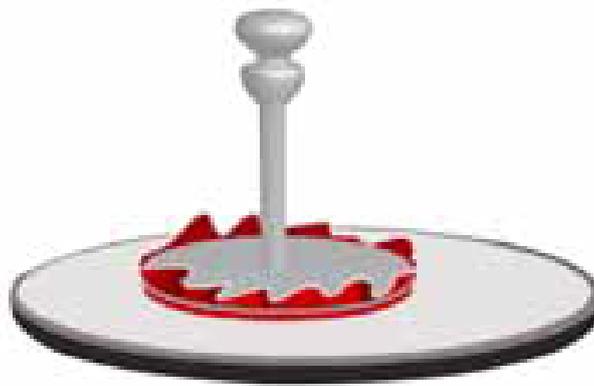


Figura 26. Principio del Pilling Test. (LABOTEX, s,f)

Según Labotex (s,f) sobre el análisis de pilling en el equipo Martindale explica que el Pilling test, evalúa la resistencia del tejido a la formación del pilling. La muestra de tela es ingresada en el equipo de comprobación de pilling Martindale, este equipo rota con un movimiento aplicando presión en el área superficial de la muestra analizada. A intervalos de 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 y 3500 frotamientos se observa y evalúa el pilling por medio de una escala de pilling (1 a 5).

Las muestras que se obtienen son medidas o comparadas con patrones de una escala de 1 al 5, en donde 1 indica cambios severos y 5 que las muestras no sufrieron cambios. La peor calificación de las muestras se toma como resultado.

Tabla 1. Valoración de la escala de pilling. (Carrasco Tapicería, 2019)

ESCALA PILLING	
VALOR	CALIFICACIÓN
5	NO SE PRODUCE PILLING. EXCELENTE RESISTENCIA
4	APARECE VELLOCIDAD. BUENA RESISTENCIA
3	FORMACIÓN DE PILLING
2	BASTANTE PILLING
1	PILLING EN ABUNDANCIA

De acuerdo a carrasco (2019) la prueba establece la tendencia de una tela a la formación del pilling por medio de la máquina Martindale.

LABOTEX (s,f) también hace referencia que para un tejido es mínimo aceptable en una muestra grados de 3 a 4 a 5000 frotos y los resultados obtenidos se pueden evaluar mediante la comparación con patrones.

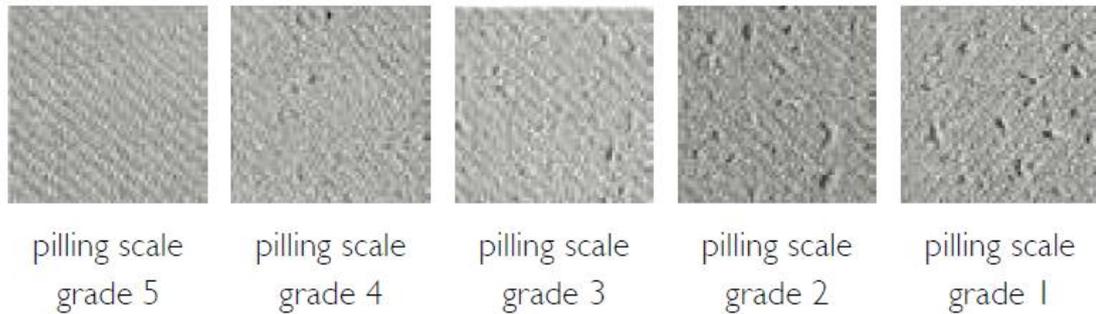


Figura 27. Escala de grados de pilling. (LABOTEX, s,f)

Los grados de pilling formado en el tejido van de mayor a menor, en donde el grado mayor es el 5 y este equivale a que no existe pilling y en el grado 1 en cambio es el que tiene pilling en mayor cantidad. Estas escalas se puede observar en la siguiente figura:

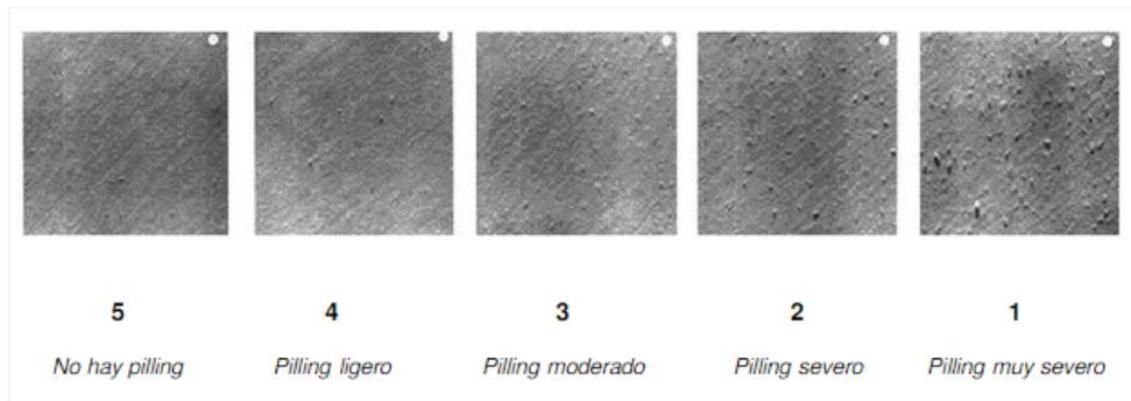


Figura 28. Significado de los 5 grados de la escala de pilling. (Carrasco Tapicería, 2019)

La evaluación de los resultados se lo hizo utilizando técnicas estadísticas de dispersión y fueron tratados en PAST.

### 3.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información requerida para el desarrollo de este trabajo se obtuvo de fuentes secundarias a través de estudios realizados sobre la fibra de alpaca, obtención de la alpaca, formación de pilling, parámetros que influyen en la formación de pilling, normas de pilling y más temas relacionados a la investigación. De fuentes primarias, se obtuvo información en

empresas textiles, específicamente de empresas que tienen los procesos de hilado y tejido como son la empresa IMBATEX, KEPSE, IMBABURA TEJIDOS, INKATOPS, MICHEL, entre otras más.

### 3.3. DISEÑO MUESTRAL

Esta investigación se enfocó a la formación de pilling en función del título y torsiones del hilo en tejidos de punto, utilizando la misma materia prima, la misma alpaca que tiene las siguientes características principales: Tops de alpaca Finura: 27.00 micras / CVF % 30.8, Longitud: 57.4 mm / CVH % 27.5

Se eligió cuatro títulos diferentes 1,5 Nm, 1,8 Nm, 2,1 Nm y 2,4 Nm; y, cinco diferentes torsiones para cada título de hilo. Se eligió el tejido de punto, por cuanto con este tipo de tejidos se utiliza hilos con menor torsión, siendo estos más propensos a la formación de pilling; además, se eligió el tejido de punto y no el tejido plano, por la versatilidad y facilidad para hacer las muestras.

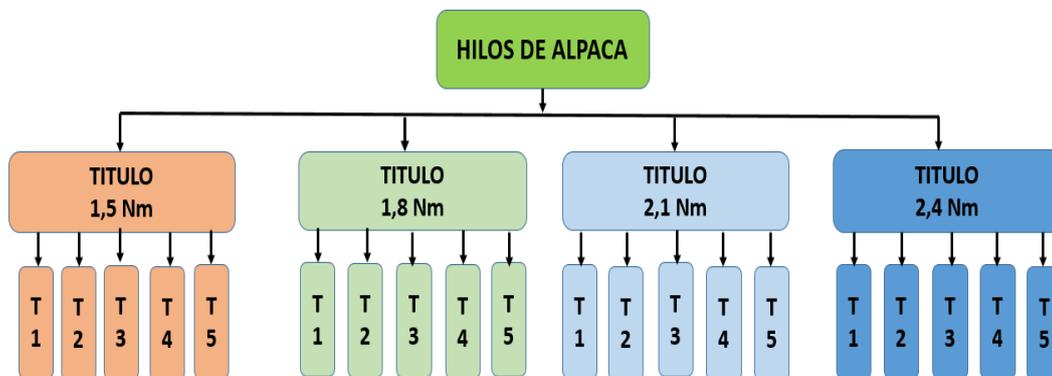


Figura 29. Diseño de muestras de títulos y torsiones de los hilos de alpaca. El Autor

En la figura 28 se representa las muestras de los hilos realizados en donde se tiene que para cada título de hilo en Nm, se dan cinco torsiones diferentes. Las torsiones están representadas por la letra T.

Las torsiones para los cuatro títulos de hilo se calcularon considerando que es una fibra de alpaca misma que no tiene rizos y requiere una mayor torsión que en el caso de fibras rizadas como la fibra de lana; razón por la cual a pesar de hacer las muestras en tejido de punto el coeficiente de torsión es utilizado el máximo valor del coeficiente para trama.

Tabla 2. Coeficiente de torsión para hilos corte lanero

DESTINO DEL HILO	K
Urdido sobre torcido	100 - 110
Urdido	90 – 100
Trama	60 - 70
Géneros de punto	55 - 60
Mercería	50 - 55

Para dar la torsión al hilo se partió de la relación:

Tpm :K V Nm

Tpm. : Torsiones por metro

K : Coeficiente de torsión

Las torsiones por metro son igual al coeficiente de torsión por la raíz cuadrada del número métrico. Las cinco torsiones que se dieron a los cinco títulos de hilo se la hizo a partir de la constante de estiraje 70. En cada tipo de hilo a partir de las torsiones calculadas con el coeficiente 70, se va aumentando de 4 torsiones para cada hilo hasta llegar a las cinco muestras de hilos. Las torsiones de los hilos se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 3. Cantidad de torsiones en los hilos de alpaca utilizados en las muestras de tejidos

TORSIONES POR METRO (t/m)			
1,5 Nm	1,8 Nm	2,1 Nm	2,4 Nm
86	94	102	110
90	98	106	114
94	102	110	118
98	106	114	122
102	110	118	126

En la tabla se puede observar que se tiene 20 hilos totales, con cuatro títulos diferentes

(1,8Nm, 2,1Nm, 2,4Nm y 2,7Nm); y, para cada título se da cinco cantidades de torsiones. Con estos 20 diferentes hilos se procedió a realizar 20 muestras (M) de tejidos, es decir 20 swatch. En la tabla siguiente se puede observar gráficamente las muestras de tejidos swatch realizados con cada tipo de hilo.

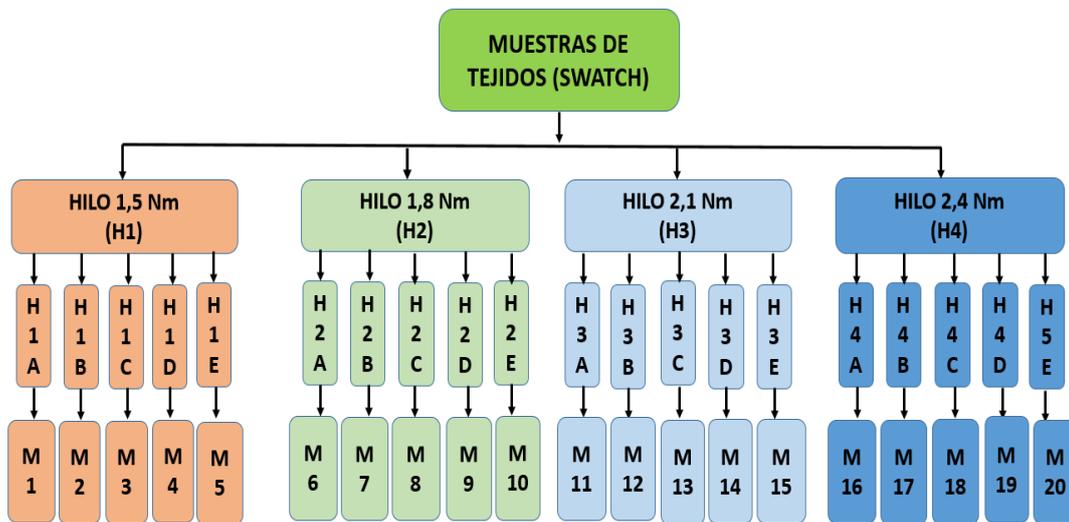


Figura 30. Diseño de las muestras de tejidos a utilizarse en la investigación. El autor

En la figura se observa los cuatro títulos de hilo con los cuales se elaboraron las 20 muestras a utilizarse en la investigación, muestras que se identifican con la letra M seguido de un número que identifica el número de muestra, de entre las 20 muestras.

### 3.1. MUESTRAS

Las muestras de tejidos, denominadas también swatch, a analizarse en el equipo Martindale fabricadas de acuerdo al proceso indicando anteriormente, con hilo producido en un sistema de hilatura peinado y tejido a mano, se identifican de acuerdo a los datos que se indican en la tabla siguiente:

Tabla 4. Muestras de tejidos con los hilos que se utilizan.

<b>MUESTRAS DE TEJIDOS (SWATCH)</b>		
<b>MUESTRA NRO.</b>	<b>TITULO HILO (Nm)</b>	<b>TORSIONES DEL HILO (t/m)</b>
M1	1,5	<b>86</b>
M2	1,5	<b>90</b>
M3	1,5	<b>94</b>
M4	1,5	<b>98</b>
M5	1,5	<b>102</b>
M6	1,8	<b>94</b>
M7	1,8	<b>98</b>
M8	1,8	<b>102</b>
M9	1,8	<b>106</b>
M10	1,8	<b>110</b>
M11	2,1	<b>102</b>
M12	2,1	<b>106</b>
M13	2,1	<b>110</b>
M14	2,1	<b>114</b>
M15	2,1	<b>118</b>
M16	2,4	<b>110</b>
M17	2,4	<b>114</b>
M18	2,4	<b>118</b>
M19	2,4	<b>122</b>
M20	2,4	<b>126</b>

En la figura siguiente se puede apreciar las muestras tejidas a mano, con agujetas, que son de color crudo, con dimensiones de 18 cm por 18 cm, que son todas iguales en dimensiones y que tienen la identificación respectiva para no confundirse entre ellas durante las pruebas al pilling.



*Figura 31. Muestras de alpaca tejidas a mano*

En la tabla anterior se puede observar las 20 muestras con los códigos respectivos y las torsiones de los hilos utilizados en la elaboración de cada una de las muestras.

### **3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS**

En el desarrollo de la investigación se utilizaron los métodos experimentales y lógico inductivo. Mediante el método experimental, se crea las condiciones necesarias en los hilos y tejidos de alpaca a analizarse, para el esclarecimiento de las relaciones del título del hilo y las torsiones en la formación de pilling en el tejido de punto con fibras 100% alpaca. Y mediante el método inductivo, a partir de los resultados obtenidos del testeo de las muestras, se estableció la relación del título y torsión del hilo de alpaca en la formación del pilling en el tejido.

La evaluación de los resultados obtenidos se realizó utilizando técnicas estadísticas de posición central como la media; y, con medidas de dispersión para determinar cuan dispersos están los datos, con la desviación típica, la varianza, valores mínimos y máximos y desviación estándar.

### **3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS**

La información obtenida se procesó con el paquete informático Microsoft, con los programas Word, Excel y también con el Past 3. Con estas herramientas informáticas se procedió a redactar la información obtenida, se realizaron tablas para registro y cálculo de datos, se sacaron las medidas estadísticas y se realizaron gráficos, con la finalidad de mejorar la visualización y comprensión de los resultados y evaluaciones realizadas.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. RESULTADOS

Los datos técnicos de los veinte hilos elaborados con fibra 100% alpaca; así como, las veinte muestras de tejidos de punto elaborados con los hilos de alpaca y también los diferentes datos obtenidos en el análisis de las muestras de tejidos realizadas en el equipo Martindale, son los que se indican en este capítulo

##### 4.1.1. Hilos

En el proceso seguido para obtener los hilos 100%, se obtuvieron los resultados que se indican a continuación.

**Materia prima.-** La fibra de alpaca importada del Perú, utilizada en la fabricación de los hilos es a partir de tops peinados, en los cuales ya está eliminado las fibras cortas, los neps y los desperdicios. Las cintas peinadas tienen un peso de 22 g/m. Se alimenta al proceso alpaca cruda, si tinturar.



*Figura 32. Tops peinados de fibra de alpaca*

**Estirado y doblado.-** En este proceso se dan 4 pasos de Gill, se alimenta al inicio 20g/m y se obtiene en el último paso 6g/m. Se utilizan los Gill Intersecting, que tienen dos campos de peines.



*Figura 33. Cintas obtenidas en los Gill Intersecting*

**Estirado y falso torcido.-** Para este proceso se utilizó el finisor de bandas, en este se alimenta dos cintas de 6 g/m provenientes del último gill y se obtiene dos mechas con un peso conjunto enrollado en una bobina con un peso de 1,2 g/m. La cohesión interfibra en este proceso se lo hace por medio de frotación, por medio de los frotadores que poseen los finisores. En la figura siguiente se observa un finisor de bandas con las bobinas de alpaca formadas.



*Figura 34. Mechas obtenidas en el finisor*

**Hilado.-** Las mechas del finisor se alimentan a una Hila en la cual se obtienen los títulos y torsiones definitivas, que son los que se utilizaron en la fabricación de las muestras de tejidos.



*Figura 35. Hilos de alpaca obtenidos en la hila*

Para obtener los títulos planificados se altera únicamente el estiraje, cambiando la velocidad de alimentación, que es lo que permite la hila en la que se elaboraron los hilos. Los títulos obtenidos se indican en la siguiente tabla.

*Tabla 5. Datos técnicos del proceso de obtención de los hilos*

<b>PARÁMETROS HILOS DE ALPACA</b>			
<b>PESO ALIMENTADO (g/m)</b>	<b>ESTIRAJE</b>	<b>PESO PRODUCIDO (g/m)</b>	<b>Hilo Producido (Nm)</b>
1,20	1,82	0,66	<b>1,5</b>
1,20	2,20	0,55	<b>1,8</b>
1,20	2,50	0,48	<b>2,1</b>
1,20	2,90	0,41	<b>2,4</b>

En la tabla se observa que en los títulos reales obtenidos son con dos decimales; sin embargo, para identificación en este trabajo de investigación se les identifica como 1,5 Nm; 1,8 Nm; 2,1 Nm y 2,4 Nm.

#### 4.1.2. Muestras de tejidos de alpaca.

Las muestras de alpaca fueron tejidas a mano con dimensiones de 18cm por 18cm, consiguiéndose un área total de  $324\text{cm}^2$ , área suficiente para obtener las muestras con un área útil para poder ser analizadas en el equipo de análisis de pilling Martindale. El tejido a mano se lo hizo con agujetas. Las muestras también se les conoce con el nombre de SWATCH. En la figura que sigue se puede distinguir dos muestras elaboradas con hilo 1,8 Nm, muestras que serán colocadas en el equipo que permite analizar la formación de pilling.



*Figura 36. Swatch tejidos a mano*

Para tejer los swatch con cada uno de los títulos de hilos con las cinco torsiones diferentes se utilizó un número de agujeta, esto con el fin de obtener el tejido para cada título, sin importar las torsiones que tenga el hilo. Con esto, para los cuatro títulos se hizo el tejido con cuatro agujetas.

Las veinte muestras de tejido tienen la misma área, pero diferente peso debido a los diferentes títulos de hilo utilizados en su elaboración.

Las muestras fueron tejidas con hilo color crudo, esto para que el proceso de tintura y el colorante no influyan en los resultados del análisis.

Las agujetas utilizadas se indican en la siguiente tabla:

Tabla 6. Tipo de agujetas utilizadas en la elaboración de los swatch

<b>MUESTRA</b>	<b>TITULO HILO UTILIZADO (Nm)</b>	<b>NRO. AGUJETA UTILIZADA</b>
M1	1,5	2,0
M2	1,5	2,0
M3	1,5	2,0
M4	1,5	2,0
M5	1,5	2,0
M6	2,1	2,5
M7	2,1	2,5
M8	2,1	2,5
M9	2,1	2,5
M10	2,1	2,5
M11	2,1	3,0
M12	2,1	3,0
M13	2,1	3,0
M14	2,1	3,0
M15	2,1	3,5
M16	2,4	3,5
M17	2,4	3,5
M18	2,4	3,5
M19	2,4	3,5
M20	2,4	3,5

#### **4.1.3. Análisis de muestras en el equipo Martindale**

Para analizar las muestras se procedió primeramente a identificar cada una de las muestras mediante el código indicado en la tabla 6, para luego proceder con el corte. Posteriormente las muestras se colocaron en los dispositivos del equipo Martindale identificando la posición de la muestra con el código respectivo, esto para no confundir las muestras.



Figura 37. Equipo Martindale, laboratorio Carrera Ingeniería Textil. UTN.

De acuerdo al procedimiento indicado en la parte de metodología, se procede con las pruebas de frotación aplicando presión en el área superficial de las muestras a intervalos de 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 y 3500 frotaciones.

Cada vez que las muestras ya frotadas de acuerdo al número de frotaciones indicadas anteriormente, se para el funcionamiento del equipo y se procede a comparar cada una de las cinco muestras que se están analizando con los cinco patrones para valorar el pilling producido. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 7. El análisis de una muestra en el equipo Martindale termina cuando se llega a obtener el grado 1, es decir cuando a un determinado ciclo la muestra tiene pilling en abundancia, de acuerdo al grado 1 de la escala de pilling.

Los resultados obtenidos se indican en las tablas 7, 8, 9 y 10, en donde cada tabla contiene los resultados de cinco muestras de un mismo título. También, luego de cada tabla se tiene unas figuras que representan los datos de las tablas, en estas se puede apreciar mejor los datos de grados pilling obtenidos del análisis de las muestras.

Tabla 7. Resultados del análisis de frotación swatch con hilo 1,5 Nm

GRADO DE PILLING CON HILO 1,5 Nm					
CICLOS FROTACIÓN	M1	M2	M3	M4	M5
	86 t/m	90 t/m	94 t/m	98 t/m	102 t/m
500	5	5	5	5	5
1000	3	3	4	4	4
1500	3	3	3	3	4
2000	1	3	3	3	3
2500		1	1	2	2
3000				1	1
3500					

En la tabla 7 se puede observar los valores de los grados pilling obtenidos de cada una de las muestras, valores que van desde el 1 hasta el 5. Las muestras se identifican por la letra M seguida de un número que identifica a cada una de las muestras. Se observa también los ciclos de frotación a los cuales a los cuales fueron obtenidos los grados pilling.

En las tablas siguientes; la 8, la 9 y la 10 tiene la misma estructura y representan los grados pilling de las muestras con hilos 1,8; 2,1; y 2,4.

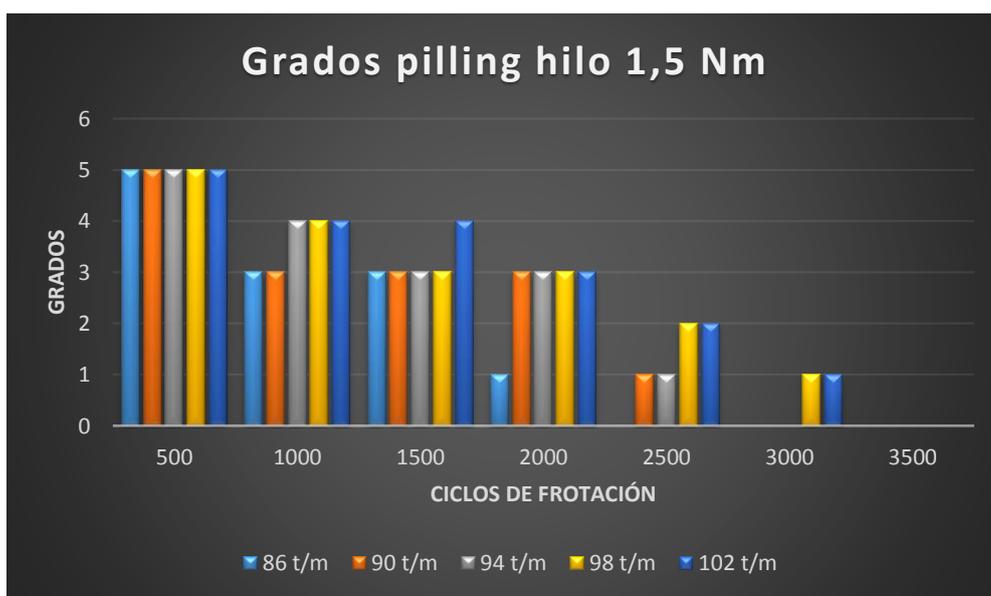


Figura 38. Grados pilling de muestras con hilo 1,5 Nm.

En la figura anterior se aprecia más claramente los valores de grado pilling para las cinco muestras con cinco torsiones de hilo, torsiones que van desde 86 t/m hasta 102 t/m. Se observa también, los grados obtenidos y medidos en los siete ciclos de frotación.

A 500 ciclos se observa que las cinco muestras alcanzan el grado 5, que significa que el tejido no tiene pilling; sin embargo, se aprecia que a 3500 ciclos ninguna de las muestras ha llegado a analizarse, por cuanto el análisis termina cuando la muestra a llegado a grado 1.

En las figuras siguientes, la 39, 40 y 41, se tiene los mismos datos, información y estructura.

Tabla 8. Resultados del análisis de frotación swatch con hilo 1,8 Nm

GRADO DE PILLING CON HILO 1,8 Nm					
CICLOS FROTACIÓN	M6	M7	M8	M9	M10
	94 t/m	98 t/m	102 t/m	106 t/m	110 t/m
500	5	5	5	5	5
1000	4	4	4	4	4
1500	3	3	3	4	4
2000	2	2	2	3	3
2500	1	1	2	2	3
3000			1	1	2
3500					1

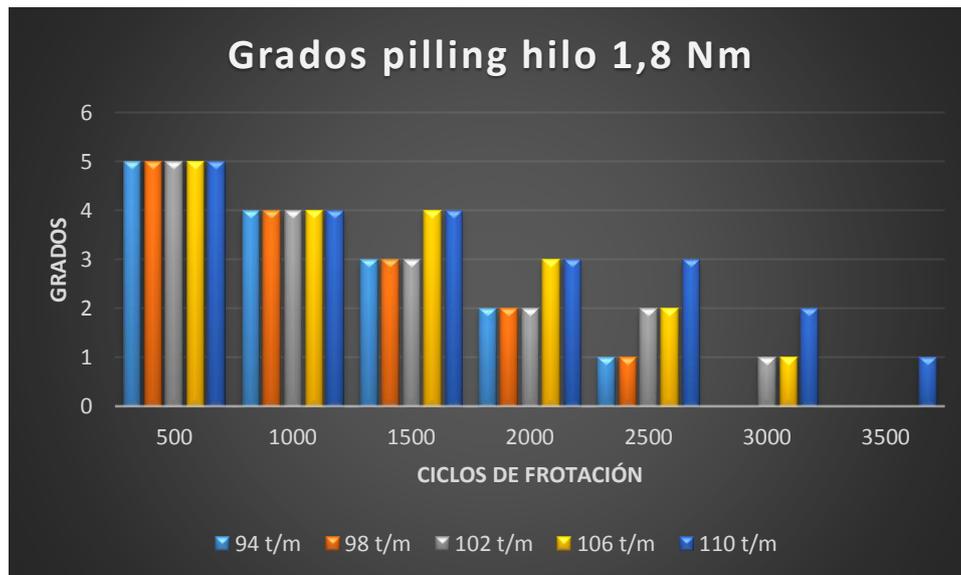


Figura 39. Grados pilling de muestras con hilo 1,8 Nm.

Tabla 9. Resultados del análisis de frotación swatch con hilo 2,1 Nm

GRADO DE PILLING CON HILO 2,1 Nm					
CICLOS FROTACIÓN	M11	M12	M13	M14	M15
	102 t/m	106 t/m	110 t/m	114 t/m	118 t/m
500	5	5	5	5	5
1000	4	4	4	5	5
1500	3	3	4	4	4
2000	2	3	3	4	3
2500	1	2	2	3	3
3000		1	1	2	2
3500				1	1

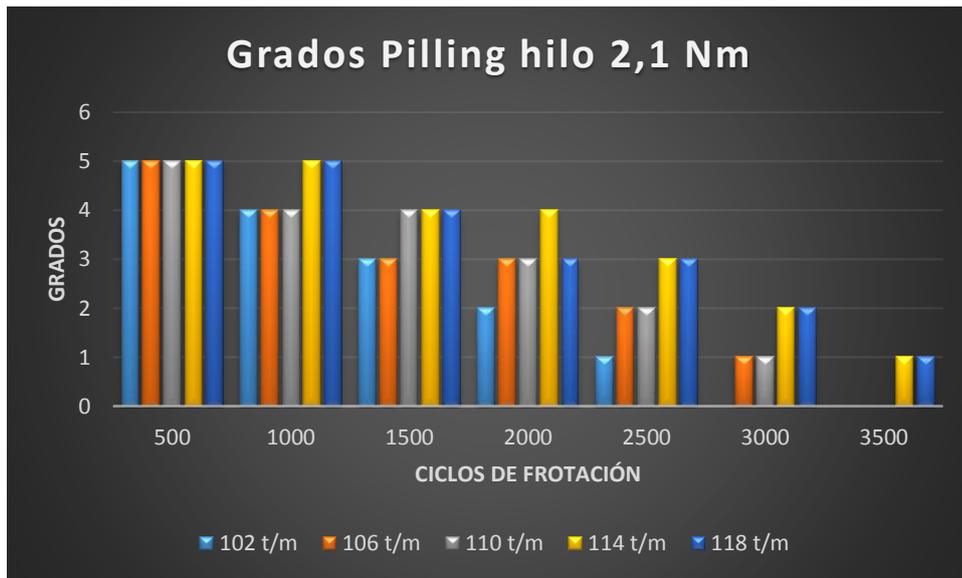


Figura 40. Grados pilling de muestras con hilo 2,1 Nm.

Tabla 10. Resultados del análisis de frotación swatch con hilo 2,4 Nm

GRADO DE PILLING CON HILO 2,4 Nm					
CICLOS FROTACIÓN	M16	M17	M18	M19	M20
	110 t/m	114 t/m	118 t/m	122 t/m	126 t/m
500	5	5	5	5	5
1000	4	5	5	5	5
1500	4	4	4	4	4
2000	3	4	4	4	4
2500	2	2	2	3	3
3000	1	1	2	2	2
3500			1	1	1

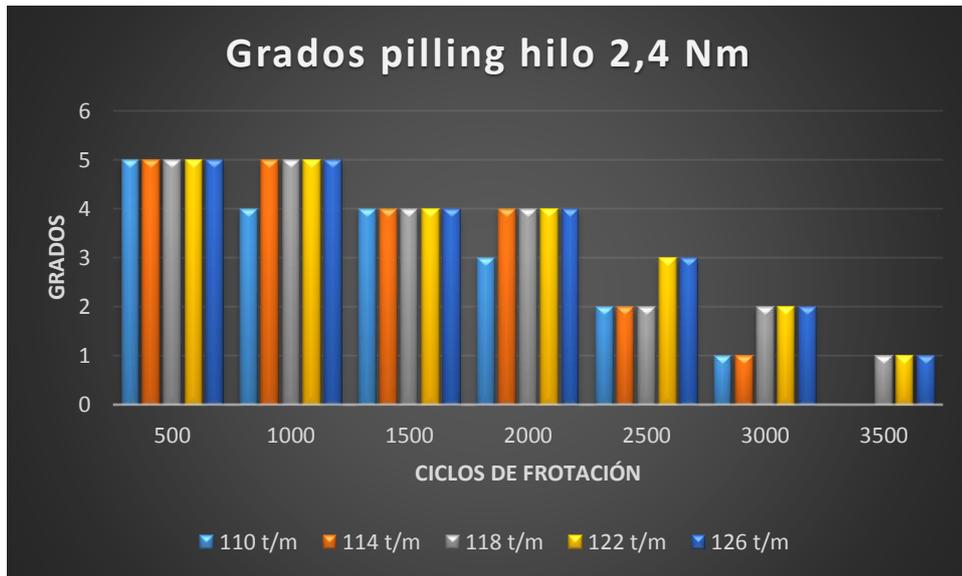


Figura 41. Grados pilling de muestras con hilo 2,4 Nm.

## 4.2. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

El análisis de los valores obtenidos se realizó mediante la estadística descriptiva, con medidas de tendencia central y de dispersión, la media y el coeficiente de variación, a través de un análisis comparativo entre los valores obtenidos para cada uno de los títulos de hilo y para cada una de las torsiones de los hilos que se utilizaron en las veinte muestras de tejido. Al final se relaciona los valores obtenidos con los diferentes títulos y torsiones para determinar si es el título del hilo o las torsiones del hilo son las que influyen en mayor o menor grado en la formación del pilling.

### 4.2.1 Normalidad de los datos

Antes de someter los datos al análisis estadístico se procede a someter a los valores de los grados de pilling obtenidos del análisis de las muestras al test de normalidad. Este test indica que los datos pueden ser sometidos o no ser sometidos a tratamientos estadísticos.

En las tablas 11, 12, 13 y 14 se indican los valores de normalidad que se obtienen a los sometidos al test de normalidad de los grados pilling de las muestras con hilos 1,5 Nm; 1,8 Nm; 2,1 Nm y 2,4 Nm respectivamente.

Tabla 11. Normalidad de los grados de pilling, de las muestras con hilo 1,5 Nm.

TEST DE NORMALIDAD MUESTRAS HILO 1,5 Nm					
	M1	M2	M3	M4	M5
	86 t/m	90 t/m	94 t/m	98 t/m	102 t/m
N	6	6	7	7	7
Shapiro-Wilk W	0,958	0,8634	0,8795	0,9151	0,9151
p(normal)	0,8043	0,201	0,2244	0,4324	0,4324
Anderson-Darling A	0,2198	0,4291	0,4298	0,3002	0,3002
p(normal)	0,7079	0,1977	0,214	0,4824	0,4824
p(Monte Carlo)	0,7904	0,2197	0,2373	0,5277	0,528
Lilliefors L	0,2144	0,2862	0,2434	0,2187	0,2187
p(normal)	0,5242	0,1277	0,2378	0,3929	0,3929
p(Monte Carlo)	0,5228	0,1319	0,2409	0,4086	0,4054
Jarque-Bera JB	0,4248	0,7171	0,7326	0,6118	0,6118
p(normal)	0,8086	0,6987	0,6933	0,7365	0,7365
p(Monte Carlo)	0,7052	0,3066	0,3534	0,5008	0,489

En la tabla 11 se aprecia que ningún valor es inferior a 0,05 lo que significa que todos los datos superan el nivel de confianza mínimo y pueden ser sometidos a tratamientos estadísticos.

Tabla 12. Normalidad de los grados de pilling, de las muestras con hilo 1,8 Nm.

TEST DE NORMALIDAD MUESTRAS HILO 1,8 Nm					
	M6	M7	M8	M9	M10
	94 t/m	98 t/m	102 t/m	106 t/m	110 t/m
N	6	6	7	7	7
Shapiro-Wilk W	0,958	0,8634	0,8795	0,9151	0,9151
p(normal)	0,8043	0,201	0,2244	0,4324	0,4324
Anderson-Darling A	0,2198	0,4291	0,4298	0,3002	0,3002
p(normal)	0,7079	0,1977	0,214	0,4824	0,4824
p(Monte Carlo)	0,7876	0,216	0,2269	0,515	0,5183
Lilliefors L	0,2144	0,2862	0,2434	0,2187	0,2187
p(normal)	0,5242	0,1277	0,2378	0,3929	0,3929
p(Monte Carlo)	0,5321	0,1395	0,2451	0,4084	0,4041
Jarque-Bera JB	0,4248	0,7171	0,7326	0,6118	0,6118
p(normal)	0,8086	0,6987	0,6933	0,7365	0,7365
p(Monte Carlo)	0,7037	0,3092	0,3541	0,5002	0,4891

En la tabla 12, se observa también que todos los dato pueden ser sometidos a tratamientos estadísticos.

*Tabla 13. Normalidad de los grados de pilling, de las muestras con hilo 2,1 Nm.*

<b>TEST DE NORMALIDAD MUESTRAS HILO 2,1 Nm</b>					
	M11	M12	M13	M14	M15
	102 t/m	106 t/m	110 t/m	114 t/m	118 t/m
N	6	6	7	7	7
Shapiro-Wilk W	0,958	0,8634	0,8795	0,9151	0,9151
p(normal)	0,8043	0,201	0,2244	0,4324	0,4324
Anderson-Darling A	0,2198	0,4291	0,4298	0,3002	0,3002
p(normal)	0,7079	0,1977	0,214	0,4824	0,4824
p(Monte Carlo)	0,7803	0,2082	0,2259	0,5261	0,5202
Lilliefors L	0,2144	0,2862	0,2434	0,2187	0,2187
p(normal)	0,5242	0,1277	0,2378	0,3929	0,3929
p(Monte Carlo)	0,527	0,1271	0,2465	0,4104	0,4067
Jarque-Bera JB	0,4248	0,7171	0,7326	0,6118	0,6118
p(normal)	0,8086	0,6987	0,6933	0,7365	0,7365
p(Monte Carlo)	0,7113	0,3074	0,3552	0,4954	0,4931

En esta tabla 13, se tiene igual un nivel de confianza de los datos que pueden ser tratados estadísticamente.

*Tabla 14. Normalidad de los grados de pilling, de las muestras con hilo 2,4 Nm.*

<b>TEST DE NORMALIDAD MUESTRAS HILO 2,4</b>					
	M16	M17	M18	M19	M20
	110 t/m	114 t/m	118 t/m	122 t/m	126 t/m
N	6	6	7	7	7
Shapiro-Wilk W	0,958	0,8634	0,8795	0,9151	0,9151
p(normal)	0,8043	0,201	0,2244	0,4324	0,4324
Anderson-Darling A	0,2198	0,4291	0,4298	0,3002	0,3002
p(normal)	0,7079	0,1977	0,214	0,4824	0,4824
p(Monte Carlo)	0,78	0,2127	0,227	0,5238	0,5405
Lilliefors L	0,2144	0,2862	0,2434	0,2187	0,2187
p(normal)	0,5242	0,1277	0,2378	0,3929	0,3929
p(Monte Carlo)	0,5341	0,1313	0,2429	0,4031	0,4008
Jarque-Bera JB	0,4248	0,7171	0,7326	0,6118	0,6118
p(normal)	0,8086	0,6987	0,6933	0,7365	0,7365
p(Monte Carlo)	0,6996	0,3095	0,3481	0,4973	0,4937

Y también, el nivel de confianza de los datos de la tabla 14 son aceptables por lo que también estos datos pueden ser tratados estadísticamente.

En general se indica que los datos de las pruebas de análisis de pilling, indicados en las tablas 11, 12, 13, 14 han superado el valor mínimo de las pruebas Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Lilliefors L y Jarque-Bera JB; lo que indica, que existe normalidad en todos los datos y estos pueden ser sometidos a tratamientos estadísticos. Según estas pruebas de referencia, el nivel de confianza de todos los parámetros es superior a 0,05%.

#### 4.2.2. Análisis de resultados mediante estadística descriptiva

Este análisis se lo hace con los valores de los grados pilling obtenidos de las pruebas de las muestras en el equipo Martindale, muestras que han sido sometidas a los ciclos de frotación. Los grados pilling son el resultado de la comparación de la muestra tratada con la escala de pilling según la norma utilizada.

Para describir los valores obtenidos se utiliza la estadística descriptiva, en donde se utiliza principalmente la media y el coeficiente de variación expresado en porcentaje. Con estos parámetros se realizará un análisis estadístico mismo que permita determinar la relación que tiene la torsión y el título en la formación de pilling.

En las tablas siguientes se indican se indican los datos estadísticos obtenidos para todas las muestras, según los cuatro títulos de hilo utilizados.

*Tabla 15. Resumen estadístico de grados de pilling obtenidos con muestras hilo 1,5 Nm*

RESUMEN ESTADÍSTICO MUESTRAS CON HILO 1,5					
VALORES	M1	M2	M3	M4	M5
	86 t/m	90 t/m	94 t/m	98 t/m	102 t/m
N	4	5	5	6	6
Min	1	1	1	1	1
Max	5	5	5	5	5
Sum	12	15	16	18	19
Mean	3	3	3,2	3	3,166667
Std. error	0,8164966	0,6324555	0,663325	0,5773503	0,6009252
Variance	2,666667	2	2,2	2	2,166667
Stand. dev	1,632993	1,414214	1,48324	1,414214	1,47196
Median	3	3	3	3	3,5
Coeff. var	54,43311	47,14045	46,35124	47,14045	46,48295

Tabla 16. Resumen estadístico de grados de pilling obtenidos con muestras hilo 1,8 Nm

<b>RESUMEN ESTADÍSTICO MUESTRAS CON HILO 1,8</b>					
<b>VALORES</b>	M6	M7	M8	M9	M10
	94 t/m	98 t/m	102 t/m	106 t/m	110 t/m
N	5	5	6	6	7
Min	1	1	1	1	1
Max	5	5	5	5	5
Sum	15	15	17	19	22
Mean	3	3	2,833333	3,166667	3,142857
Std. error	0,7071068	0,7071068	0,6009252	0,6009252	0,5084323
Variance	2,5	2,5	2,166667	2,166667	1,809524
Stand. dev	1,581139	1,581139	1,47196	1,47196	1,345185
Median	3	3	2,5	3,5	3
Coeff. var	52,70463	52,70463	51,95153	46,48295	42,80135

Tabla 17. Resumen estadístico de grados de pilling obtenidos con muestras hilo 2,1 Nm

<b>RESUMEN ESTADÍSTICO MUESTRAS CON HILO 2,1</b>					
<b>VALORES</b>	M11	M12	M13	M14	M15
	102 t/m	106 t/m	110 t/m	114 t/m	118 t/m
N	5	6	6	7	7
Min	1	1	1	1	1
Max	5	5	5	5	5
Sum	15	18	19	24	23
Mean	3	3	3,166667	3,428571	3,285714
Std. error	0,7071068	0,5773503	0,6009252	0,5714286	0,5654449
Variance	2,5	2	2,166667	2,285714	2,238095
Stand. dev	1,581139	1,414214	1,47196	1,511858	1,496026
Median	3	3	3,5	4	3
Coeff. var	52,70463	47,14045	46,48295	44,09586	45,53124

Tabla 18. Resumen estadístico de grados de *pilling* obtenidos con muestras hilo 2,4 Nm

RESUMEN ESTADÍSTICO MUESTRAS CON HILO 2,4					
VALORES	M16	M17	M18	M19	M20
	110 t/m	114 t/m	118 t/m	122 t/m	126 t/m
N	6	6	7	7	7
Min	1	1	1	1	1
Max	5	5	5	5	5
Sum	19	21	23	24	24
Mean	3,166667	3,5	3,285714	3,428571	3,428571
Std. error	0,6009252	0,6708204	0,6060915	0,5714286	0,5714286
Variance	2,166667	2,7	2,571429	2,285714	2,285714
Stand. dev	1,47196	1,643168	1,603567	1,511858	1,511858
Median	3,5	4	4	4	4
Coeff. var	46,48295	46,94765	48,80423	44,09586	44,09586

En las tablas 15, 16, 17 y 18 se hace una descripción estadística de los grados *pilling* obtenidos del análisis de las muestras, mediante valores como:

- **N** que representa el número de ciclos que ha alcanzado la muestra;
- **Min** que indica el grado mínimo que alcanza la muestra;
- **Max** que indica el grado máximo al que llega la muestra;
- **Mean** que es la media de los grados para cada muestra, media del grado calculada de acuerdo a todos los ciclos al que se ha sometido la muestra;
- **Coeff. Var** que es el coeficiente de variación de todos los grados de cada muestra.

De todos los valores indicados anteriormente, el valor que se utiliza para este análisis es la **MEDIA**, con este se realizará la comparación y la relación de los grados *pilling* tanto en función del título del hilo, como de la torsión del hilo y con relación a los ciclos de frotación al que se someten las muestras.

En las tablas se tiene el valor de la media de los grados *pilling* de cada una de las muestras, a partir de estas se saca la **MEDIA TOTAL**, que representa al promedio de todos los grados obtenidos de las cinco muestras analizadas por cada título de hilo.

En resumen, se indica que para el análisis estadístico posterior se utilizarán la **MEDIA** de los valores de grados pilling de cada muestra obtenidas de acuerdo a los ciclos de frotación sometidos y también se utilizara la **MEDIA TOTAL**.

#### 4.2.1. Grados de pilling en relación con el título

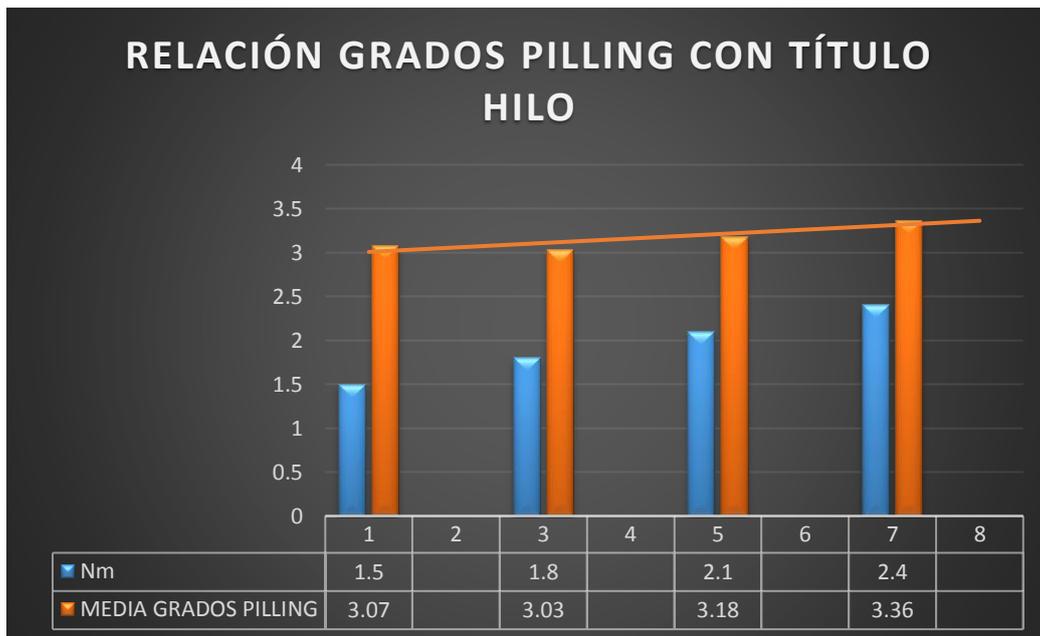
Para este análisis se considera las **media total** de grados pilling, resultado del promedio de las cinco medias por cada título de hilo. Los datos de este análisis se observa en la siguiente tabla.

Tabla 19. Media total de grados pilling en relación al título

PILLING EN RELACIÓN AL TÍTULO DEL HILO								
MUESTRA HILO (Nm)		M1	M2	M3	M4	M5	MEDIA TOTAL	COEFF. VAR TOTAL
1,5	Mean	3	3	3,2	3	3,166667	<b>3,07</b>	
	Coeff. var	54,43311	47,14045	46,35124	47,14045	46,48295		<b>48,31</b>
1,8	Mean	3	3	2,833333	3,166667	3,142857	<b>3,03</b>	
	Coeff. var	52,70463	52,70463	51,95153	46,48295	42,80135		<b>49,33</b>
2,1	Mean	3	3	3,166667	3,428571	3,285714	<b>3,18</b>	
	Coeff. var	52,70463	47,14045	46,48295	44,09586	45,53124		<b>47,19</b>
2,4	Mean	3,166667	3,5	3,285714	3,428571	3,428571	<b>3,36</b>	
	Coeff. var	46,48295	46,94765	48,80423	44,09586	44,09586		<b>46,09</b>

En la tabla se aprecia que las medias totales de los grados pilling para cada título no tienen mucha variación entre ellas, aunque se ve que los grados de resistencia al pilling aumentan cuando el título del hilo aumenta, es decir se tiene una relación directa entre los grados pilling con el título del hilo. En la tabla mencionada se observa también que el **coeficiente de variación total**, resultado del promedio de los coeficientes de variaciones de los datos de cada muestra, se mantienen al mismo nivel, para los cuatro títulos de hilo, esto nos indica que los grados pilling en los cuatro títulos de hilo tienen dispersión de grados pilling, en relación a la media, similares.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de pilling en relación al título de hilo.



*Figura 42. Tendencia de la media de grados pilling en función del título del hilo*

En la figura 42 se ve claramente que los grados pilling, representados por la barra naranja, aumentan mientras el título del hilo, representado por la barra azul, también aumenta; es decir, la relación entre la torsión y el título del hilo, en Nm, es directamente proporcional.

#### **4.2.2. Grados de pilling en relación con la torsión**

Para este análisis se considera todas las torsiones de todos los 20 hilos utilizados en las 20 muestras de los tejidos swatch analizados. En la tabla 20 se dispone los grados obtenidos del análisis de las muestras según las torsiones de los hilos.

Tabla 20. Grados pilling en relación a las torsiones del hilo

PILLING EN RELACIÓN A LAS TORSIONES DEL HILO												
TITULO Nm	CICLOS FROTACIÓN	TORSIONES POR METRO (t/m)										
		86	90	94	98	102	106	110	114	118	122	126
1,5	500	5	5	5	5	5						
	1000	3	3	4	4	4						
	1500	3	3	3	3	4						
	2000	1	3	3	3	3						
	2500		1	1	2	2						
	3000				1	1						
	3500											
1,8	500			5	5	5	5	5				
	1000			4	4	4	4	4				
	1500			3	3	3	4	4				
	2000			2	2	2	3	3				
	2500			1	1	2	2	3				
	3000					1	1	2				
	3500							1				
2,1	500					5	5	5	5	5		
	1000					4	4	4	5	5		
	1500					3	3	4	4	4		
	2000					2	3	3	4	3		
	2500					1	2	2	3	3		
	3000						1	1	2	2		
	3500								1	1		
2,4	500							5	5	5	5	5
	1000							4	5	5	5	5
	1500							4	4	4	4	4
	2000							3	4	4	4	4
	2500							2	2	2	3	3
	3000							1	1	2	2	2
	3500									1	1	1

Para hacer el análisis se calcula la media total para cada una de las torsiones. Media que resulta del promedio total de las torsiones de los hilos analizados, independientemente del título del hilo. En la tabla 21 se tiene los valores de los medios totales para cada torsión de hilo.

Tabla 21. Media total y coeficiente de variación de los grados pilling en relación a las torsiones del hilo

MEDIA Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN EN RELACIÓN A LAS TORSIONES DEL HILO (t/m)											
PARMET.	TORSIONES POR METRO (t/m)										
	86	90	94	98	102	106	110	114	118	122	126
N	4	5	10	11	17	12	19	13	14	7	7
Mean	3,00	3,00	3,10	3,00	3,00	3,08	3,16	3,46	3,29	3,43	3,43
Coeff. var	54,43	47,14	46,75	47,14	47,14	44,72	42,57	43,52	45,34	44,10	44,10

En la tabla se aprecia la media, que representa a los grados pilling promedio para cada torsión, que es mayor mientras el título del hilo también aumenta; sin embargo, el coeficiente de variación disminuye mientras aumenta el título. La tendencia de estos datos se puede visualizar mejor en los siguientes gráficos:

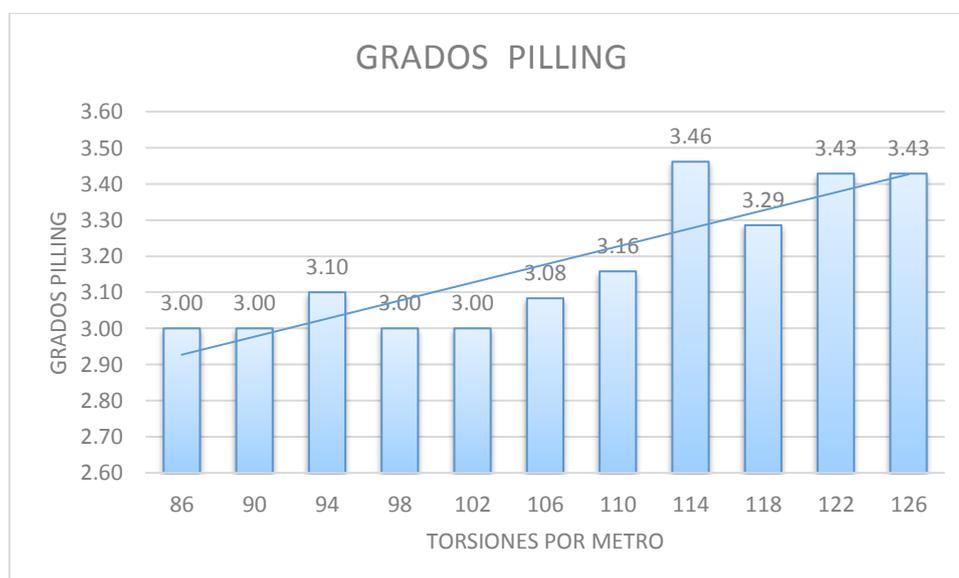


Figura 43. Tendencia de los grados pilling en función de la torsión de los hilos

En la figura anterior se aprecia la línea azul, línea que representa a los grados pilling, que tiene una tendencia a subir mientras la torsión del hilo aumenta. Es decir, que la relación entre la torsión de los hilos y los grados pilling es directamente proporcional. Un dato importante que se considera en la relación pilling y torsión es el coeficiente de variación de los valores de pilling, y que es inversamente proporcional a las torsiones.

### 4.2.3. Grados de pilling en relación al título y la torsión.

De acuerdo a los análisis realizados anteriormente, se observa que el valor del grado pilling, calculado a partir de las medias de los datos obtenidos en las pruebas de las muestras en el equipo Martindale, es directamente proporcional tanto al título del hilo en Nm ( Figura 42); como al número de torsiones (Figura 43). Es decir, a mayor título mayor grado pilling y a mayor número de torsiones mayor grado pilling.

Sin embargo, haciendo un análisis de los coeficientes de variación de los valores medios de los grados pilling, se observa que la relación es indirecta. Esto se puede observar en las siguientes figuras:

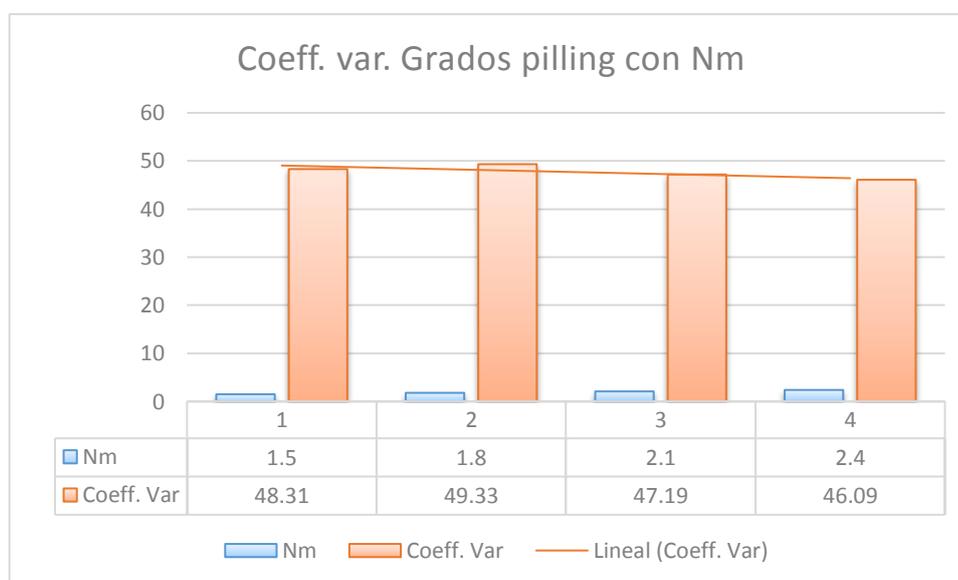


Figura 44. Tendencia del coeficiente de variación del grado pilling en relación al título del hilo

En la figura 44 se observa que la relación del coeficiente de variación en función del título del hilo es indirecta, es decir que mientras sube el título del hilo, existe menos dispersión de los valores pilling en relación a la media de los datos.

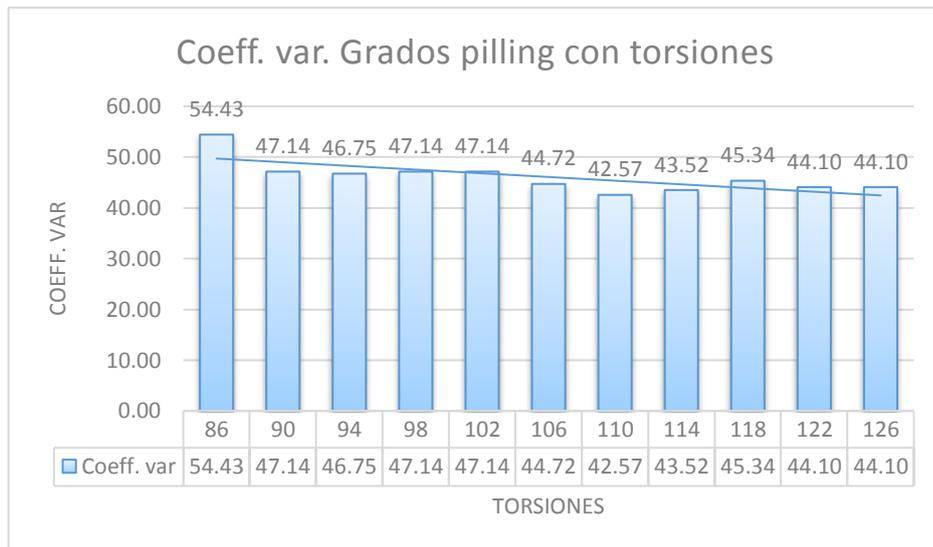


Figura 45. Tendencia del coeficiente de variación del grado pilling en relación a la torsión del hilo

También, al igual que la relación coeficiente de variación título, la relación coeficiente de variación de valores grados pilling con las torsiones es indirecta. En la figura 45 se aprecia esta tendencia, que mientras suben las torsiones el coeficiente de variación disminuye.

Si se hace una comparación de los coeficientes de variaciones medios totales en los dos tipos de relaciones indicadas, coeficiente de variación del grado pilling en relación al título del hilo y coeficiente de variación del grado pilling en relación a la torsión del hilo, se podrá determinar cuál de los dos factores es que influye en mayor grado en la formación de pilling. Esta comparación se indica en la siguiente figura:

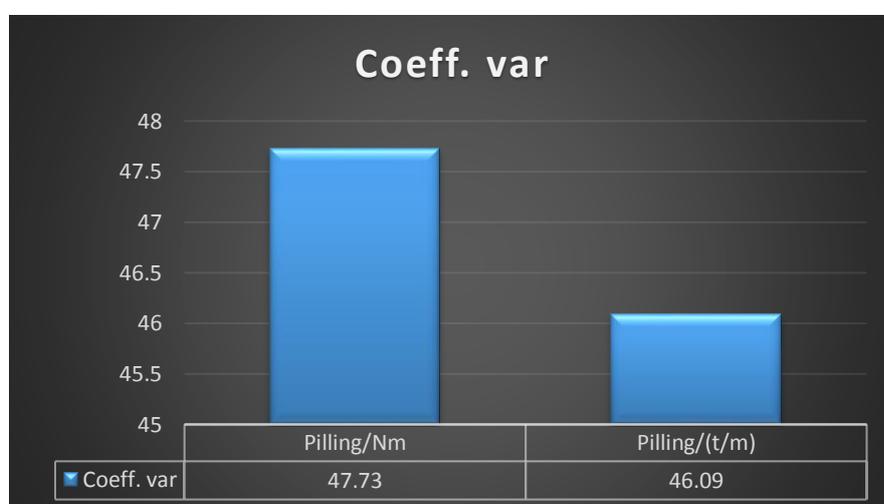


Figura 46. Coeficiente de variación Grados de pilling en relación al título y la torsión.

En la figura 46 se distingue que el coeficiente de variación de los grados pilling en

relación al título del hilo es mayor que el coeficiente de variación en relación a la torsión; esto significa que, existe más variación de los valores en relación al título del hilo.

Por los datos obtenidos en el análisis estadístico de los valores de grados pilling resultado de las pruebas de pilling a los tejidos con hilos de alpaca 100% en el equipo de testeo de pilling Martindale; y de acuerdo a lo indicado en los objetivos planteados para esta investigación se puede establecer que tanto el título en Nm, así como la cantidad de torsiones tienen una relación directamente proporcional a los grados pilling, o lo que es lo mismo que tiene una relación inversa a la formación de pilling.

Finalmente, de acuerdo al coeficiente de variación indicado en la figura 46, en donde es mayor en la relación pilling título, se puede también establecer que en la formación de pilling en los tejidos de alpaca, el título tiene mayor grado de influencia que la torsión.

## CAPITULO IV

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en las cuales se desarrolló esta investigación, usando un solo tipo de alpaca en las muestras de tejidos, muestras de tejidos de punto tejidas a mano, pruebas de pilling realizadas en el equipo Martindale a 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 y 3500 ciclos de frotación, valores obtenidos de resistencia al pilling expresados en grados pilling y otras más; se llegó a establecer las siguientes conclusiones:

Con el desarrollo de este trabajo se logró determinar exitosamente la influencia que tienen el título y las torsiones del hilo en la resistencia a la formación de pilling en los tejidos de alpaca 100%. La investigación que estuvo enfocada a determinar en qué grado influyen el título del hilo y la torsión del hilo en la formación de pilling, llegó a concluir que el título tiene mayor grado de influencia que la torsión. (Fig. 46)

Mediante el test de normalidad al que fueron sometidos todos los valores de grados pilling obtenidos en las pruebas de pilling, se determinó que estos superaron todas las pruebas del test, Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Lilliefors L y Jarque-Bera JB; lo que indica, que existió normalidad en todos los datos y estos pudieron ser sometidos a tratamientos estadísticos. Según estas pruebas de referencia, el nivel de confianza de todos los parámetros fue superior a 0,05 de p (normal) que es lo mínimo aceptable en cualquier análisis. (Tablas. 11,12,13 y 14)

Haciendo la relación entre la media total de los grados de pilling obtenidos con el título del hilo de la muestra de tejido, se observa que no existe mucha diferencia de las medias de grados pilling de los títulos 1,4Nm; 1,8Nm, 2,1Nm y 2,4Nm; sin embargo se observa que los grados de resistencia al pilling aumentan cuando el título del hilo aumenta, relación que puede observarse en la figura 42; razones por la cuales, se concluye que la formación de pilling en tejidos de alpaca tiene una relación directa con el grado de pilling, es decir que a mayor título mayor es el grado de resistencia a la formación de pilling.

Haciendo una relación de la torsión con la formación de pilling, a partir de los datos obtenidos en las pruebas de pilling mismos que se pueden observar en la tabla 20, se

concluye que la torsión influye directamente con los grados pilling; es decir que a mayor número de torsiones se obtiene un mayor grado de resistencia a la formación de pilling.

Si se analizan los datos de los coeficientes de variación en las relaciones grados pilling con título del hilo y grados pilling con las torsiones del hilo, se observa que en ambos casos el coeficiente de variación es inversamente proporcional al título y a la torsión, figuras 44 y 45; es decir, que mientras aumenta el título del hilo la dispersión de los grados pilling con relación a la media es menor y también, mientras suben las torsiones, la dispersión de los valores pilling con relación a la media disminuyen.

Considerando que el coeficiente de variación promedio de los grados pilling relacionado con el título del hilo que es de 47,73%; y que es mayor que, el coeficiente de variación promedio de los grados pilling relacionados con la torsión del hilo que es de 46,09%, se establece finalmente que **el título del hilo tiene mayor influencia en el grado de resistencia a la formación de pilling que la torsión**, en los tejidos de alpaca.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Los resultados y conclusiones de este trabajo, generan algunas pautas para realizar algunas investigaciones sobre este tema; es así por ejemplo, se podría también incluir a alpacas con diferentes finuras y así proporcionar información más completa a las personas que se dedican a producir prendas con alpaca.

El análisis de pilling se hizo en muestras de tejido de punto, sería recomendable también hacer este análisis en tejido plano, tejidos que también son utilizados en la fabricación de prendas de alpaca.

Finalmente; considerando que la cadena productiva textil de la fibra de alpaca tiene mucha influencia con el ambiente, especialmente en estos tiempos de mucha contaminación ambiental, se recomienda continuar con estudios que permitan el desarrollo del uso de alpaca en el sector productivo textil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, F., & Matta, W. y. (julio de 2001). PRODUCCIÓN COMERCIAL DE FIBRA FINA DE ALPACA MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE REPRODUCCIÓN ASISTIDA Y CRIANZA SEMI-INTENSIVA. (U. P. APLICADAS, Ed.) Lima, Perú.
- Aguirre, F., Matta, W., & Montero, J. (2011). PRODUCCIÓN COMERCIAL DE FIBRA FINA DE ALPACA MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN ASISTIDA Y CRIANZA SEMI-INTENSIVA (MEGACOM). 22. LIMA.
- Ahmed, M., & Slater, K. (1989). The Progressive Deterioration of Textile Materials Part IV: The Effect of Accelerator Abrasion on the Comfort Properties of Fabrics. *Journal of Text. Inst*, 80, págs. 279-284.
- Alvarez, N. (2012). El arte de los palitos de crochet y la orquilleta. (ITC, Ed.) *Moda Alpaca. Perfiles de Empresas Peruanas*, 33-35.
- Carrasco Tapicería. (17 de Julio de 2019). Obtenido de <http://www.tapiceriacarrasco.com/2015/07/pruebas-de-calidad-de-los-tejidos-i.html>
- Carrera, E. (2017). *Física Textil. Propiedades físicas para caracterizar las fibras textiles* (188 ed.). (U. P. Catalunya., Ed.) Terrasa.
- De los Ríos, E. (2012). LA HISTORIA DE LA ALPACA: «EL TESORO DE LOS ANDES». (C. d. ITC, Ed.) *MODA ALPACA PERFILES DE EMPRESARIAS PERUANAS*, 9-12.
- Esparza, D., Esparza, W., Rosero, E., & Rosero, P. (2017). *Procesos de hilatura Lanera*. Ibarra: Editorial Académica Española.
- FAO. (1966). *Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas* (Vol. 130). Roma.
- FAO. (1996). *Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas*. ONU.
- Fernandez, E. (2011). *ISUU. Consideraciones técnicas de la fibra de alpaca Huayaca y Suri*. Recuperado el 17 de octubre de 2018, de [https://issuu.com/armandofernandez82/docs/evaluaci\\_n\\_de\\_la\\_fibra\\_de\\_alpaca\\_flash](https://issuu.com/armandofernandez82/docs/evaluaci_n_de_la_fibra_de_alpaca_flash)
- Fieito. (23 de Julio de 2019). *Alpacas del ecuador*. Obtenido de [https://fieito.com/?attachment\\_id=5227](https://fieito.com/?attachment_id=5227)
- GallegosAcero, R. (2013). Índices Productivos de Alpacas del Centro de Investigación y Producción "La Raya". *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 15(2), 255-262.
- Gestión, R. (30 de septiembre de 2016). Prendas de alpaca para media estación: Un nicho de mercado para aprovechar en EE.UU. (GESTIÓN, Ed.) Recuperado el 7 de noviembre de 2018, de <https://gestion.pe/economia/prendas-alpaca-media-estacion-nicho-mercado-aprovechar-ee-uu-147977>
- Gintis, D., & Mead, E. (1959). The Mechanism of Pilling. *Textile Research Journal*, págs. 578-585.
- Group Michel. (s.f.). *The Alpaca's Habitat*. Recuperado el 6 de noviembre de 2018, de Sol Alpaca: [https://www.solalpaca.com/the\\_alpaca\\_story](https://www.solalpaca.com/the_alpaca_story)
- Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales, IIA, Facultad de Agronomía. (2007). *Estudio tecnológico sobre los tintes naturales extraídos de la cortesa de tres especies forestales cultivadas en Guatemala, para teñir fibras naturales que cumplan con especificaciones de calidad exigidas por el mercado*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

- ITC, C. d. (Octubre de 2012). Moda alpaca. Perfiles de Empresarias Peruanas. *Exportaciones para un desarrollo sostenible*. Perú.
- Jasinska, I. (2009). Assessment of a Fabric Surface after the Pilling Process Bases on Imagen Analysis. *17(2 (73))*.
- Kennedy, L. (2018 de Julio de 2018). Sick of pilling sweaters and yoga pants? Laundry pros are here to help. *TODAY*. Recuperado el 29 de 11 de 2018, de <https://www.today.com/home/how-stop-clothes-pilling-t131348>
- LABOTEX. (s,f). Pilling Principle.
- Lamborelle, M. (2012). MUJERES EMPRESARIALS TEJEN OPORTUNIDADES COMERCIALES CON LA MARCA PERÚ. (C. d. (ITC), Ed.) *PERFILES DE EMPRESARIAS PERUANAS-MODA ALPACA*, 15.
- Lockuan, F. (2012). *LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU CONTROL DE CALIDAD. HILANDERÍA* (Vol. III).
- Machaca, V., Bustinza, A., Corredor, F., Pucará, V., & Quishpe, E. (2017). Características de la Fibra de Alpaca, Huayaca de Cotaruse, Apurimac, Peru. *Rev Inv Vet Perú*.
- Mamburu, J., & Naik, A. (1976). Contribución al estudio del "pilling". (I. d. textil, Ed.) *Instituto de Investigación textil*(67).
- MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO. PERÚ. (s.f). Perfil de producto: PRENDAS DE ALPACA. Recuperado el 7 de Septiembre de 2018, de [https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio\\_exterior/plan\\_exportador/Penx\\_2025/PDM/EstadosUnidos/perfiles/15\\_Perfil\\_Alpaca/15\\_Perfil\\_Alpaca\\_EEUU6.pdf](https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/plan_exportador/Penx_2025/PDM/EstadosUnidos/perfiles/15_Perfil_Alpaca/15_Perfil_Alpaca_EEUU6.pdf)
- Naik, A., & López, F. (1984). Propensi ón al pildeo de los tejidos de mezclas de fibras. (INTEXTAR, Ed.) (86).
- Pacomarca. (29 de Noviembre de 2018). *Sostenibilidad Alpaca network*. Obtenido de <http://www.pacomarca.com/inca-esquila.html>
- Parodi, N. (2011). PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA CALIDAD DE LA FIBRA DE ALPACA QUE LIMITAN LA COMERCIALIZACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR EN EL MERCADO FRANCÉS. *Revista de Ciencias Empresariales de la Universidad San Martín de Porres*, 2(2), 21-29.
- Pocoroba, R. (Octubre de 2006). Análisis de los factores que determinan la formación del pilling en tejido de punto ( Tejido liso y tejido cerrojo cerrado). (I. P. Textil, Ed.) México.
- Quishpe, E. (2010). Estimación del progreso genético de seis esquemas de selección en alpacas (Vicugna pacos L.) Huayaca con tres modelos de evaluación en la región Altoandina de Huancavilca. 144. (U. N. Molina, Ed.) Lima.
- Quispe, E., Poma, A., & Purroy, A. (2013). CARACTERISTICAS PRODUCTIVAS Y TEXTILES DE LA FIBRA DE ALPACAS DE RAZA HUACAYA. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 1-29.
- Quispe, E., Rodriguez, R., & Iñiguez, L. y. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Animal Genetic Resources Information*, 1-14.
- Rodriguez, J. (2012). Art Atlas exporta al mundo. (ITC, Ed.) *Moda Alpaca. Perfiles de Empresas peruanas*, 21-25.
- Ruhul, A., & Rafiqul, R. (s,f). ANALYSIS OF PILLING PERFORMANCE OF DIFFERENT FABRIC STRUCTURES WITH RESPECT TO YARN COUNT AND PICK DENSITY. *ANNALS OF THE UNIVERSITY OF ORADEA FASCICLE OF TEXTILES, LEATHERWORK*, 14.
- Ruiz, C. (2013). Guía Técnica sobre la Elaboración de Tejidos de Punto en Máquinas Rectilíneas. Ibarra.
- Schuster, K. (1955). *Materias primas textiles*. (Calasto, Ed.) Barcelona.
- Sole, A. (mayo de 2014). El pilling en los artículos textiles. *3C Tecnología*, 3(1), 34-51.
- Tomasio, B. (2012). La capacitación y las ferias son la base de su negocio. (ITC, Ed.) *Moda Alpaca. perfiles de Empresas Peruanas*, 29.
- Villarroe, J. (1963). Un estudio de la fibra de alpaca. *Anales científicos UNALM*, 1, 246-274.

## ANEXOS

Anexo 1. Materia Prima, embalaje y top



Fuente: (Feito, 2019), IMBATEX

Anexo 2. Datos medios de algunas tipos de fibras de alpaca

Categoría	NTP ( $\mu\text{m}$ )	Fibra (%)
Baby	<23.0	53.10
Fleece	23.1 – 26.5	26.90
Medium fleece	26.6 – 29.0	11.03
Huarizo	29.0 – 31.5	7.59
Grueso	>31.5	1.38

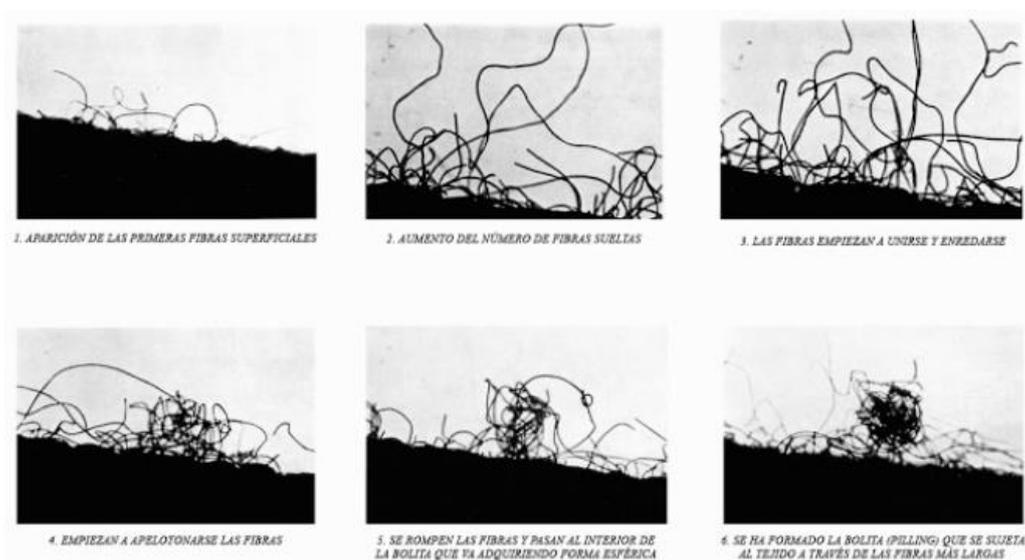
Fuente: (Machaca, Bustinza, Corredor, Pucará, & Quishpe, 2017)

*Anexo 3. Coeficiente de torsión hilos corte lanero*

<b>DESTINO DEL HILO</b>	<b>K</b>
Urdido sobre torcido	100 - 110
Urdido	90 - 100
Trama	60 - 70
Géneros de punto	55 - 60
Mercería	50 - 55

Fuente: (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017)

*Anexo 4. Secuencia del crecimiento de las bolitas del pilling*



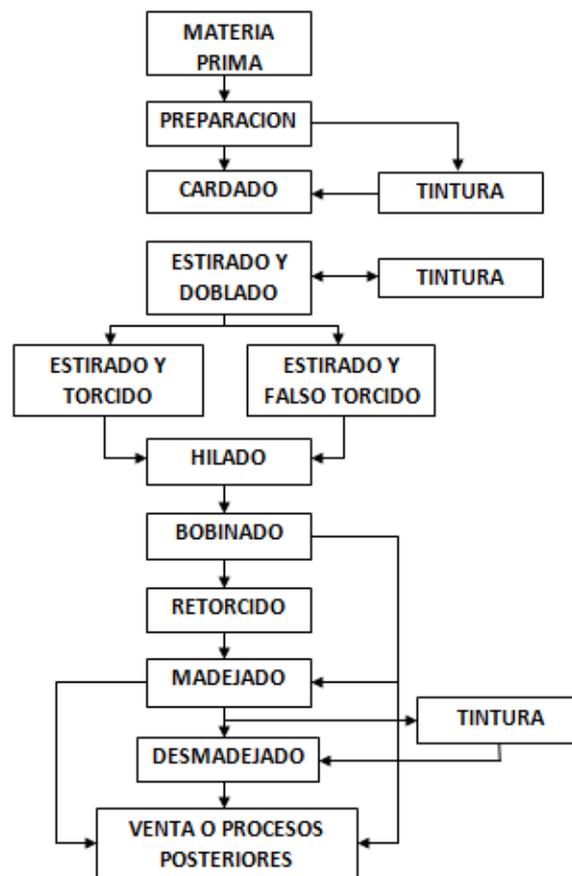
Fuente: (Carrasco Tapicería, 2019)

*Anexo 5. Secuencia de la formación de pilling*



Fuente: (Sole, 2014)

*Anexo 6. Proceso de elaboración del hilo de alpaca*



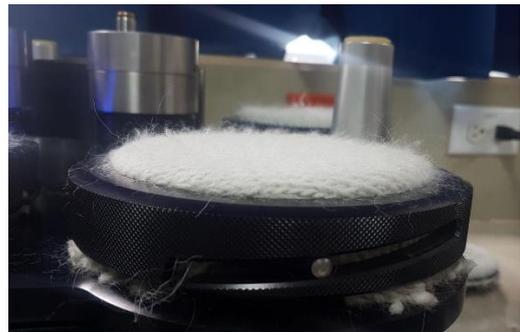
Fuente: (Esparza, Esparza, Rosero, & Rosero, 2017)

*Anexo 7. Accesorios para colocar la muestra en el equipo Martindale*



Fuente: El autor

*Anexo 8. Muestra colocada en el equipo Martindale*



Fuente: El autor

*Anexo 9. Residuos de las muestras de tejidos preparadas para el análisis*



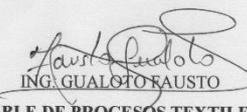
Fuente: El autor

*Anexo 10. Pruebas de pilling en el equipo Martindale*



Fuente: El autor

## Anexo 11. Certificado laboratorio Ing. Textil

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</b> <b>LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA</b> <b>DE INGENIERÍA TEXTIL</b>	 Ingeniería Textil
Ibarra, 23 de julio del 2019		
<b>CERTIFICADO DE LABORATORIO</b>		
Yo, Ingeniero <b>Gualoto Fausto M.</b> en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Ingeniería Textil:		
<b>CERTIFICO</b>		
Que la señorita <b>Esparza Buitrón Leslie Dayana</b> portadora de la cedula de ciudadanía N° 100414259-0, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado <b>"INFLUENCIA DE LAS TORSIONES Y TÍTULO DEL HILO EN LA FORMACIÓN DE PILLING EN TEJIDOS DE ALPACA 100%"</b> , los equipos utilizados en el laboratorio son:		
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>MARTINDALE - NORMA ISO 12945-2(2000)</b>; Formación de pilling.</li></ul>		
Además, se le ayudo con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de las normas.		
Atentamente:		
 ING. GUALOTO FAUSTO		
<b>RESPONSABLE DE PROCESOS TEXTILES - CITEX</b>		
		