



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Maestría en Diseño Industrial  
Tecnología

APROVECHAMIENTO DE LANA GRUESA EN LA PRODUCCIÓN  
DE COMPUESTO NO TEJIDO: FIELTRO

TESIS  
que para optar por el grado de:  
**Maestra en Diseño Industrial**

Presenta:  
**GIZEH ARELLANO GARCÍA**

Directora de tesis  
**MDI. TAMARA LEÓN CAMACHO**  
Facultad de Arquitectura, UNAM

Comité Tutor  
**MDI. MARGARITA LANDÁZURI BENÍTEZ**  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
**DR. MANUEL OLVERA GRACIA**  
Escuela Superior de Ingeniería Textil, IPN  
**MDI. PATRICIA LÓPEZ FIGUEROA**  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
**MDI. ERIKA MARLENE CORTÉS LÓPEZ**  
Facultad de Arquitectura, UNAM

Ciudad Universitaria, Cd. de México, diciembre 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





# APROVECHAMIENTO DE LANA GRUESA EN LA PRODUCCIÓN DE COMPUESTO NO TEJIDO: FIELTRO

GIZEH ARELLANO GARCÍA



Ciudad Universitaria, Cd. de México, diciembre 2016





Directora de tesis

MDI. TAMARA LEÓN CAMACHO  
Facultad de Arquitectura, UNAM

Comité Tutor

MDI. MARGARITA LANDÁZURI BENÍTEZ  
Facultad de Arquitectura, UNAM

DR. MANUEL OLVERA GRACIA  
Escuela Superior de Ingeniería Textil, IPN

MDI. PATRICIA LÓPEZ FIGUEROA  
Facultad de Arquitectura, UNAM

MDI. ERIKA MARLENE CORTÉS LÓPEZ  
Facultad de Arquitectura, UNAM



## GRACIAS...

A mi *alma mater*, la UNAM,  
Al Posgrado en Diseño Industrial,  
Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología,  
A la Escuela Superior de Ingeniería Textil del IPN,

por permitirme crecer de manera profesional y personal, porque con su apoyo y la oportunidad de formar parte de estas prestigiosas instituciones, pude desarrollar esta investigación.

A la MDI. Tamara León, por ser una excelente guía en este proyecto de investigación, por la paciencia y por compartirme tantos conocimientos.  
A la MDI. Margarita Landázuri, por promover mi interés en la práctica textil, por sus puntuales recomendaciones y por trasmitirme sus saberes.  
Al Dr. Manuel Olvera, por sus aportaciones a esta investigación y por ayudarme a construir un nuevo vínculo con otras disciplinas.  
A la MDI. Patricia Figueroa y a la MDI. Erika Cortés, por formar parte de este apreciable comité tutor, por sus reflexiones y asesorías en esta investigación y durante toda la Maestría.

A mi otra tutora, la Dra. Martha García, mi mamá, por el tiempo que dedicó a leerme y asesorarme en este proceso, por los ánimos interminables, por su comprensión, por ser inspiración.

A Larisa, por sus acertadas contribuciones y por materializar mis ideas en el diseño editorial que realizó para este trabajo.

## DEDICADO...

A mis padres, Martha y José Luis, por apoyarme en cada decisión, en cada proyecto, por estar siempre, en cada aprendizaje, en los éxitos y en las desilusiones, en las buenas y en las malas, por todas sus enseñanzas.

A Alejandro, mi compañero de vida, por caminar a mi lado, por sostenerme en los momentos difíciles, por los aprendizajes y por todo lo compartido.

A mi hermana, América, por su amor incondicional.

A mi familia y a mis seres queridos que están presentes en todo momento.

# TABLA DE CONTENIDO

---

Glosario	10
Abreviaturas	12
Relación de tablas	13
Relación de figuras	13
Introducción	17
<b>CAPÍTULO 1. FIBRAS TEXTILES</b>	<b>21</b>
1.1 Clasificación	22
1.2 Fibras naturales	25
1.2.1 Algodón	25
1.2.2 Bonote	26
1.2.3 Henequén	27
1.2.4 Ixtle	28
1.2.5 Kapok	29
1.2.6 Sisal	30
1.3 Fibras artificiales	31
1.3.1 Acrílico	31
1.3.2 Poliéster	33
<b>CAPÍTULO 2. LA LANA</b>	<b>35</b>
2.1 Aspectos generales de los ovinos	37
2.1.1 Producción mundial de lana	38
2.1.2 El Ganado ovino en México	40
2.1.2.1 Razas de Borregos productoras de lana	42
2.2 Características	47
2.2.1 Estructura y propiedades físicas	48
2.2.2 Composición y propiedades químicas	54
2.2.3 Clasificación de la lana	57
2.2.4 Proceso de obtención	59
<b>CAPÍTULO 3. EL FIELTRO</b>	<b>65</b>
3.1 No tejidos	67
3.2 Procesos de producción de no tejidos	69

3.3	Generalidades del fieltro	76
3.3.1	Procesos de fieltro	76
3.3.2	Usos del Fieltro	78
3.3.3	El fieltro en el diseño	78
3.4	Materiales compuestos y no tejidos que integran lana	83
<b>CAPÍTULO 4. FIELTRO CWO-PAN DESARROLLADO</b>		91
4.1	Fase 1: requerimientos para ensayos a textiles	92
4.1.1	Condiciones ambientales para la realización de ensayos	92
4.1.2	Ensayos realizados en telas no tejidas	93
4.2	Fase 2: pruebas preliminares	94
4.2.1	Caracterización de materiales	95
4.2.2	Ensayos y procedimientos seleccionados	95
4.2.3	Fieltros WO-PES	101
4.2.3.1	Fieltro 1	101
4.2.3.2	Fieltro 2A	103
4.2.3.3	Fieltro 2B	105
4.2.3.4	Fieltro 3	106
4.2.4	Fieltros CWO	107
4.2.4.1	Características de la lana empleada	107
4.2.4.2	Fieltro 4	108
4.2.4.3	Fieltro 5	109
4.2.5	Fieltro FCWO-PAN desarrollado	111
4.3	Fase 3: análisis del fieltro FCWO-PAN desarrollado	113
4.3.1	Ensayos realizados al Fieltro FCWO-PAN y resultados	113
	Conclusiones	121
	Anexo	125
	Referencias	135
	Bibliografía	141

# GLOSARIO

**Abacá:** es una fibra de hoja, compuesta por células largas y delgadas que forman parte de la estructura de soporte de la hoja. El abacá es valorado por su gran resistencia mecánica, flotabilidad, resistencia al daño por agua salada y por el largo de su fibra, que puede llegar a medir más de 3m.

**Aramida:** es una fibra artificial de poliamida. Las fibras de aramida no se funden a ninguna temperatura, tienen una alta resistencia a la tensión y a la flama, no son afectadas por la humedad ni por la mayoría de los productos químicos.

**Cachemira:** es una fibra que se obtiene de la cabra kasmir, nativa de los Himalayas. Su pelo es recogido por peinado o esquila. Su diámetro es de 19 a 14 micras. Esta fibra tiene un rizado natural que permite que sea hilada en finos y ligeros tejidos. Tiene pequeños espacios de aire entre las fibras, lo que la hace cálida y liviana, mientras que las células delgadas de la cutícula superficial la hacen más lisa y brillante.

**Denier:** unidad de medida empleada para determinar el diámetro o finura de las fibras artificiales, es el peso en gramos de 9000m de hilo.

**Esquila:** acción y efecto de esquilar, es decir, cortar el pelo, vellón o lana de los ganados y otros animales.

**Fieltro:** textil no tejido, que se produce mediante la imbricación de fibras. Hay fieltro de lana y de fibras artificiales.

**Geotextil:** cualquier material textil permeable de estructura plana que se emplea como parte integral de los suelos y cimentaciones en aplicaciones relacionadas, generalmente, a proyectos de ingeniería, estructuras o sistemas.

**Hilatura:** proceso manual o industrial por el cual, las fibras textiles, naturales o artificiales, se transforman en un cuerpo textil llamado hilo. El hilo puede ser fino, grueso, alargado, resistente y flexible.

**Kapok:** la palabra kapok se refiere tanto al árbol de ceiba como a la fibra que produce, también se conoce como el algodón de seda o algodón Java. Las fibras de kapok por sí solas no son adecuadas para el hilado, ya que son demasiado cortas.

**Lanolina:** sustancia análoga a las grasas, que se extrae de la lana y se emplea para la elaboración de pomadas, jabones y cosméticos.

**Micra:** unidad de longitud equivalente a la millonésima ( $10^{-6}$ ) parte del metro (0,001mm). Símbolo  $\mu$ . Se emplea para medir la finura en las fibras naturales, que es uno de los principales factores que determinan su calidad.

**Mohair:** fibra de la cabra de angora, se produce en Turquía, Sudáfrica y en EE.UU. Es una de las fibras más resilientes, tiene buena afinidad por los colorantes naturales.

**Napa:** conjunto de fibras textiles que se agrupan al salir de una cardadora, para formar un conjunto continuo de espesor constante.

**No tejido:** estructura fibrosa en forma de lámina, compuesta de fibras enmarañadas o enlazadas. Para su producción no se requiere el proceso de hilado ni los procesos subsecuentes clásicos en los tejidos de calada o de punto.

**Frisado:** Se llama así a los aglomerados o bolitas que se forman en la superficie de la tela, se produce en telas que tienen extremos libres que se enredan al frotar la superficie. El término en inglés, ampliamente empleado en la industria textil, es pilling.

**Quiviut:** es la fibra interior del carnero almisleño. Es una fibra parecida a la lana fina, con bajo contenido de lanolina.

**Resiliencia:** se refiere a la capacidad de las fibras de recuperarse de las arrugas, o de alguna deformación originada por fuerzas de compresión.

**Tenacidad:** es la relación entre la carga de rotura y la densidad lineal del material. Define la oposición a la ruptura por deformación. Se puede expresar en N/tex o g/d.

**Tex:** es la unidad de medida que se utiliza para medir la densidad o la masa lineal de una fibra. Se define como la masa (g) por cada 1000 metros de fibra. El sistema Tex es uno de los más empleados en la industria textil; generalmente se usa una fracción del Tex, el dTex (decitex), que es su décima parte, es decir,  $1\text{Tex}=10\text{dTex}$ .

**Vellón:** conjunto de fibras de lana que se extrae del animal mediante el proceso de esquila.

**Vicuña:** una de las fibras de origen animal más finas del mundo, se obtiene de un camélido sudamericano; actualmente es parte del mercado de fibras finas especiales. Se utiliza como insumo para la confección de telas y prendas de vestir de alta calidad.

Abreviaturas	
a.n.e	Antes de nuestra era
WO	Lana
CWO	Lana gruesa
UNO	Organismo de la Unidad Nacional de Ovinocultores
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación.
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IWTO	Organización Internacional de Textiles de Lana
FND	Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero
SIAP-SAGARPA	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

## Relación de tablas

<b>Tabla 1.</b>	<i>Fibras textiles naturales</i>	22
<b>Tabla 2.</b>	<i>Fibras textiles artificiales</i>	23
<b>Tabla 3.</b>	<i>Abreviaturas de las fibras textiles</i>	24
<b>Tabla 4.</b>	<i>Comparación de las fibras acrílicas con la lana. Durabilidad</i>	32
<b>Tabla 5.</b>	<i>Propiedades físicas de la lana</i>	50
<b>Tabla 6.</b>	<i>Propiedades químicas de la lana</i>	56
<b>Tabla 7.</b>	<i>Clasificación de los no tejidos</i>	68
<b>Tabla 8.</b>	<i>Productos elaborados con lana fieltada: indumentaria y complementos</i>	79
<b>Tabla 9.</b>	<i>Productos elaborados con lana fieltada: interiorismo</i>	80
<b>Tabla 10.</b>	<i>Investigaciones recientes realizadas en diferentes países sobre no tejidos y materiales compuestos</i>	84
<b>Tabla 11.</b>	<i>Investigaciones recientes realizadas en diversos países entorno al mejoramiento o aplicaciones de la lana</i>	88
<b>Tabla 12.</b>	<i>Cantidad de agua aceptada en las fibras para calcular su peso</i>	97
<b>Tabla 13.</b>	<i>Comparación de las muestras realizadas</i>	116

## Relación de figuras

<b>Figura 1.</b>	<i>Fibras de algodón</i>	25
<b>Figura 2.</b>	<i>Fibras de bonote</i>	26
<b>Figura 3.</b>	<i>Fibras de henequén</i>	27
<b>Figura 4.</b>	<i>Fibras de ixtle de lechuguilla</i>	28
<b>Figura 5.</b>	<i>Fibras de kapok</i>	29
<b>Figura 6.</b>	<i>Fibras de sisal</i>	30
<b>Figura 7.</b>	<i>Fibras acrílicas</i>	32
<b>Figura 8.</b>	<i>Fibras de poliéster</i>	33
<b>Figura 9.</b>	<i>Clasificación taxonómica de los ovinos</i>	37
<b>Figura 10.</b>	<i>Producción mundial de lana cruda (limpia)</i>	39
<b>Figura 11.</b>	<i>Clasificación de la producción mundial de lana (finura)</i>	39
<b>Figura 12.</b>	<i>Borrego merino australiano</i>	42
<b>Figura 13.</b>	<i>Borrego Rambouillet</i>	43

<b>Figura 14.</b> <i>Borrego Lincoln</i>	43
<b>Figura 15.</b> <i>Borrego Corriedale</i>	44
<b>Figura 16.</b> <i>Borrego Charolais</i>	44
<b>Figura 17.</b> <i>Borrego Dorset</i>	45
<b>Figura 18.</b> <i>Borrego East Friesian</i>	45
<b>Figura 19.</b> <i>Borrego Romanov</i>	46
<b>Figura 20.</b> <i>Borrego Hampshire</i>	46
<b>Figura 21.</b> <i>Borrego Suffolk</i>	47
<b>Figura 22.</b> <i>Fotomicrografía de fibras de lana. Corte transversal 100x</i>	48
<b>Figura 23.</b> <i>Fotomicrografía de fibras de lana. Vista longitudinal 400x</i>	48
<b>Figura 24.</b> <i>Estructura de la fibra de lana</i>	55
<b>Figura 25.</b> <i>Fotomicrografía de fibras de lana fina. Corte transversal 40x</i>	58
<b>Figura 26.</b> <i>Fotomicrografía de fibras de lana fina. Corte transversal 100x</i>	58
<b>Figura 27.</b> <i>Fotomicrografía de fibras de lana media. Corte transversal 40x</i>	58
<b>Figura 28.</b> <i>Fotomicrografía de fibras de lana media. Corte transversal 100x</i>	58
<b>Figura 29.</b> <i>Fotomicrografía de fibras de lana gruesa. Corte transversal 40x</i>	58
<b>Figura 30.</b> <i>Fotomicrografía de fibras de lana gruesa. Corte transversal 100x</i>	58
<b>Figura 31.</b> <i>Usos de la lana</i>	59
<b>Figura 32.</b> <i>Preparación de la lana para los procesos de hilado y fieltro</i>	60
<b>Figura 33.</b> <i>Esquilado de oveja. Método Tally Hi</i>	61
<b>Figura 34.</b> <i>Proceso de hilado y fieltro de la lana</i>	62
<b>Figura 35.</b> <i>Drylaid. Método con carda con impregnación de aglutinante</i>	70
<b>Figura 36.</b> <i>Airlaying. Método con aire</i>	70
<b>Figura 37.</b> <i>Spunlaid. Método por fusión</i>	71
<b>Figura 38.</b> <i>Wetlaid. Proceso en húmedo</i>	72
<b>Figura 39.</b> <i>Unión química</i>	73
<b>Figura 40.</b> <i>Unión térmica</i>	74
<b>Figura 41.</b> <i>Unión mecánica</i>	75
<b>Figura 42.</b> <i>Microscopio digital</i>	96
<b>Figura 43.</b> <i>Balanza analítica</i>	97
<b>Figura 44.</b> <i>Diagrama de medición para los compuestos no tejidos</i>	98
<b>Figura 45.</b> <i>Micrómetro</i>	99
<b>Figura 46.</b> <i>Dinamómetro</i>	100

<b>Figura 47.</b> <i>Abrasímetro Taber</i>	100
<b>Figura 48.</b> <i>Fibras para la mezcla WO-PES. Lana (izquierda) y poliéster (derecha)</i>	101
<b>Figura 49.</b> <i>Báscula digital Camry</i>	102
<b>Figura 50.</b> <i>Acomodo de fibras para la elaboración de fieltro 1</i>	102
<b>Figura 51.</b> <i>Fieltro 1</i>	102
<b>Figura 52.</b> <i>Acomodo de fibras en máquina Gill</i>	103
<b>Figura 53.</b> <i>Mezcla de fibras en máquina Gill</i>	103
<b>Figura 54.</b> <i>Mezcla de fibras en máquina Gill</i>	104
<b>Figura 55.</b> <i>Mezcla para fieltro 2</i>	104
<b>Figura 56.</b> <i>Detergente no iónico</i>	104
<b>Figura 57.</b> <i>Fieltro 2A</i>	104
<b>Figura 58.</b> <i>Fieltro 2B</i>	105
<b>Figura 59.</b> <i>Mezcla para fieltro 3</i>	106
<b>Figura 60.</b> <i>Fieltro 3</i>	106
<b>Figura 61.</b> <i>Fotomicrografía de fibras de lana gruesa. Corte transversal (100x)</i>	107
<b>Figura 62.</b> <i>Fotomicrografía de fibras de lana gruesa. Corte transversal (400x)</i>	107
<b>Figura 63.</b> <i>Cardadora Ashford de tambor</i>	108
<b>Figura 64.</b> <i>Acomodo de fibras para realizar la mezcla</i>	109
<b>Figura 65.</b> <i>Resultado de la mezcla de fibras CWO-CO</i>	109
<b>Figura 66.</b> <i>Herramienta multi-aguja</i>	110
<b>Figura 67.</b> <i>Fieltro 5</i>	110
<b>Figura 68.</b> <i>Detalle de fieltro 5</i>	111
<b>Figura 69.</b> <i>Detalle del fieltro FCWO-PAN</i>	112
<b>Figura 70.</b> <i>Fieltro FCWO-PAN</i>	112
<b>Figura 71.</b> <i>Fotomicrografía del fieltro FCWO-PAN desarrollado. Corte transversal 400x</i>	113
<b>Figura 72.</b> <i>Fotomicrografía de fibra de lana. Fieltro FCWO-PAN. Vista longitudinal 100x</i>	113
<b>Figura 73.</b> <i>Fotomicrografía de fibra de lana. Fieltro FCWO-PAN. Vista longitudinal 400x</i>	113
<b>Figura 74.</b> <i>Fotomicrografía de fibra acrílica. Fieltro FCWO-PAN. Vista longitudinal 100x</i>	114
<b>Figura 75.</b> <i>Fotomicrografía de fibra acrílica. Fieltro FCWO-PAN. Vista longitudinal 400x</i>	114
<b>Figura 76.</b> <i>Fieltro FCWO-PAN. Especímenes marcados para realizar ensayos</i>	114



# Introducción

Diariamente las personas tienen contacto con los textiles, son esenciales en la vida cotidiana y el desarrollo del hombre, sería imposible vivir sin ellos ya que están presentes en un sinnúmero de actividades debido a las propiedades específicas de cada fibra y a sus aplicaciones.

Probablemente el primer uso que se les dio a los textiles, fue el de la protección del cuerpo de las condiciones climáticas y de cualquier adversidad que pudiera dañarlo; desde ese momento se ha convertido en una necesidad básica para la humanidad.

Esta necesidad del hombre por protegerse lo llevó a descubrir el fieltro. Sobre la aparición de este, existen varias leyendas, una de ellas menciona que las tribus de Asia Central con el fin de proteger sus pies, los cubrieron con vellón<sup>(1)</sup> de lana antes de colocarse los zapatos. Al caminar, presionaban la lana colocada en el zapato y la fricción generada, provocaba un incremento de temperatura. De este modo observaron que las condiciones para que el vellón se fieltroaran eran la fricción, la humedad y el calor, lo que dio lugar a este textil.

Se considera que el fieltro es uno de los textiles más antiguos empleados por el hombre, se tiene conocimiento de su uso desde el siglo 800 a.n.e. Diversas tribus, como los nómadas escitas<sup>(2)</sup>, emplearon el fieltro como aislante térmico para revestir sus chozas. Así mismo, lo usaron para recubrir los vagones en los que se transportaban, el fieltro era parte de su vida cotidiana (Gillow & Sentance, 2004).

Hoy en día se sigue empleando en Asia Central, en países como Kirguistán y Kazajistán, y también en países de otros continentes. Los usos que, a partir de su aparición, se le han dado al fieltro, van desde su aplicación en la indumentaria -en la fabricación de zapatos, chalecos, abrigos y chalinas- hasta el empleo del mismo como aislante acústico y térmico, incluidos los objetos decorativos y utilitarios, como lámparas y cuencos.

En países como Australia y Argentina, se ha experimentado mezclar lana con fibras sintéticas para aprovechar al máximo los residuos de lana y las cualidades de la misma. Un ejemplo es la fibra aramida mezclada con lana en chalecos antibalas; aunque el material sintético sigue siendo el principal absorbente de energía, la lana juega un papel complementario ya que aumenta la resistencia a los impactos (Sinnppoo et al., 2010).

---

1. Conjunto de la lana de un carnero u oveja que se esquila.

2. Natural de Escitia, región de la antigua Europa, entre el Danubio, el mar Negro, el Cáucaso y el Volga.

El uso y aprovechamiento de las fibras naturales, como la lana y su aplicación en fieltros, en la producción de textiles en el mundo occidental, ha tenido un renacimiento en las últimas décadas. En este contexto, cabe mencionar que la FAO, declara el 2009 como el año de las fibras naturales, cuyo fin fue crear conciencia sobre la importancia de estas fibras para los productores, la industria, los consumidores y el ambiente.

En el caso de México, la mezcla de lana gruesa con otras fibras para producir fieltro merece ser explorada. Algunos productores no ven en la lana de los borregos, un elemento del que puedan obtener beneficio económico, debido a esto, en la actualidad, el principal uso del ganado ovino es el cárnico. En México los procesos de fieltro serían una excelente opción para el aprovechamiento de la lana que actualmente se deshecha o se vende a muy bajo costo y para agregar un valor a la cadena ganadera y beneficiar a la industria textil.

El presente trabajo aborda esta problemática y se realizó para dar respuesta a la pregunta: **¿cuáles son las características del fieltro que se obtiene al mezclar lana gruesa con otras fibras?**

Para dar respuesta a la pregunta anterior se propone como objetivo, determinar las características físicas del fieltro que se obtiene al mezclar lana gruesa con otras fibras.

En México, actualmente, el ganado ovino se explota con el objetivo casi único de producir carne, con lo que se relega la producción de lana a niveles insignificantes. Muchas causas pueden explicar esta situación, entre ellas, precios muy bajos del producto, falta de cultura lanera en el país, cierre de lavadoras y procesadoras textiles, poco interés de la industria en la defensa de la producción autóctona que le ha dado preferencia a la importación, así como poco interés de universidades y centros de investigación en estudios de producción y calidad de la lana (De Lucas, 2007).

Con este proyecto de corte interdisciplinario, se pretende colaborar en el estudio de los procesos de fieltro y en el potencial aprovechamiento de la lana nacional de calidad media a gruesa. Con el desarrollo de un fieltro que es el resultado de la mezcla de lana con otras fibras, se busca el aprovechamiento de un material que, actualmente, genera pérdida económica a los ganaderos y a los empresarios de la industria textil.

Desde el 2010, un sector de productores laneros de los estados de Hidalgo, Guanajuato, Zacatecas, Edo. de México y Puebla, coordinados por el Organismo de la Unidad Nacional de Ovinocultores (UNO), se organizaron para acopiar, seleccionar, empacar y vender lana de diversas calidades – incluyeron lana de razas cárnicas- a una empresa exportadora uruguaya. Antes de estas acciones, los productores de lana de razas cárnicas, no

obtenían ganancia por este subproducto, pagaban por la esquila y en algunas ocasiones donaban la lana al trasquilador, lo que les representaba un costo extra en los gastos de operación (Almanza, 2011).

Por lo anterior, este proyecto resulta de gran importancia para los principales sectores involucrados en la problemática de mejorar la calidad y aprovechar el producto.

El desarrollo y modernización de las regiones productoras de lana, representan beneficios en el ámbito social y económico. Por este motivo es de primordial interés la investigación de materiales -como es el caso de la lana- y sus procesos de producción, ya que constituyen un eje fundamental en el desarrollo de la industria de cualquier país y México no es la excepción.

Ante el aumento del consumo de productos de corta vida útil, resulta conveniente aprovechar al máximo la materia prima y los subproductos. De esta forma, en la presente investigación se propone la optimización de recursos de la industria lanera, con el desarrollo de un fieltro que emplee lana de fibra gruesa en su mezcla con otra fibra.

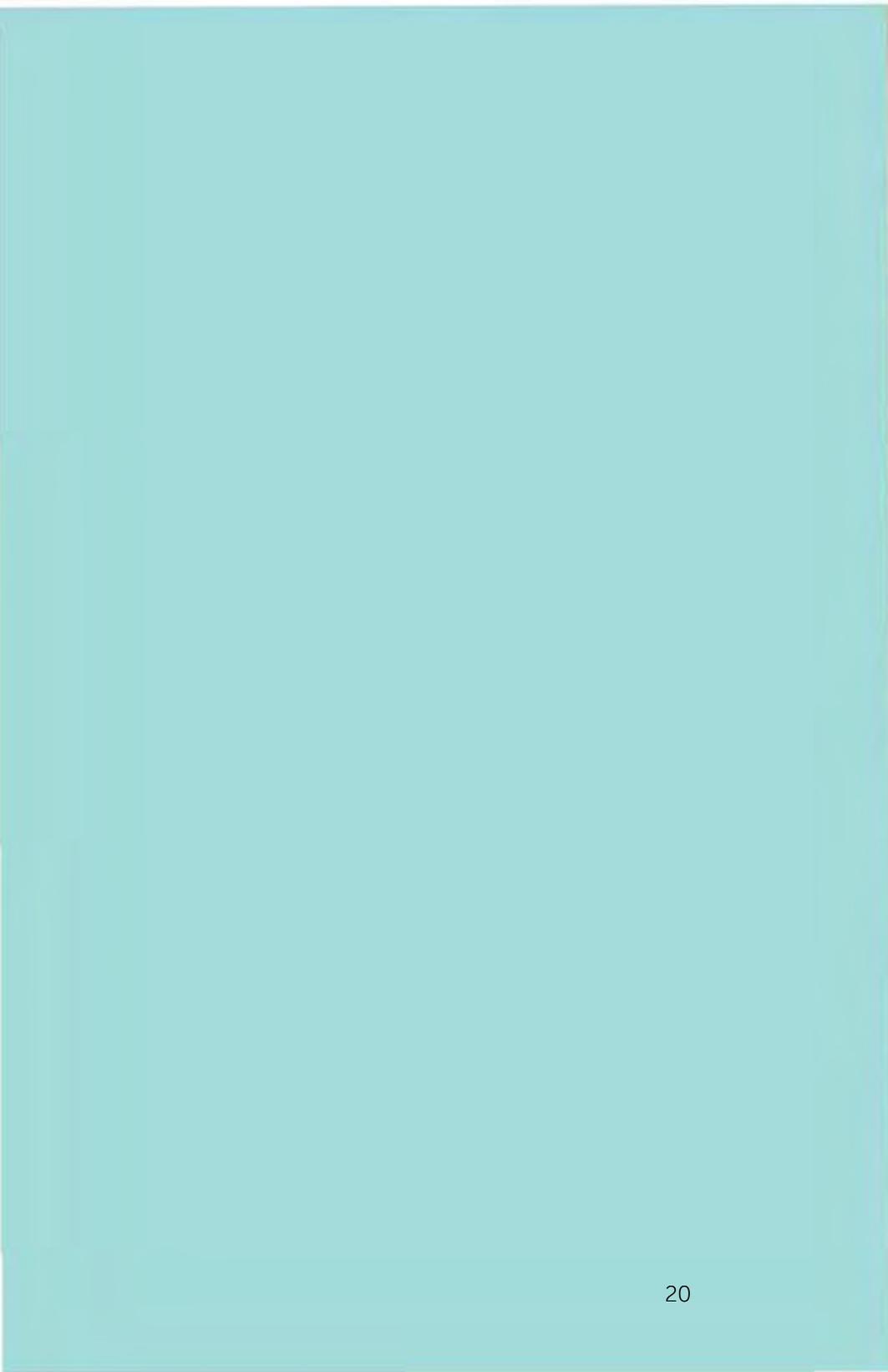
Este documento se compone de cuatro capítulos, en el primero se revisa una clasificación de las fibras textiles y se lleva a cabo un breve estudio de algunas fibras naturales y artificiales con el fin de conocer sus características y usos.

El segundo capítulo versa sobre los aspectos generales del ganado ovino y las razas productoras de lana, así como sobre su producción mundial y local. En este mismo apartado se describen las características físicas y químicas de esta compleja fibra natural y el proceso para su obtención.

En el tercer capítulo se hace una revisión de los textiles no tejidos y sus procesos de producción, en particular sobre el fieltro y sus aplicaciones en el diseño. También se mencionan algunas investigaciones que han empleado la fibra de lana para la producción de compuestos no tejidos.

En el cuarto capítulo se aborda el tema central de esta investigación, el fieltro desarrollado. Se explica el proceso que se siguió para llegar a la propuesta final. Se hace referencia a las mezclas de fibras que se efectuaron y a los ensayos a textiles que se practican en telas no tejidas; sobre estas últimas, se profundiza en las que se realizaron en el fieltro desarrollado.

Con la presente investigación se ha logrado un acercamiento al desarrollo de un material que genere beneficios a los productores de lana y que además tenga un uso potencial en el amplio sector del diseño y de las disciplinas relacionadas. Del mismo modo abre betas para investigaciones posteriores sobre el desarrollo de materiales textiles o similares.



# CAPÍTULO 1

# FIBRAS TEXTILES



Conocer las características de las fibras que se emplean en la producción de cualquier producto textil, es fundamental, ya que son determinantes para el uso al que será destinado. Así mismo, es relevante tomar en cuenta su proceso de obtención porque influye en la factibilidad de su aplicación en un producto.

La elección adecuada de las fibras, con base en los aspectos mencionados, se manifiesta en el rendimiento del producto, por lo que en el presente capítulo se realizará una revisión de las características de las fibras textiles susceptibles de ser mezcladas con la lana gruesa.

### 1.1 Clasificación

Una fibra textil es un filamento parecido a un cabello, "puede ser definida como un sólido relativamente flexible, macroscópicamente homogéneo, con una pequeña sección transversal y una elevada relación longitud/anchura" (Gacén, 2000, p.13).

Las fibras son las unidades fundamentales que se emplean para la fabricación de hilos y telas, contribuyen a la textura, al aspecto y al funcionamiento de las mismas (Hollen, 2010).

La composición química y el origen de las fibras es lo que determina su clasificación. Las fibras textiles se dividen en:

**Fibras naturales:** todas las que provienen de la naturaleza

**Fibras artificiales:** se preparan a través de diferentes procesos de transformación de polímeros en fibras.

En las tablas 1 y 2 se pueden observar las subdivisiones de las fibras naturales y artificiales.

Tabla 1. *Fibras textiles naturales*

Fibras textiles	Naturales	animales	seda	
			lana	oveja
			pelo	alpaca, angora, camello, cashmere, conejo, mohair, quiviut, vicuña
		vegetales	semilla	algodón, coco, kapok
			tallo	cáñamo, lino, ramio, yute
			hoja	abacá, henequén, sisal

Fuente: Gacén, J. (2000). Fibras textiles. Propiedades y descripción.

Tabla 2. *Fibras textiles artificiales*

Fibras textiles	Artificiales	polímero natural	alginato	alginato		
			caucho natural	elastodieno		
			celulosa regenerada (rayon)	viscosa, cupro, modal		
			éster de celulosa	acetato, triacetato		
		polímero sintético	poliolefinas	polietileno	trofil, dyneema	
				polipropileno	meraklon, leonelle	
				fluorofibra	teflon, PTFE, halar	
			derivados polivinílicos	acrílica	leacril, courtelle, orlon, dralon, dolan	
				modacrílica	teklan, kanekalon, SEF	
				clorofibra	rhovyl, thermovil, clevyl	
				vinilal	kuralon, vilon, mewlon	
			poliuretano segmentado	elastano	lycra, dorlastan, glospan	
			poliamida	nylon	antron, cantrece, enkalon, carbyl, lilion, nurel, rilsan	
				aramida	nomex, kermel, kevlar, twaron	
			poliéster	poliéster	tergal, terlenka, brilen, dacron, terylene	
			polisopreno sintético	elastodieno	lastex, lactron, lacton, buthane	
		otras	carbón			
			vidrio			
			metal			
			sílice			

Fuente: Gacén, J. (2000). Fibras textiles. Propiedades y descripción.

En la tabla 3 se enuncian las abreviaturas de uso internacional, de las fibras textiles naturales y artificiales.

Tabla 3. *Abreviaturas de las fibras textiles*

Abreviaturas de las fibras textiles	
Naturales	Artificiales
seda - SE	alginato - ALG
lana - WO	acetato - CA
alpaca - WP	triacetato - CTA
angora - WA	cupro - CUP
camello - WK	lyocell - LY
cashmere - WS	modal - MD
mohair - WM	viscosa - VI
vicuña - WG	polietileno - PE
algodón - CO	polipropileno - PP
kapok - KP	acrílico - PAN
coco - CC	modacrílica - MAC
lino - LI	clorofibra - CLF
ramio - RA	elastano - EA
sisal - SI	poliamida - PA
yute - JU	aramida - AR
ixtle - IX	poliéster - PES
lana gruesa - CWO <sup>3</sup>	fibra de vidrio - GL
	fibra de carbono - CF
	fibra metálica - ME

Fuente: Montenegro y CIA. S.A.C. (2010).

3. Para efectos de este documento, se empleará la abreviatura CWO, por sus siglas en inglés (coarse wool), al referirse a la lana gruesa.

## 1.2 Fibras naturales

Son fibras naturales las que están compuestas por proteínas o celulosa y se extraen de la naturaleza, es decir, del pelo o lana de animales, en el caso particular de la seda del capullo del gusano, o bien de la semilla, hojas o del tallo de las plantas.

### 1.2.1 Algodón

El algodón es una fibra celulósica que se extrae de la semilla de la planta con el mismo nombre, un arbusto del género *Gossypium*, es la fibra natural más difundida en todo el mundo. De las cuatro especies de algodón cultivadas para fibra, la más importante es la *G. hirsutum*, que es originaria de México y produce el 90% del algodón mundial (Año internacional de las fibras naturales, 2009).

El largo de la fibra varía de 10 a 65 milímetros y su diámetro va de 16 a 20 micras. La forma transversal de la fibra es oval y plana. El algodón se deteriora con los ácidos y es atacado por hongos, especialmente en telas almidonadas (Hollen, 2010). La celulosa, que está presente en un 90% de la fibra, le confiere suavidad y permeabilidad.

Con esta fibra se producen telas muy agradables al tacto. El algodón absorbe humedad rápidamente, lo que hace que la ropa sea confortable en climas cálidos. Tiene una baja resiliencia, se arruga con facilidad.

La fibra de algodón, en su mezcla con fibras artificiales, se utiliza en la fabricación de lencería, de playeras y de pantalones de mezclilla. Es ampliamente empleada en vestimenta, artículos para el hogar y en la industria farmacéutica para productos de higiene personal.



Figura 1. *Fibras de algodón*  
Fuente: elaboración propia, 2015.

### 1.2.2 Bonote

La fibra de bonote, considerada como la más resistente de todas las fibras naturales, se obtiene de los tejidos que rodean la semilla de la palma de coco (*Cocos nucifera*). Existen dos tipos de bonote, el primero posee la fibra marrón usada más comúnmente, que se obtiene de los cocos maduros y el segundo es de fibra blanca, que se extrae de los cocos verdes después de humedecerlos por un periodo de hasta 10 meses (FAO, 2016).

Este tipo de fibra natural, llega a medir hasta 35 centímetros de largo por un diámetro de 12 a 25 micras. Dentro de la clasificación de las fibras vegetales, el bonote posee una de las más altas concentraciones de lignina<sup>(4)</sup>, que le confiere gran fuerza y resistencia, al mismo tiempo que le resta flexibilidad y capacidad de tintura.

Su fuerza de tracción es baja si se compara con la del abacá, sin embargo, tiene buena resistencia a la acción microbiana y al daño por agua salada. El bonote es ampliamente empleado en la producción de geotextiles, ya que es una fibra duradera, tiene gran capacidad de absorción, es resistente a la luz solar y es biodegradable. Se usa como aislante, en paneles y cámaras frías (FAO, 2016).



Figura 2. *Fibras de bonote*

Fuente: *Pacific Asia Group*. (2010). [http://pacificdavis.com/product\\_and\\_services/industrial\\_raw\\_materials](http://pacificdavis.com/product_and_services/industrial_raw_materials)

4. Es el constituyente intercelular incrustante de las células fibrosas vegetales. Funciona prácticamente como relleno para impartir rigidez al tallo de la planta; es el segundo elemento en importancia de la composición vegetal.

### 1.2.3 Henequén

El henequén (*Agave fourcroydes*) es una planta monocotiledónea, es decir, pertenece a una de las dos clases de plantas con flor, de la familia de las *Agavaceae*. Es originario de Yucatán, gracias a la utilidad de sus fibras, se ha empleado desde épocas prehispánicas.

Las hojas del henequén son grandes, lanceoladas y carnosas, de color blanco-azulado o blanco-grisáceo y tienen espinas muy agudas en el borde, de casi 2 cm de largo. Esta planta tiene un ciclo de crecimiento de 8 a 15 años, y llega a vivir hasta 25, su etapa productiva se ubica en los últimos años.

La planta de henequén es altamente resistente a la sequía y a las plagas. Se emplea en la fabricación de hilos con los que se elaboran cuerdas, bolsas, zapatos, manteles, cestos, tapetes, sacos y hamacas. Del agave se extraen el tequila y el mezcal, asimismo, se puede obtener pasta para papel, abono o biogás.

La pulpa que se adquiere al desfibrar la planta, puede emplearse como alimento de ganado y para la producción de ceras de uso industrial. Así mismo, el jugo de este agave es útil como bio-detergente (Financiera Rural, 2011).



Figura 3. *Fibras de henequén*  
Fuente: Karla León. (2016).

### 1.2.4 Ixtle

Al igual que el henequén, el ixtle (*Agave lechuguilla* Torr.) es una fibra dura. Es una especie forestal no maderable que se encuentra en regiones áridas y semiáridas del territorio nacional. Las hojas de este agave son de color verde-azulado o verde-blancuecino.

El ixtle se obtiene del despulpado mecánico o manual de las pencas de lechuguilla, la calidad de la fibra depende de la zona de la planta de donde se extraen; las hojas más tiernas ubicadas al centro de la roseta producen una fibra de mejor calidad que las de la parte externa.

En México, su explotación -para obtener la fibra de ixtle- se lleva a cabo principalmente en Zacatecas, San Luis Potosí, Durango, Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, a pesar de que en el estado de Hidalgo también se encuentra esta especie, no existe registro de su aprovechamiento de explotación (SAGARPA, 2009).

Esta fibra tiene una textura de suave a media, es durable, resistente y tiene una buena absorción de humedad. Se emplea en la fabricación de cepillos de uso industrial y en la elaboración de diversos utensilios de uso doméstico, tales como cuerdas, estropajos, cepillos, brochas, sacos y tapetes. Es una fibra altamente empleada en el tejido de artesanías (CONAFOR, 2012).



Figura 4. *Fibras de ixtle de lechuguilla*  
Fuente: elaboración propia, 2016.

### 1.2.5 Kapok

El kapok (*Ceiba pentandra* L.) pertenece a la familia de las *bombacaceae*, que obtiene su nombre de *bombix*, del latín, derivado de las fibras que producen sus frutos. En México, esta especie se localiza en las zonas costeras del Golfo y del Pacífico.

Es un árbol originario de América Central, también se encuentra en Venezuela, Brasil y Ecuador así como en regiones tropicales de África Occidental y Asia. En México comúnmente se le conoce como Ceiba o Pochote. Es un árbol que mide de 20 a 40 m. Sus semillas, negras, numerosas y globosas, miden de 4 a 8 mm de largo y están rodeadas por abundantes fibras sedosas de color blanco o gris plateado. El kapok se encuentra alrededor de las semillas de la planta. Este árbol se caracteriza por las espinas que brotan de su tronco, que miden de 2 a 3 cm de diámetro por dimensiones similares de largo (Robles, 1991).

El kapok es quebradizo, debido a su corta longitud, no se presta para el hilado ni tejido. Cada fibra mide de 8 a 30 mm de largo y forman pequeños tubos de aire revestidos de cera, que la hacen resistente, elástica, ligera y repelente al agua. Tiene un poder de flotación 5 veces mayor al del corcho. Se utiliza en la industria como aislante térmico y acústico, en cámaras frigoríficas y aviones. Se emplea para rellenar colchones, almohadas, salvavidas, chamarras, bolsas de dormir y flotadores (CONABIO, 2016).



Figura 5. *Fibras de kapok*

Fuente: *DIY Natural bedding*. (2016).

<https://www.diynaturalbedding.com/product/kapok-fiber/>

### 1.2.6 Sisal

El sisal (*Agave sisalana*) es una planta nativa de México. A diferencia del henequén esta especie no tiene espinas en el borde de las hojas y sus fibras son más delgadas.

El sisal puede cultivarse durante todo el año, en casi todos los tipos de suelos, con excepción de los muy húmedos, salinos o arcillosos. Una ventaja de esta especie es que puede crecer en climas secos. Las hojas de este agave tienen un 90% de humedad, su pulpa es firme y las hojas son rígidas.

La fibra de sisal se extrae cuando las hojas están recién cortadas para evitar que se dañen en el proceso de limpieza. Para la extracción, se raspa el material pulposo mediante un proceso de descortezado mecánico y se arranca manualmente. Las fibras miden cerca de 1m de longitud por 300 o 400 micras de diámetro (Natural fibres, 2009).

El sisal se emplea en usos tradicionales, como son la fabricación de cuerdas, tapetes y artesanías, sin embargo sus aplicaciones se han diversificado. Actualmente se emplea en para la elaboración de materiales compuestos, geotextiles, filtros y en la industria del papel y del cartón (FAO, 2016).



Figura 6. *Fibras de sisal*

Fuente: *Global Textiles*. (2015). <http://www.globaltextiles.com/products/detail/121224/Sisal-Fiber.html>

## 1.3 Fibras artificiales

Son fibras artificiales todas las fibras textiles que no se encuentran en la naturaleza como tales, se originan de las fibras naturales que el ser humano ha modificado por procesos químicos y aquellas que ha sintetizado a partir de productos fabricados en la industria petroquímica.

### 1.3.1 Acrílico

El monómero de acrilonitrilo es la sustancia con la que se elaboran las fibras acrílicas y de donde proviene su nombre genérico, fue descubierto en Alemania en 1893. La primera patente de este polímero se produjo en 1929 y fue hasta 1944, que DuPont anuncia el desarrollo de la fibra acrílica, comercializándola en 1950 con el nombre de Orlón. Para 1977, había otras tres compañías, además de DuPont, productoras de fibras acrílicas; Chemstrand Corp. que introdujo el Acrilán en 1952, Dow Chemical comenzó la producción de Zefral en 1958 y en el mismo año, American Cyanamid inició la fabricación de Creslán (Hollen, 2010).

Como muchas de las fibras artificiales, el acrílico se fabrica con el fin de sustituir a una fibra natural, a un menor costo y con una producción mayor. En este caso se tomó a la lana como modelo, se buscó igualar algunas de sus características y otorgarle otras cualidades.

Las fibras acrílicas tienen la apariencia de la lana, la mayoría son más suaves al tacto además de ser calientes, ligeras y elásticas, sin embargo, algunas presentan el problema del frisado. Son resistentes a la luz solar y a la intemperie. Las propiedades fisicoquímicas de las fibras acrílicas, permiten obtener productos textiles con buena resiliencia y de fácil cuidado (Hollen, 2010).

En la tabla 4 se comparan las propiedades de durabilidad de las fibras acrílicas y de las fibras de lana.

Tabla 4. *Comparación de las fibras acrílicas con la lana. Durabilidad*

Propiedades de la fibra	Acrílica	Lana
Resistencia a la ruptura / tenacidad	2.0 – 3.5 g/d <sup>(5)</sup> seco 1.8 – 3.5 g/d húmedo	1.5 g/d seco 1.0 g/d húmedo
Recuperación elástica	92%	99%
Alargamiento antes de la rotura	20%	25%
Resistencia a la abrasión	Buena	Regular

Fuente: Hollen, N. (2010). Introducción a los textiles.

Nota: para entender mejor estas propiedades, verificar la tabla 5.

Las fibras de acrílico tienen una densidad de 1.14-1.15 g/cc<sup>(6)</sup>, en comparación con la lana son más ligeras, ya que la de esta última es de 1.32 g/cc (Hollen, 2010).



Figura 7. *Fibras acrílicas*

Fuente: elaboración propia, 2015.

5. g/d: unidad de medida que se refiere a la resistencia a la ruptura de las fibras textiles y se mide en gramos por denier.

6. g/cc: unidad de medida que se refiere a la densidad de las fibras textiles y se mide en gramos por centímetro cúbico.

### 1.3.2 Poliéster

Las fibras de poliéster se obtienen al hacer reaccionar un ácido con un alcohol. La sustancia que produce la fibra es cualquier polímero de cadena larga compuesto por 85 por ciento en peso de un éster de alcohol dihidrico y ácido teraftálico (*Federal Trade Commission*, citado por Hollen, 2010).

La primera fibra de poliéster se produjo en Inglaterra alrededor de 1930, con el nombre de Terylene. Fue hasta 1953 cuando la empresa Dupont produjo el primer poliéster comercial, denominado Dacron.

Debido a su amplia versatilidad y propiedades, el poliéster comúnmente se mezcla con otras fibras artificiales y naturales. Tiene una alta resiliencia en húmedo y en seco así como una alta estabilidad dimensional, esto hace que las prendas sean de cuidado fácil y lavables en máquina. Es resistente a la degradación por la luz solar y a la abrasión (Hollen, 2010). El poliéster es una de las fibras que más se emplea para prendas deportivas y en general, para prendas de vestir.



Figura 8. *Fibras de poliéster*  
Fuente: elaboración propia, 2015.



# CAPÍTULO 2

# LA LANA



La lana es una de las fibras más valoradas en la industria textil debido a sus excepcionales propiedades que la convierten en el material ideal para diversas aplicaciones. Su uso se remonta a miles de años antes de nuestra era, en un inicio se empleaba la piel conjuntamente con el pelo, con fines de protección del cuerpo humano de la intemperie, tanto en indumentaria como en cubiertas de chozas. Después se descubrió que el vellón se podía convertir en fieltro y finalmente la fibra hiló para crear textiles tejidos.

Los tejidos de lana han sido utilizados por el hombre desde épocas tempranas, se tiene conocimiento de que emplearon como agujas sus propias manos, aproximadamente, en el año 100 a.n.e.

Hoy en día, la lana se usa en productos que van más allá de la indumentaria, el uso final depende de la calidad de las fibras. Algunos factores que intervienen en la calidad son el tipo de borrego, su edad y su alimentación así como la zona esquilada de donde se obtienen.

Esta fibra proteica reúne muchas cualidades, es renovable, biodegradable, aislante, resiliente, multiclimática y absorbe humedad. Estas propiedades también ayudan a definir los usos finales, como son telas para confección, tapicería, alfombras y tapetes o telas no tejidas.

Las fibras de lana se obtienen de los ovinos, que, junto con el perro y la cabra, fueron de los primeros animales domesticados por pobladores del oriente medio, en torno a 8000-5000 a.n.e. (Pérez Ripoll, 2001 citado por Arenas, Ceballos y Tarazona, 2012).

Como muchos otros animales, las ovejas están protegidas por una capa de pelo, lo que las caracteriza es que esta capa protectora está formada por un tipo de fibra inigualable y extraordinariamente compleja: la lana.

Las ovejas producen lana para protegerse de las inclemencias del clima. Dicha lana puede ser cortada o esquilada en determinados periodos del año para posteriormente ser hilada (Udale, 2008). Dependiendo de la raza de la oveja, así como de factores externos como la naturaleza del suelo, el clima, las características del espacio donde habitan, los cuidados higiénicos, la zona esquilada y sobre todo de la alimentación -que afecta directamente la longitud, homogeneidad del diámetro de la fibra y su suavidad-, es la calidad de lana que se obtiene. Esta calidad de lana, a su vez, se ve reflejada en la calidad del hilo. Un ejemplo de ello es la fibra obtenida del borrego merino, que es la lana más valiosa y apreciada a nivel mundial debido a su finura.

## 2.1 Aspectos generales de los ovinos

Los ovinos, usualmente llamados borregos, son rumiantes<sup>(7)</sup> del grupo de los artiodáctilos<sup>(8)</sup> patihendidos, son animales herbívoros. Su cuerpo suele estar cubierto de lana, sin embargo, debido al gran consumo de su carne, se han desarrollado varias razas de pelo.

No se tiene mucha información sobre el antecesor salvaje de la oveja doméstica, no obstante, estudios de cromosomas advierten que el principal es el *Ovis musimon* o muflón de Asia Menor, donde fue domesticado aproximadamente en el 8000 a.n.e. Posteriormente pudo haberse desplazado a Egipto y Europa, donde probablemente se mezcló con muflones europeos y con el *Ovis orientalis* (INEGI, Censo Agropecuario, 2007).



Figura 9. Clasificación taxonómica de los ovinos  
 Fuente: elaboración propia con base en información de Álvarez-Romero, J. y Medellín, R. (2005).

7. Son mamíferos herbívoros, cuyo principal alimento son las plantas que contienen carbohidratos fibrosos, son los únicos capaces de aprovechar la celulosa. Primero consumen los alimentos y posteriormente realizan la rumia, es decir, regresan a la boca y mastican por segunda vez, el alimento que ya estuvo en el estómago.
8. Dicho de un mamífero, que tiene las extremidades terminadas en casco o pezuña y que terminan en un número par de dedos, de los cuales apoyan en el suelo por lo menos dos.

La producción ovina tiene muchos productos potenciales, tales como la leche, la carne, la piel y la lana. El color del pelo y de la lana de esta especie puede ser muy variable ya que existen numerosas razas, van de los blancos amarillentos, hasta el negro, también se puede encontrar café claro, café oscuro y pinto. En general, se caracterizan por tener un cuerpo y patas relativamente robustas, pelaje abundante, hocico alargado y cola pequeña; sus orejas son de pequeñas a grandes (Álvarez-Romero y Medellín, 2005).

Además de ser apreciado por su carne y lana, una característica de los ovinos valorada por los agricultores, es la facultad de restaurar e incrementar la fertilidad de la tierra donde pastan.

Estos rumiantes se adaptan a climas extremos, desérticos y semidesérticos; suelen clasificarse de acuerdo a su aprovechamiento en: producción de carne, producción de lana, producción de leche y de doble propósito (INEGI, 2007).

### **2.1.1 Producción mundial de lana**

La esquila de los borregos generalmente se realiza una vez al año, en el periodo de primavera-verano, aunque en algunos países lo hacen hasta tres veces por año. Cuando los sistemas de producción de lana son avanzados, se realiza un riguroso análisis de las fibras para determinar sus características y, de acuerdo a estas, se embalan. Posteriormente pasa por un proceso de limpieza, cardado y peinado, para finalmente ser hilada, este último paso sólo se realiza cuando el uso final de la lana será en un textil tejido (IWTO, 2016).

Con el surgimiento de las fibras artificiales, algunas fibras naturales perdieron presencia en la industria textil debido a la diferencia de costos y a los tiempos de producción. Sin embargo, la preocupación latente desde las últimas décadas del siglo XX por el impacto que tienen los productos en el medio ambiente, ha dirigido la mirada de diversos sectores de la industria textil y de los consumidores, hacia materiales y procesos de fabricación más amigables con el entorno natural. Por lo anterior la demanda de fibras naturales, entre ellas, la lana, se ha re-posicionado a nivel mundial.

Los principales países productores de lana son Australia, Argentina, China, India, Nueva Zelanda, Reino Unido, República Islámica de Irán, Rusia, Sudáfrica y Uruguay (IWTO, 2016).

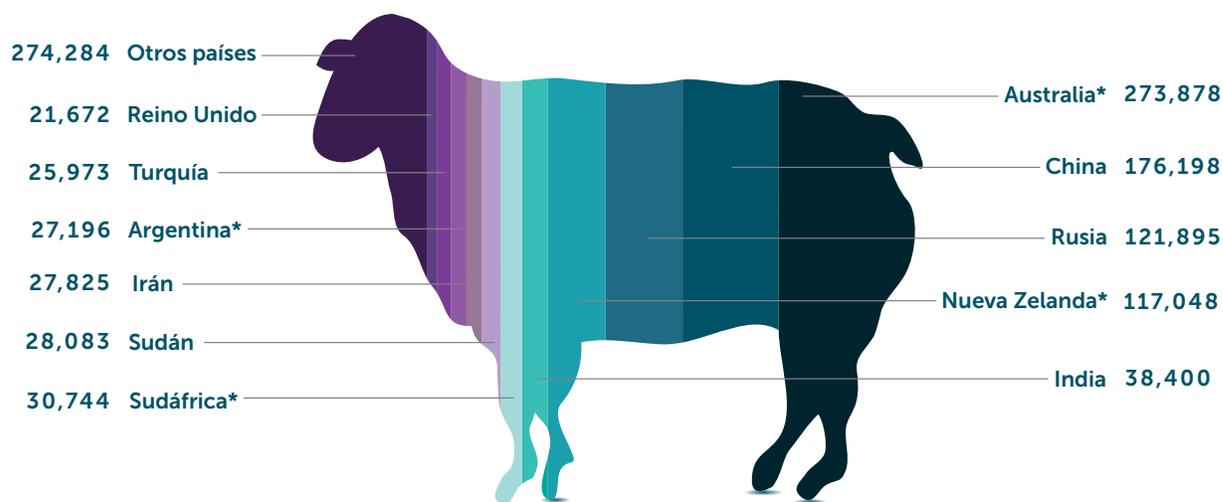


Figura 10. Producción mundial de lana cruda (limpia)  
Medido en toneladas.

\*Producción estacional (2014/15).

Fuente: adaptada de Estadísticas de la lana de *British Wool Marketing Board*, con información de IWTO. (2015).

En las fibras naturales, la finura es uno de los principales factores que determinan su calidad, el diámetro determina su uso y valor; la finura se mide en micras; una micra equivale a 1/1000 milímetros o 1/25400 pulgadas (Hollen, 2010). La calidad de la lana determina la aptitud de hilado y a su vez el uso que se le dará.

Los diferentes diámetros de la lana la hacen una fibra multifuncional, adecuada para prendas de vestir, textiles para el hogar y textiles de uso técnico. La lana se clasifica, según su diámetro, en: lana fina, lana media y lana gruesa o burda, siendo esta última la más común en el mercado como se observa en la figura 11.

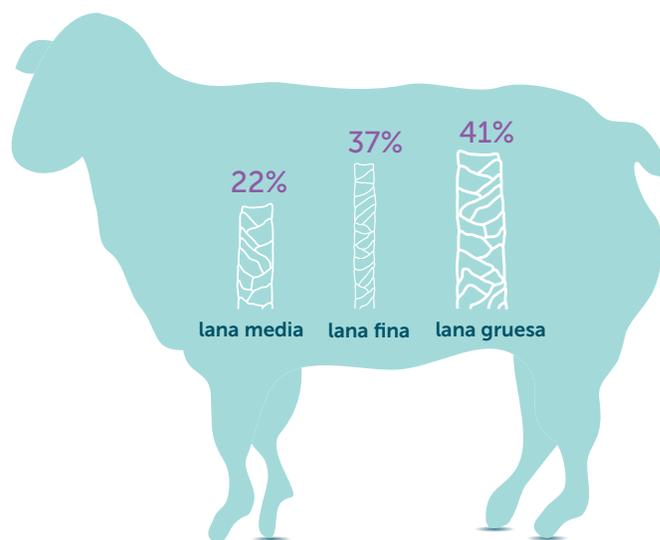


Figura 11. Clasificación de la producción mundial de lana (finura)

Fuente: elaboración propia con base en información de IWTO. (2016).

Dos tercios de la lana que se produce a nivel mundial se destinan a la industria del vestido –suéteres, abrigos, trajes, vestidos y ropa deportiva-. Poco menos del tercio restante se emplea en la fabricación de mantas, alfombras y textiles de tapicería . Los usos industriales de la lana, como es el caso de los aislantes, representan un 5% del total (*Natural Fibras*, 2009).

### 2.1.2 El Ganado ovino en México

Desde su llegada a México, el ganado ovino se ha empleado, principalmente, para obtener carne y lana. A pesar de que estos usos son los que han predominado, el momento histórico, es decir, los factores sociales, políticos, económicos, y culturales han sido los determinantes de que se promueva la producción cárnica, lanera o ambas.

Los primeros ejemplares ovinos llegaron a México en el periodo de la Conquista, como lo relata Saucedo (1984):

Conjuntamente con el ganado mayor, se importaron también ovejas y cabras [...] Entre los datos que se han revisado se dice que fue el virrey Gregorio López en 1521, uno de los que trajeron a playas mexicanas un lote de borregos. Posteriormente se realizaron otras importaciones que tuvieron el mismo origen, con los ejemplares de las razas españolas denominadas merinos de lanas finas y paretadas (sic), y de aquellas otras conocidas como churra y lacha de vellones abiertos y fibras gruesas y corrientes, pero de excelente carne. (p.24)

Paulatinamente, conforme la conquista del territorio avanzó, el ganado se extendió a nivel nacional, sin embargo no se prestaba atención ni se buscaba un mejoramiento en la producción de carne, leche o lana. Había una falta de control sobre el ganado, que generó deterioro del suelo y escasez de alimento ya que los animales pastaban libremente, este factor también influyó en el desplazamiento del ganado por el territorio.

Durante el periodo de la Independencia y de la Revolución Mexicana, la ganadería vivió una larga fase de estancamiento, la lucha por la libre posesión de tierras y por terminar con los latifundios para transformarlos en ejidos, repercutió en el desarrollo de la ganadería.

Durante el siglo XX, ingresaron al país un gran número de razas de animales, lo que originó el acervo genético del ganado local, que incluye el ovino. Algunas de las razas nuevas de borrego fueron Rambouillet, Lincoln y Corriedale (Medrano, 2000).

Fue en 1937, cuando Lázaro Cárdenas, como Presidente de México, promulgó un decreto que adicionó al Código Agrario con el fin de impulsar y proteger la industria ganadera en el país (Saucedo, 1984).

Desde comienzos del siglo XXI el inventario de ganado ovino se ha incrementado, se tiene registro que el aumento fue de un 25% desde el 2003 al 2013 (FND, 2015); a pesar de esto, la mayoría son razas productoras de carne. Según cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA), en 2014, México produjo cerca de 58 mil toneladas de carne de ovino y 5 mil de lana sucia.

Lo anterior demuestra que, actualmente, la ovinocultura mexicana se enfoca en la producción de carne, se obtienen altos precios en pie y canal<sup>(9)</sup> en comparación con otras especies pecuarias<sup>(10)</sup>. Posiblemente este ha sido un factor por el que se ha restado atención a la producción de lana, y a diferencia del resto del mundo -que busca obtener vellones más largos y finos- en México primordialmente se practica la cruce de razas, para eliminar la lana de las mismas y paulatinamente convertirlas en razas de pelo<sup>(11)</sup>.

A pesar de esto, estados como Hidalgo, Oaxaca, Chiapas, Zacatecas, Estado de México y Tlaxcala son conocidos por tener un período de trasquila que ha dado origen a su producción textil en lana, principalmente empleando técnicas de tejido plano y tejido de punto.

Existen algunas agrupaciones laneras en el país, que han subsistido a pesar del incremento en la importación de esta materia prima.

Tal es el caso de asociaciones pertenecientes a las ciudades de Guanajuato, Toluca, Tulancingo y Chignahuapan, que a mediados del 2010, se organizaron con el fin de comercializar y mejorar el valor de la lana nacional, a través de la selección y empacado de lana de ovinos cárnicos de diversas calidades, para finalmente venderla a una empresa exportadora uruguaya.

El objetivo de esta iniciativa fue el de incrementar el valor del vellón arriba del 100 por ciento y llegar a exportar 2000 toneladas de lana al año. Es relevante mencionar que antes de esta iniciativa, los productores de razas de lana de uso cárnico, no obtenían ganancias derivadas de este subproducto, por el contrario, pagaban un monto variable por la esquila, así mismo solían donar la lana al trasquilador y más allá de significarles una ganancia representaba una pérdida al ser un costo más en los gastos de operación (Almanza, 2011).

Dicha iniciativa fue coordinada por el Organismo de la Unidad Nacional de Ovinocultores (UNO). Este organismo, que tuvo sus orígenes en 1978, fomenta e impulsa el crecimiento de la ovino cultura en México mediante la elaboración de programas de desarrollo ovino, la implementación

9. La carne en pie se refiere al animal vivo para su venta, ya sea para engorda o para ser sacrificado; la carne en canal, se refiere al cuerpo de los animales sacrificados.

10. Perteneciente o relativo al ganado.

11. Son razas que sólo producen de carne. Los ovinocultores observan grandes ventajas en ellas como son: rusticidad en el pastoreo, fácil reproducción y no se tienen que esquilar.

de programas de mejoramiento genético ovino, la asistencia técnica, capacitación, elaboración de normas de calidad de productos ovinos, impulso a ferias y exposiciones y asistencia técnica, capacitación y transferencia de tecnología a sus agremiados, entre otras actividades.

Así como hay asociaciones preocupadas por el desarrollo y aprovechamiento de la lana de diferentes calidades, existen pequeños talleres, que se dedican a la comercialización local y/o regional de esta fibra. En algunos casos, estos talleres no están certificados, sin embargo su producción resulta indispensable en la cadena de productos artesanales y semi-artesanales.

### 2.1.2.1 Razas de Borregos productoras de lana

Desde su llegada a México, el ganado ovino se ha empleado, principalmente, para obtener carne y lana. A pesar de que estos usos son los que han predominado, el momento histórico, es decir, los factores sociales, políticos, económicos, y culturales han sido los determinantes de que se promueva la producción cárnica, lanera o ambas.

Anteriormente se habló sobre la clasificación general de los ovinos según su aprovechamiento, en el caso de las razas productoras de lana, suelen subdividirse en productoras de lana fina, larga, media y corta.

El Manual Ovinos (2016), que se realizó bajo la supervisión de especialistas de la FAO, y el Manual de cría y manejo de borregos (Lesur, 2014), clasifican a las razas según su tipo de vellón en razas de lana fina, razas de lana larga, razas de lana media o doble propósito y razas de lana corta y doble propósito.

#### Razas de lana fina:

**Merino.**- originaria de España, es la representante principal de este tipo de lana, de la que existen diferentes variedades. Los merinos producen gran cantidad de lana de excelente calidad.



Figura 12. *Borrego merino australiano*  
Fuente: Todo el campo. (2016).  
<http://www.todoelcampo.com.uy/espanol/la-zafra-del-merino-australiano-yacomenzo-15?nid=15801>

**Rambouillet.**- es una variedad importante de merino en América Latina, que se desarrolló en Francia.

En México se encuentra en la región centro-norte, en los estados de San Luis Potosí, Durango, Zacatecas, Coahuila e Hidalgo (UNO, 2007). Produce una lana de 19 a 22 m.



Figura 13. Borrego Rambouillet  
Fuente: UNO. (2007). Razas ovinas.

#### Razas de lana larga:

**Lincoln.**- esta raza es originaria de Lincolnshire, Inglaterra; también se le conoce como Longwool Lincoln. Su pelaje es largo, fuerte y pesado, sus vellones tienen mucha demanda en la industria textil ya que son de los más brillantes y largos de todas las razas –van de los 20 a los 38 cm- y llegan a tener un peso de hasta 9 k. Debido a su pelaje, no se adaptan al clima frío ni lluvioso.



Figura 14. *Borrego Lincoln*  
Fuente: Lincoln Longwool Sheep Breeders Association. (2016).  
<http://www.lincolnlongwools.co.uk/>

**Razas de lana media o de doble propósito:**

**Corriedale.**- esta raza es muy común en Sudamérica; es originaria de Nueva Zelanda, resultado del cruzamiento del borrego Merino y el Lincoln. Producen carne de buena calidad y vellones pesados –de 4.5 a 7.7 k.- de calidad media.



Figura 15. *Borrego Corriedale*

Fuente: Todo el campo. (2016).

<http://www.todoelcampo.com.uy/espanol/una-zafra-de-carneros-que-finaliza-con-alta-colocacion-y-buenos-precios-15?nid=21751>

**Charolais.**- es originaria de Francia; esta raza es conocida por su excelente composición, ganancia de peso y calidad de canal. Está clasificada en las razas de lana media. En México se encuentran rebaños de procedencia europea en los estados de Querétaro, Hidalgo y Jalisco (UNO, 2007).



Figura 16. *Borrego Charolais*

Fuente: UNO. (2007). Razas ovinas

**Dorset.**- proviene del sur de Inglaterra; hay dos variedades, con cuernos y sin cuernos. Estos ovinos son de tamaño mediano con una conformación muscular excepcional. Su lana es blanca y densa, libre de fibras negras, las hembras producen de 2 a 3.5 k. En México se encuentra en los estados de Hidalgo, Edo. de México, Jalisco, Aguascalientes, Tlaxcala, Guanajuato y Chiapas.



Figura 17. *Borrego Dorset*  
Fuente: ANCO. (2016). <http://www.ancolombia.org.co/docs/ovinoDorset.htm>

**East Friesian.**- es originaria de las provincias de East Friesian en Alemania y de Friesland en Holanda; es conocida como la mejor productora de leche del mundo (México Ganadero, 2016). Las hembras producen entre 4.5 y 5 k de lana y los machos entre 5.5 y 6 k. Generalmente son de color blanco, aunque los hay negros y blancos con manchas de color café. En México, se encuentran en los estados de Querétaro, Guanajuato, Jalisco e Hidalgo.



Figura 18. *Borrego East Friesian*  
Fuente: UNO. (2007). Razas ovinas.

**Romanov.**- esta raza es originaria de Rusia; es conocida por ser altamente prolífica. Los corderos nacen de color negro aunque posteriormente crece lana de color blanco, esta combinación de color da la apariencia de color grisáceo. Las hembras producen de 2 a 3 k y los machos de 3 a 4 k. Se desarrolla en el Edo. de México, Querétaro, Hidalgo y Guanajuato.



Figura 19. *Borrego Romanov*  
Fuente: UNO. (2007). Razas ovinas.

**Razas de lana corta y de doble propósito:** por su escasa producción de lana, este tipo de borregos se destina principalmente a la producción de carne.

**Hampshire.**- es originaria de Inglaterra. Su lana es de color blanco y de calidad regular; las hembras producen de 2.5 a 3.5 k. Producen carne de buena calidad, además, esta raza se utiliza en cruzamientos con Corriedale y Merino para obtener ganado de engorda. La mayor parte de ovinos de la región central de México pertenecen a la raza Hampshire y a sus cruzas.



Figura 20. *Borrego Hampshire*  
Fuente: Hampshire Down Uruguay. (2014).  
<http://hampshiredown.com.uy/la-raza>

**Suffolk.**- esta raza es de origen inglés. Su vellón es de color blanco, con pelo negro en la cabeza y las patas. La producción de lana es baja, producen de 2 a 3k, de calidad regular. Son considerados ovinos con excelente conformación cárnica. En México se encuentran en los estados de Morelos, Hidalgo, Querétaro, Edo. de México, Aguascalientes, Veracruz, Jalisco y Ciudad de México.



Figura 21. *Borrego Suffolk*

Fuente: Ganadería & Agro. (2011).

<http://ganaderiayagro.blogspot.mx/2016/08/razas-borregos-suffolk.html>

En México y en América Latina, se encuentran muchos ovinos criollos, es decir, son características de una raza definida, a pesar de que se han adaptado a su ambiente son poco productivos, pues de ellos se obtiene al año alrededor de 1 k. de lana de pelo corto y poco uniforme, además de que son animales de poco peso.

## 2.2 Características

Las diversas características de una fibra determinan su forma estructural y su función. En las fibras naturales existe una amplia gama de posibilidades estructurales y funcionales como consecuencia de la especie y de factores externos.

Para conocer las propiedades físicas y químicas de una fibra es conveniente saber a qué se deben, cómo enfatizarlas o cómo evitarlas, para así otorgarle un uso adecuado y obtener un mayor beneficio de la misma.

En el caso de la lana, es conocida por poseer un ondulado natural, por su excelente aislamiento térmico y acústico, así como por su vasta capacidad de tintura. Estas son algunas propiedades que han llevado su aplicación a la industria automotriz, de la construcción y de la confección.

### 2.2.1 Estructura y Propiedades Físicas

La lana es una fibra muy elástica y con muy buenas propiedades de recuperación, por este motivo las prendas confeccionadas con este material, se adaptan a los movimientos del cuerpo humano y recuperan fácilmente su forma inicial. Las características antes mencionadas compensan su baja resistencia o tenacidad.

Su compleja estructura le otorga características y propiedades singulares. Su estructura física contribuye a dar volumen y cuerpo a las telas, gracias al volumen derivado de su rizado y de su resiliencia, los artículos de lana ocluyen o atrapan el aire, de este modo, la lana actúa como excelente aislante térmico y conserva muy bien el calor. El aire ocluido por una prenda de lana, oscila entre el 60 y el 80% de su volumen (Gacén, 2000).

En la figura 22 se observa la sección oval -en algunas ocasiones casi redonda- de las fibras, así como diferentes diámetros. Por su parte, la figura 23 muestra las escamas superpuestas propias de la lana.

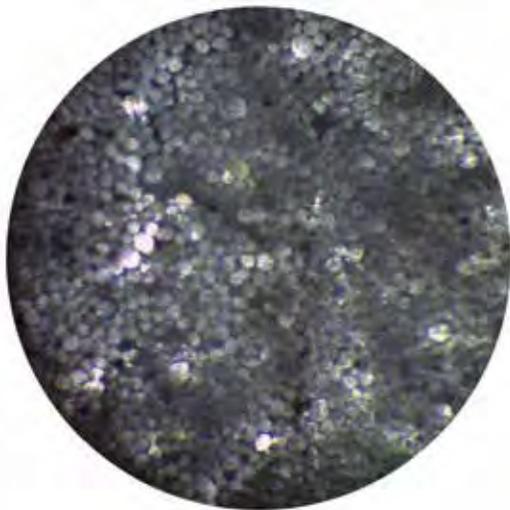


Figura 22. *Fotomicrografía de fibras de lana.*  
Corte transversal 100x  
Fuente: elaboración propia, 2015.



Figura 23. *Fotomicrografía de fibras de lana.*  
Vista longitudinal 400x  
Fuente: elaboración propia, 2015.

En la tabla 5 se explican algunas **propiedades físicas** de la lana, como son:

- Resistencia o tenacidad a la tracción
- Alargamiento a la rotura
- Resiliencia
- Resistencia a la abrasión
- Inflamabilidad
- Absorbencia o tasa legal de humedad
- Enfieltramiento
- Aislamiento térmico
- Electricidad estática



Tabla 5. *Propiedades físicas de la lana*

Propiedad	¿Qué es?
<b>Resistencia o tenacidad</b>	Es la relación entre la carga de rotura <sup>(12)</sup> y la densidad lineal del material. Define la oposición a la ruptura por deformación y da resistencia a la fricción. Se expresa en unidades del sistema internacional en: N/tex.
<b>Alargamiento a la rotura</b>	Es la longitud que gana el material al ser sometido a una fuerza de tensión, puede ser hasta el punto de rotura. Se expresa en mm o pulgadas y se calcula como la longitud estirada menos la longitud inicial. Varía a diferentes temperaturas y también si el material está seco o húmedo. El alargamiento se relaciona con la elongación, ya que la segunda, se refiere a la deformación que sufre el material expresada en porcentaje.
<b>Resiliencia</b>	Capacidad de la fibra de recuperarse a una deformación -originada por fuerzas de compresión- y a las arrugas.
<b>Resistencia a la abrasión</b>	Capacidad de la fibra para soportar el frote o desgaste por fricción.
<b>Inflamabilidad</b>	Capacidad de encenderse y quemarse.

12. Unidad de medida. Fuerza necesaria para romper un material. Se puede expresar en N, cN, mN, kN (Sistema Internacional de Unidades) o en unidades inglesas: lb-f, gf, kgf (1 lbf= 453.6 gf, 1 kgf= 1000 gf= 9.8 N).

Debido a	En la lana
Superficie externa o cutícula de la fibra.	Varía entre 9 y 18 cN/tex en seco y de 7 a 16 cN/tex en húmedo.
Rizado de la fibra y a la estructura molecular, es decir, a la orientación molecular en el rizado.	La elongación es del 20-40% en seco y del 30-60% en húmedo. Al presentar un alargamiento del 2%, las fibras se recuperan al 99%. Al alargarlas al 30% llegan a recuperar sus dimensiones originales después de un tiempo.
Rizado de la fibra.	Posee una excelente resiliencia, se recupera fácilmente después de haberse deformado, excepto cuando las condiciones ambientales son cálidas y húmedas.
Capa exterior dura, presencia de escamas o cutícula.	La resistencia a la abrasión de los tejidos de lana, es regular y la resistencia al desgarre es baja.
Composición química.	La lana auto-extingue la flama y se quema muy lentamente, incluso al contacto directo con ella. El alto contenido de nitrógeno y de humedad, contribuyen a su baja inflamabilidad, así como su elevada temperatura de ignición.

Propiedad	¿Qué es?
<b>Absorbencia o tasa legal de humedad</b>	Es el porcentaje de humedad que una fibra totalmente seca, absorbe del aire bajo condiciones normales de temperatura a 24°C y a 65% de humedad relativa.
<b>Enfieltramiento</b>	Capacidad de las fibras de entrelazarse unas con otras.
<b>Aislamiento térmico</b>	La habilidad de aislamiento térmico de la lana es debida, principalmente, al volumen que el rizo de la fibra produce en una prenda y que permite atrapar el aire dentro de la estructura fibrosa.
<b>Electricidad estática</b>	Es un tipo de energía que resulta de un exceso de carga eléctrica que acumulan determinados materiales, normalmente por rozamiento.

Fuente: adaptada de Hollen, N. (2010), Introducción a los textiles y de Concaltex (2008).

Debido a	En la lana
Composición química y a las áreas amorfas.	La recuperación de humedad de las fibras de lana está comprendida entre el 13 y el 18%. Las moléculas de agua son absorbidas y quedan alojadas en la propia estructura de la fibra, absorben humedad sin que su superficie esté mojada. Durante este proceso se libera calor (energía). Por lo tanto, en condiciones de frío y humedad, una prenda de lana es cálida porque genera calor.
Estructura escamosa y a sus propiedades de fricción.	En presencia de calor y humedad y por acción mecánica, los tejidos de lana se encogen; su longitud puede reducirse a la mitad de la original. Constituye una gran ventaja cuando se requiere fabricar telas no tejidas (fieltro).
Volumen del rizo de la fibra.	La habilidad de la lana de aislar al usuario del frío, es debida al volumen que su rizo imparte a una prenda y que permite atrapar el aire dentro de su estructura. Las prendas de lana son más abrigadoras en invierno y más frescas en verano debido al aislamiento térmico de las fibras, así como a su propiedad de absorción de agua.
Composición química, la lana es fibra natural.	Bajo condiciones de humedad normales, la electricidad estática es mucho menos evidente que en productos hechos con fibras sintéticas.

Es relevante mencionar la capacidad de las prendas de lana de absorber humedad y generar calor al pasar de un ambiente cálido a uno frío y húmedo, su capacidad aislante, su baja conductividad térmica y su poco peso. Estos atributos hacen que las prendas confeccionadas con la lana sean cálidas y confortables al frío.

La lana es una fibra hidrófila, es decir, que absorbe agua con facilidad; también tiene la cualidad de ser hidrófoba, que es la propiedad molecular de no presentar interacciones de atracción con las moléculas de agua.

La lana es hidrófila frente al vapor de agua e hidrófoba frente al agua líquida. Cuando una prenda de lana, se encuentra bajo las condiciones de una lluvia fina o cuando nieva, el agua se escurre o permanece en la superficie; lo anterior debido a la impermeabilidad que le confiere una capa muy delgada de material ceroso sobre la superficie de la fibra. Si la lluvia es fuerte, la lana absorbe una gran cantidad de agua, hasta el 30% de humedad, sin que dé la sensación de estar mojada (Gacén, 2000).

### **2.2.2 Composición y propiedades químicas**

La lana es una fibra proteica, es decir, es una fibra compuesta por aminoácidos<sup>(13)</sup> que se encuentran en la naturaleza en forma de cadenas de polipéptidos<sup>(14)</sup> de alto peso molecular (Hollen, 2010).

La fibra de lana está compuesta por una proteína llamada queratina, esta proteína también se encuentra en el cabello humano y en las uñas. La queratina contiene los elementos carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. La macromolécula de queratina posee una gran cadena de aminoácidos, uno de los más importantes es la cistina, la cual define muchas de las principales propiedades de la lana en cuanto a su comportamiento químico (Red Textil Argentina, 2012).

En las fibras de la lana se distinguen, principalmente, la cutícula que se divide en tres partes, y el córtex, que está compuesto por dos tipos de células, la orto-cortical y la para-cortical.

---

13. Sustancia química orgánica en cuya composición molecular entran un grupo amino y otro carboxilo. 20 de tales sustancias son los componentes fundamentales de las proteínas.

14. Molécula constituyente de las proteínas, formada por una cadena de aminoácidos.

La cutícula está constituida por las llamadas escamas de la lana, que abarcan toda la periferia en las fibras finas, en las fibras de diámetro medio y alto se encuentran dispuestas como las tejas en un tejado. En el córtex, hay células orto-corticales y para-corticales, que son diferentes en su composición química, forma, capacidad de hinchamiento así como en su receptividad a los colorantes. Los dos tipos de células se agrupan en dos semicilindros, esta asimetría es la causante del rizado de la lana (Gacén, 2000). En la figura 24 se observan los componentes antes mencionados.

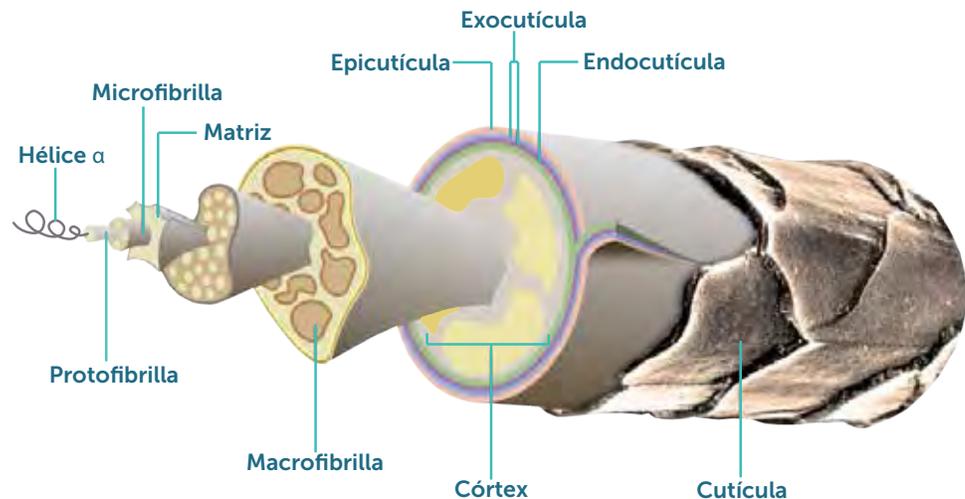


Figura 24. Estructura de la fibra de lana

Fuente: *Military Beret*. (2016).

<http://www.military-beret.com/merino-wool/#prettyPhoto>

Las lanas de mejor calidad, son las que tienen mayor número de escamas, característica que se traduce en una mayor adherencia al ser tejidas y en una mayor contracción, enrollamiento y suavidad.

La lana es muy sensible a los álcalis. Los oxidantes la atacan, sin embargo, son empleados en el proceso químico-textil. Un ejemplo de ello es el peróxido que se usa para el blanqueo y algunos productos clorados comúnmente usados para disminuir el encogimiento de las fibras. Por su parte, el hipoclorito sódico también daña la lana; cuando se usa en el proceso de blanqueo la amarillenta (Gacén, 2000).

La insolubilidad y la capacidad de tintura son propiedades químicas de las fibras muy relevantes en la industria textil. En la tabla 6 se describen estas propiedades en la lana.

Tabla 6. *Propiedades químicas de la lana*

Propiedad	¿Qué es?	Debido a	En la lana
<b>Insolubilidad</b>	Que no puede disolverse ni diluirse.	Formada por un polímero reticulado (queratina).	Para poderla disolver, y mantener intactas las cadenas polipeptídicas, es necesario romper los enlaces disulfuro de queratina por reducción o por oxidación.
<b>Capacidad de tintura</b>	Es la receptividad de la fibra a la coloración.	Áreas amorfas y sitios receptores de tintura. La queratina, por ser muy rica en el aminoácido cistina, es sensible a muchos tipos de productos químicos.	Se tiñe fácilmente con una gran variedad de familias de colorantes naturales o químicos y se obtienen muy buenos resultados de solidez.

Fuente: Elaboración propia con base en información de Gacén, J. (2000). *Fibras textiles. Propiedades y descripción*.

La queratina, es altamente afectada por los productos alcalinos, tanto concentrados como diluidos. Cuando se realizan ensayos para conocer el porcentaje de fibras en una mezcla y se desea disolver la lana, se trata la mezcla con una solución de hidróxido sódico al 5% en punto de ebullición o bien, en una solución de hipoclorito sódico que contenga hidróxido sódico a temperatura ambiente; en estos dos casos se destruye la queratina (Gacén, 2000).

El comportamiento de la lana ante los ácidos varía, por un lado es resistente a los suaves o diluidos, pero los ácidos concentrados –como el sulfúrico y el nítrico- provocan descomposición de la fibra.

La lana es susceptible a algunos microorganismos e insectos; si es almacenada en un ambiente húmedo aparecen hongos, que podrían llegar a destruir la fibra. Al ser una proteína, la lana puede ser considerada como producto alimenticio modificado y presentar una fuente de alimento para algunos insectos; las larvas de la polilla y los escarabajos son los predadores más comunes de la lana.

### 2.2.3 Clasificación de la lana

La variabilidad en las clases de lana se debe al gran número de razas de borrego de las que se obtiene. El diámetro de la fibra es la medida que se emplea para la clasificación internacional, se mide en micrómetros. Una micra ( $\mu\text{m}$ ) equivale a la millonésima ( $10^{-6}$ ) parte de 1 metro.

Por su diámetro, la lana generalmente, se clasifica en lana fina, lana media, lana crusa y lana alfombra o carpetas (Romero, 2005). Algunas empresas incluyen en esta clasificación a la lana superfina.

**Lana superfina:** menor o igual a 18 micras, es la más valiosa y se emplea para la elaboración de casimires y prendas finas.

**Lana fina:** su producción está por encima de 30% del total. Se distingue por su finura, suavidad, resistencia y elasticidad y es requerida por su facilidad para hilar, peinar y cardar. Tiene un diámetro mayor a 18 y menor a 20 micras, al igual que la lana superfina, se utiliza para la elaboración de casimires y prendas finas.

**Lana media:** Se utiliza para la elaboración de trajes y tejidos, el diámetro es de 21 a 27 micras.

**Lana gruesa o crusa:** Se utiliza para la elaboración de prendas artesanales. Su diámetro es de 28 a 39 micras.

**Lana alfombra:** Es utilizada para elaborar tejidos voluminosos, alfombras y tapices, su diámetro es de 40 micras o más.

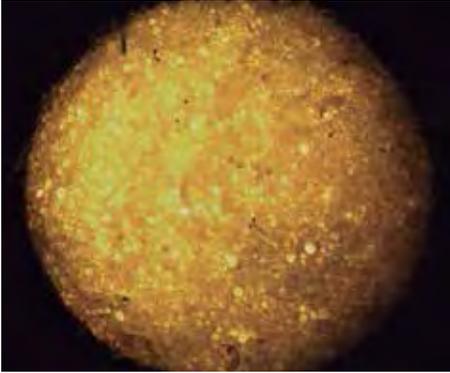


Figura 25. Fotomicrografía de fibras de lana fina.  
Corte transversal 40x  
Fuente: Laboratorio de ensayos a textiles, IPN. (2016).

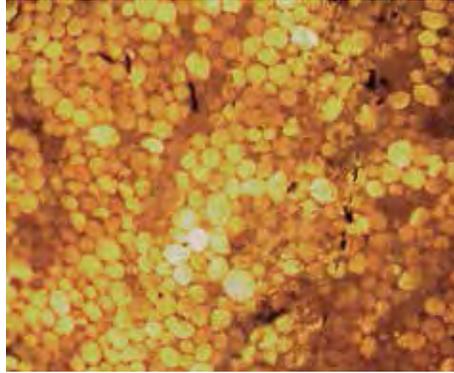


Figura 28. Fotomicrografía de fibras de lana media.  
Corte transversal 100x  
Fuente: Laboratorio de ensayos a textiles, IPN. (2016).



Figura 26. Fotomicrografía de fibras de lana fina.  
Corte transversal 100x  
Fuente: Laboratorio de ensayos a textiles, IPN. (2016).

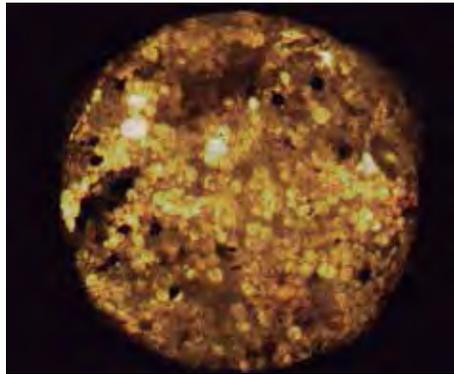


Figura 29. Fotomicrografía de fibras de lana gruesa.  
Corte transversal 40x  
Fuente: Laboratorio de ensayos a textiles, IPN. (2016).

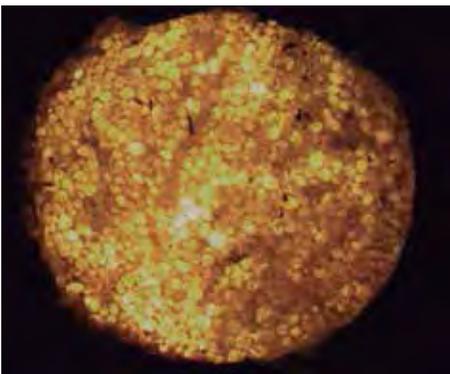


Figura 27. Fotomicrografía de fibras de lana media.  
Corte transversal 40x  
Fuente: Laboratorio de ensayos a textiles, IPN. (2016).

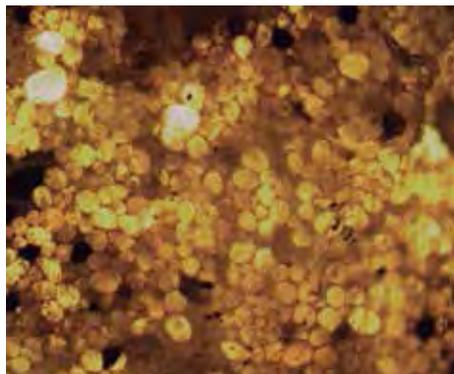


Figura 30. Fotomicrografía de fibras de lana gruesa.  
Corte transversal 100x  
Fuente: Laboratorio de ensayos a textiles, IPN. (2016).

El diámetro y la finura de la fibra varían según la raza, espécimen, edad, estado nutricional, estado sanitario y estado fisiológico del animal. La finura del vellón es determinante para el uso que se le dará (Romero, s.f).

En la Figura 31 se muestra una clasificación general de los usos finales de la lana con base en el diámetro de la fibra.

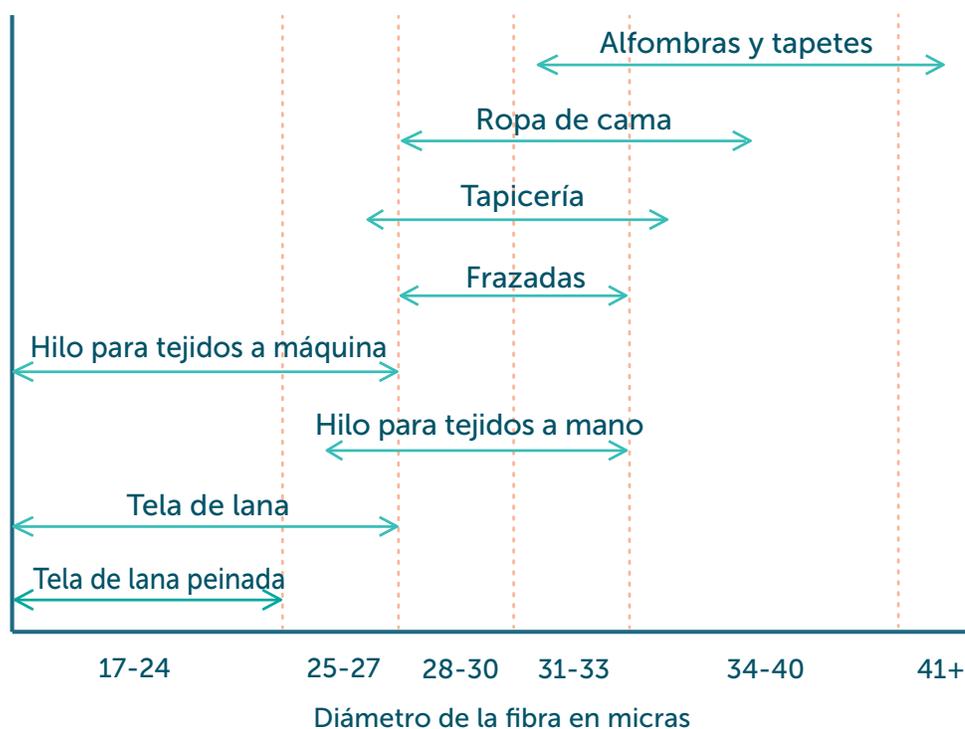


Figura 31. *Usos de la lana*

Fuente: Traducción de la figura *End use of wool*, FAO.  
<http://www.fao.org/docrep/v9384e/v9384e04.htm>

## 2.2.4 Proceso de obtención

Dentro del proceso productivo de la lana se pueden considerar dos etapas: la primera es la producción de la materia prima, realizada en el campo a través del manejo ovino, la segunda etapa es la realizada por la industria textil.

La segunda etapa, se divide, a su vez, en varias fases que varían según el uso final del tejido o fieltro obtenidos. En la figura 32 se observan dichas fases de preparación de la lana, para los procesos de hilado y fieltro, realizadas en la industria textil.

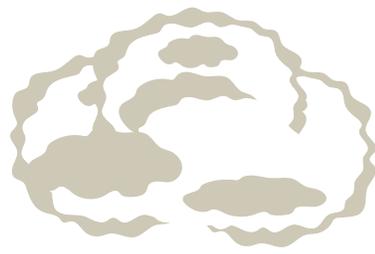


Figura 32. Preparación de la lana para los procesos de hilado y fieltrado  
Fuente: elaboración propia, 2015.

A continuación se describen las fases de preparación de la lana para su procesamiento, desde la esquila hasta el hilado o el fieltrado:

**Esquila:** es el proceso de extracción de la lana o del pelo de un ganado o de otros animales. En el caso de la oveja, mediante un corte adecuado, se obtiene una pieza entera de fibras de lana, denominada vellón.

La esquila o trasquila (corte de la lana) generalmente se realiza una vez al año, en primavera o a comienzos del verano, aunque puede realizarse dos veces al año en las regiones con clima templado. Este proceso utiliza esquiladoras mecánicas que cortan la lana en una sola pieza, llamada vellón. (Financiera Rural, 2010, p.1).

Esta técnica da sentido al término esquilar, ya que cuando son quitados los pelos o lana a pedazos, sin orden, surge el término: trasquilar.

La lana de alta calidad depende de la genética del animal, del clima y de la nutrición. Sin embargo, el manejo adecuado de las técnicas de esquilado de los animales, contribuyen en gran medida a mantener la calidad de los vellones obtenidos.

Existen dos técnicas o métodos de esquilado empleados en distintas partes del mundo:

**Método criollo o maneado:** es el más tradicional y antiguo, el animal es atado –maneado- antes de comenzar a cortar el vellón. Al terminar el corte, se suelta la oveja para esquilarse la barriga y hacer el desgarré, que es el término que se emplea para referirse a la extracción de la lana de las patas del animal.

**Método australiano Tally Hi o desmaneado:** en este método se realizan las operaciones de corte del vellón con el animal suelto, para esto, se ubica a la oveja sentada y el esquilador opera detrás de la misma. Se comienza por la barriga y se termina por la cabeza. En la figura 33 se observan todos los pasos de este método.



Figura 33. Esquilado de oveja. Método Tally Hi

Fuente: El mundo de los animales. (2016). <http://elbibliote.com/resources/animales/infografiasvertebrados.php>

**Clasificación:** las plantas manufactureras realizan sobre las lanas sucias -antes de someterlas a los distintos procesos industriales- una clasificación que tiene dos fines: separación de los vellones por finura y determinación del tipo industrial.

**Limpieza:** en esta fase se separan las fibras de la grasa y de otras sustancias extrañas, esta etapa es importante ya que se extrae la lanolina.

**Cardado:** en este proceso se utiliza una máquina que transforma las fibras en mechas que luego se enrollan en bobinas.

Después de la clasificación, la limpieza y el cardado, la fibra puede ser hilada o pasar por un proceso de fieltro.

**Hilado:** la transformación de lanas cardadas y peinadas en hilos, constituye la etapa previa para sus usos industriales. Consiste en el estirado, la torsión y el plegado.

**Fieltrado:** proceso por el cual las lanas cardadas se enmarañan mediante trabajo mecánico, calor y humedad.

En la figura 34 se explica gráficamente cada uno de los pasos enunciados anteriormente. En el capítulo 3 se profundizará sobre los procesos de obtención del fieltro.

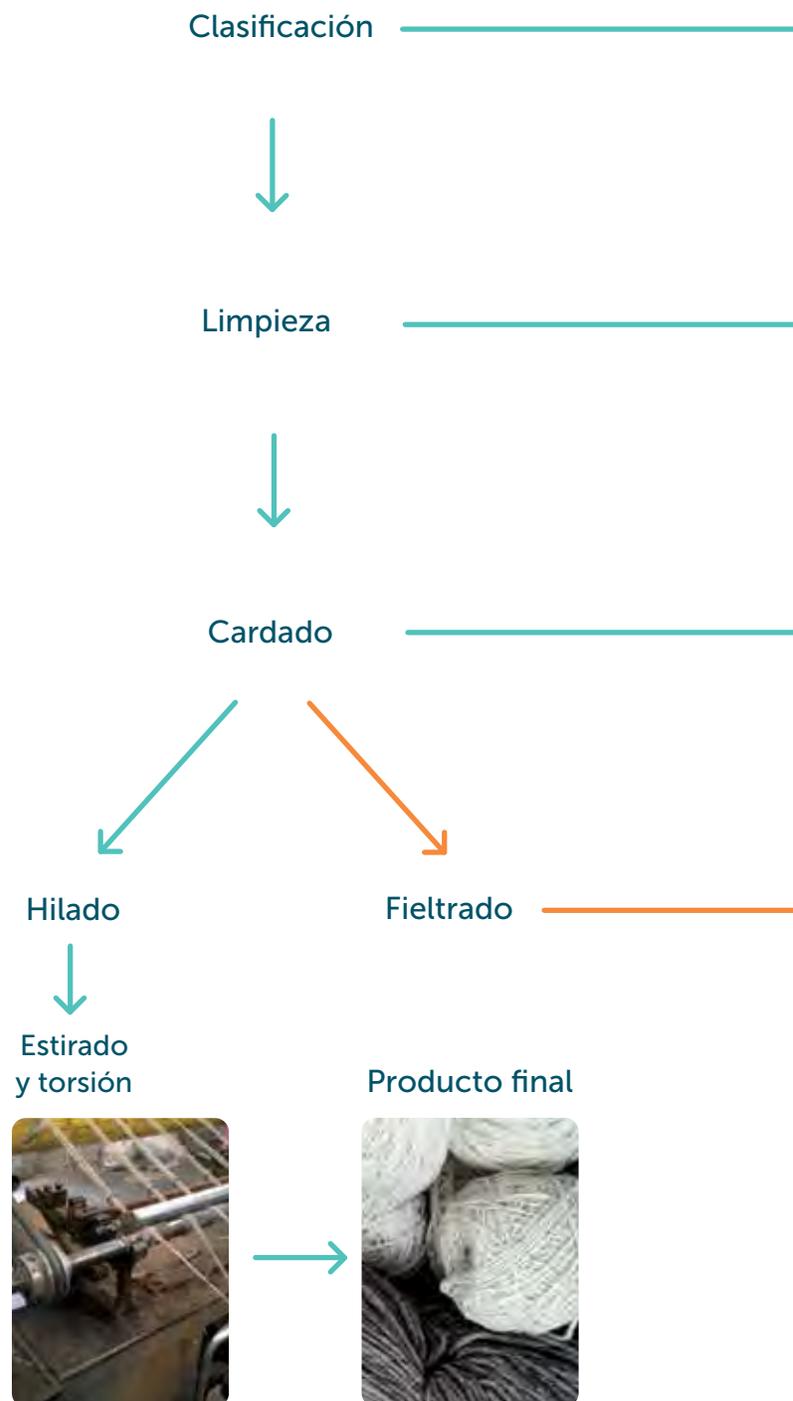




Figura 34. *Proceso de hilado y fieltado de la lana*  
Fuente: Elaboración propia, 2015.



# CAPÍTULO 3 EL FIELTRO



El fieltro es un textil no tejido, es decir, para su fabricación no se emplean procesos de tejido plano ni de tejido de punto, la construcción de este tipo de textil se da por medio de la superposición, calentamiento y fricción de las fibras, en un ambiente húmedo.

Los primeros fieltros hechos con lana y pelo de diferentes animales, se realizaron en Asia Central por tribus nómadas escitas alrededor del 800 al 400 a.n.e., los empleaban para cubrir los vagones en los que viajaban y para hacer las tiendas que habitaban. Los griegos emplearon el fieltro para la fabricación de capas y frazadas, así como para revestir sus cascos, de este modo se resguardaban de la intemperie. Tiempo después, en la fabricación de papel hecho a mano, se empleaban láminas de fieltro para prensar la pulpa húmeda. (Simpson & Crawshaw, 2002)

Sobre el fieltro, Werner von Berger menciona en su libro *Wool Handbook* (1970) que:

El fieltro de lana se puede definir como un tejido o una estructura fibrosa obtenida por el entrelazamiento de las fibras de lana mediante una combinación adecuada de trabajo mecánico, acción química, humedad y calor sin ser hilado, tejido ni tricotado. Puede consistir en una o más clases de fibras; lana, lana reprocesada y/o lana reutilizada con o sin mezcla de otras fibras ya sean naturales o sintéticas. (p. 1075)

El fieltro es un material textil muy versátil, como ya se ha mencionado anteriormente, para su producción las fibras textiles no se tejen ni se requiere algún tipo de costura. Para su fabricación, principalmente, se emplean los procesos de punzonado o prensado, este último utiliza vapor y movimiento mecánico.

El fieltro se compone de una o más clases de fibras, como lana, lana procesada, lana reutilizada, fibras artificiales o mezcla de lana con otras fibras naturales o artificiales. En la actualidad se han desarrollado diversas mezclas, a partir de estas y de aditivos, se han diversificado las características y aplicaciones de los fieltros. De igual modo, las fibras cortas, los subproductos o textiles de reuso son viables de ser procesados para la fabricación de fieltros.

La industria de la construcción y la automotriz se han beneficiado de diversas mezclas de fibras en la fabricación de fieltros; actualmente el diseño de interiores ha hecho uso de este material –en mezcla o cien por ciento de lana– para producir lámparas, cojines y mobiliario. Además de los usos en accesorios y vestimenta, el fieltro de lana se emplea para pulir y quitar rebabas de metales, plásticos y joyería.

El espesor y densidad del material varían según el uso que se le da y sus características dependen de la fibra o de la mezcla de fibras que se usan para su fabricación; algunos fieltros fabricados son de: meta-aramida (Nomex), para-aramida (Kevlar), polipropileno, poliéster, acrílico, rayón/viscosa y lana.

A pesar de que el fieltro es ampliamente utilizado en la industria automotriz y en la industria de la construcción, su utilidad va más allá de estas; diversos tipos de fieltros se encuentran en actividades y objetos cotidianos como puede ser un sombrero, un portavasos, decorativos, mesas de juego, filtros, almohadillas de tinta, cojines, alfombras, pantuflas, protectores de piso, entre otros.

### 3.1 No tejidos

Para la fabricación de los textiles no tejidos<sup>(15)</sup>, se emplean diversas fibras, ya sean naturales o artificiales según el uso que se le dará al material obtenido. Así mismo, se pueden producir compuestos no tejidos, es decir, telas no tejidas que para su elaboración emplean una mezcla de fibras naturales y/o artificiales.

El término *no tejido* ha tenido múltiples modificaciones a través del tiempo, realizadas por diferentes autores, agencias de estandarización y asociaciones de la industria. A pesar de ello, la siguiente definición es reconocida a nivel internacional; según la norma ISO 9092 un no tejido es:

[...] una lámina prefabricada, tela o napa de fibras direccionalmente o aleatoriamente orientadas, unidas por la fricción y/o la cohesión y/o adhesión, con excepción del papel y productos tejidos por calada o punto, tricotados, o unidos por puntadas con hilos o filamentos [...]

Por su parte, la Asociación Europea de Desechables y No tejidos (EDANA, por sus siglas en inglés) y la Asociación de la Industria de las telas no tejidas (INDA) recientemente propusieron a la Organización Internacional de Normalización, la siguiente definición:

Un no tejido es una lámina de fibras, filamentos continuos o hilos cortados, de cualquier naturaleza u origen, transformados en una red o napa por cualquier medio, unidas entre sí por cualquier medio, excepto procesos tejidos o tricotados. Los fieltros obtenidos por procesos de molienda en húmedo no se consideran no tejidos.

Las telas creadas por procesos en húmedo, son consideradas no tejidos, siempre y cuando contengan un mínimo de 50% de fibras hechas por el hombre, u otras fibras de origen no vegetal con una relación de longitud-diámetro igual o superior a 300, o un mínimo de 30% de fibras hechas por el hombre, con una proporción de longitud-diámetro igual o superior a 600 y un máximo de densidad aparente de 0,40 g/cm<sup>3</sup>.

Las estructuras compuestas son consideradas no tejidos siempre y cuando su masa contenga 50% de material no tejido según las definiciones anteriores, o cuando el componente no tejido tiene un papel predominante.

15. El término conocido a nivel mundial para referirse a este textil es *nonwoven*.

Otra definición de los no tejidos es la que aparece en el diccionario textil de la casa Aruta (Guerrero, 2004), que los define como:

Estructura fibrosa en forma de lámina coherente de fibras enmarañadas o enlazadas, sin el paso de estas por el proceso clásico de hilatura y luego entrecruzado por medio del tisaje, mallas de punto, trenzado u otra forma de manipulación de hilo. Comprende diferentes tipos de tejidos [sic] y artículos o productos que reciben los siguientes nombres:

- a) telas no tejidas
- b) fieltros
- c) guatas
- d) papeles

En la tabla 7 se explican algunas características de los fieltros de esta clasificación.

Tabla 7. *Clasificación de los no tejidos*

Denominación	Longitud de la fibra (pulgadas)	Características generales
<b>Telas no tejidas</b>	½ a 5	Tejidos en plancha, aprestados y enlazados por un medio conveniente que adhiera a las fibras unas con otras.
<b>Fieltros</b>	½ a 5	Empieza mezclas de lana y por un proceso mecánico de desordenamiento se forma una lámina no aprestada ni encolada.
<b>Guatas</b>	1 a 5	Profunda o ligeramente encoladas por la pulverización. Son napas o telas de fibras entrelazadas en varios grosores, pesos y anchos.
<b>Papeles</b>	1/8 a 0.5	Formadas por fibras manufacturadas o sintéticas, mediante un proceso húmedo, generalmente encolados.

Fuente: Guerrero, S. (2004).

### 3.2 procesos de producción de no tejidos

Los procesos de producción influyen de manera directa en las características estructurales de los no tejidos; otra forma de clasificación de los no tejidos, además de la mencionada en la tabla 7, es por su proceso de producción.

A pesar de que los avances tecnológicos han modificado las etapas de producción de los no tejidos, y algunas se superponen o incluso se dan al mismo tiempo, la EDANA las clasifica en 3:

**Etapas 1.** Conformación de la lámina o red

**Etapas 2.** Unión o consolidación de la red

**Etapas 3.** Acabado

Estas etapas son descritas por la EDANA de la siguiente forma:

#### Etapas 1

**Conformación de la lámina o red.**- la fabricación de los no tejidos comienza con el acomodo de las fibras a manera de lámina o red. Las fibras pueden ser fibras cortas o filamentos extruidos<sup>(16)</sup>, derivados de polímeros fundidos. Para formar estas láminas o redes se emplea alguno de los siguientes métodos:

- Proceso en seco (*Drylaid*). Puede ser con carda o con aire. El **método con carda** (*carding*), que se observa en la figura 35, es un proceso mecánico que comienza con la apertura de los fardos<sup>(17)</sup> de fibras, que se mezclan y se transportan a la siguiente etapa. A continuación, las fibras se peinan en una cardadora, que es básicamente, un tambor giratorio o una serie de tambores cubiertos de alambres finos o dientes; la orientación de las cardas depende del peso de la tela deseada y de la orientación que se requiera para las fibras. Cuando las cardas tiene un acomodo en paralelo, las fibras adquieren el sentido de las bandas que la transportan y la lámina o red obtenida, tiene una buena resistencia a la tracción, baja elongación y baja resistencia al desgarre en la dirección de la máquina y mejor resistencia en la dirección transversal.

16. Extrusión: consiste en hacer pasar bajo la acción de la presión un material, en este caso termoplástico, a través de un orificio llamado hilera, con forma más o menos compleja, de manera que el material adquiere una sección transversal igual a la del orificio.

17. Paquete muy grande y apretado.

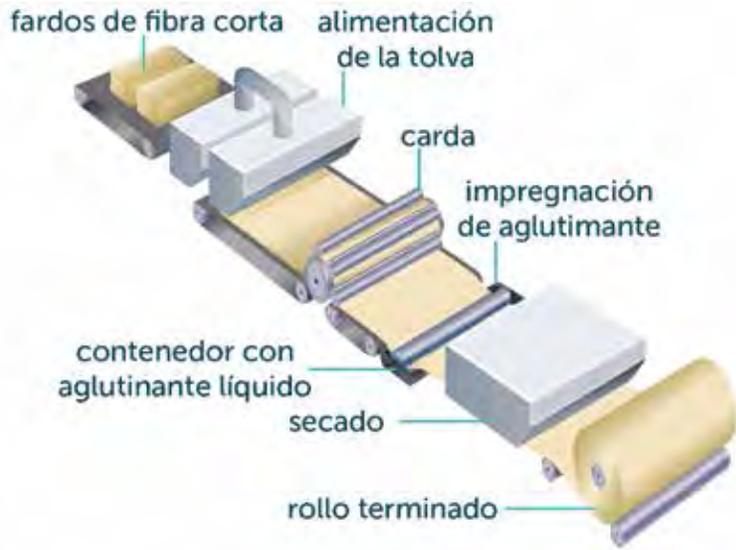


Figura 35. Drylaid. Método con carda con impregnación de aglutinante  
 Fuente: traducción de la figura Drylaid. EDANA. (2016). <http://www.edana.org/discover-nonwovens/how-they're-made/formation>

En el **método con aire** (*airlaying*), las fibras -que pueden ser muy cortas- son alimentadas hacia una corriente de aire y desde ahí van hacia una cinta móvil o tambor, donde forman una lámina o red, con las fibras orientadas de manera aleatoria. En comparación con las láminas obtenidas por el método de carda, las láminas procesadas por el método con aire tienen menor densidad y mayor suavidad. Este tipo de laminado permite una gran versatilidad en términos de las fibras que se pueden emplear.

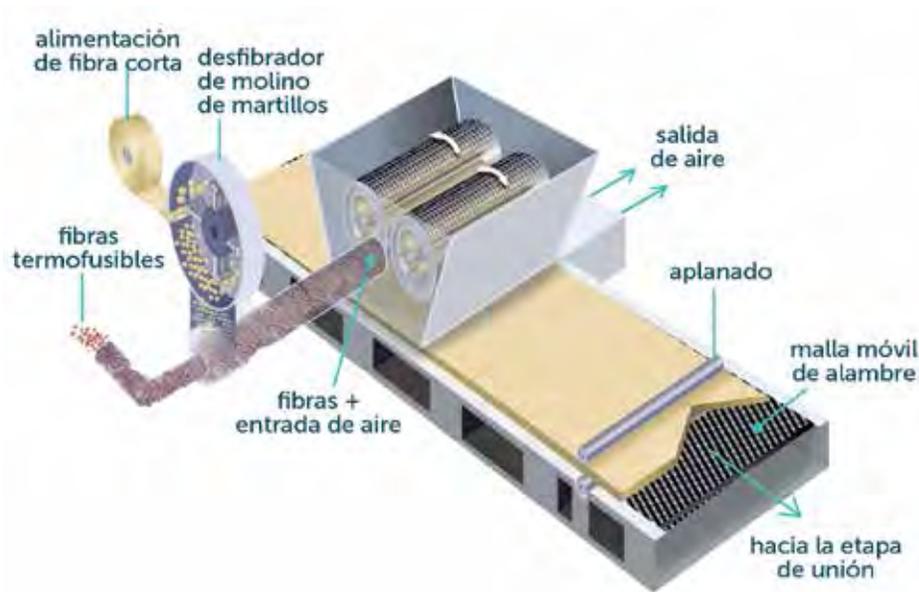


Figura 36. Airlaying. Método con aire  
 Fuente: traducción de la figura Airlaying. EDANA. (2016). <http://www.edana.org/discover-nonwovens/how-they're-made/formation>

- **Spunmelt.** Es un término genérico que se refiere al proceso de fabricación de telas no tejidas a partir de polímeros termoplásticos. Abarca dos procesos y la combinación de ambos.

El primer método es **por fusión o ligado térmico**, conocido como *spunlaid* o *spunbond* (figura 37), en el que los gránulos de polímero son derretidos y extruidos. Los filamentos que resultan, se enfrían y se depositan sobre una banda para formar un lámina uniforme. Este proceso tiene la ventaja de dar mayor resistencia a los no tejidos, pero la flexibilidad de la materia prima es restringida. En este método suele emplearse la co-extrusión de segundos componentes, con el fin de proporcionar propiedades adicionales o capacidad de unión.

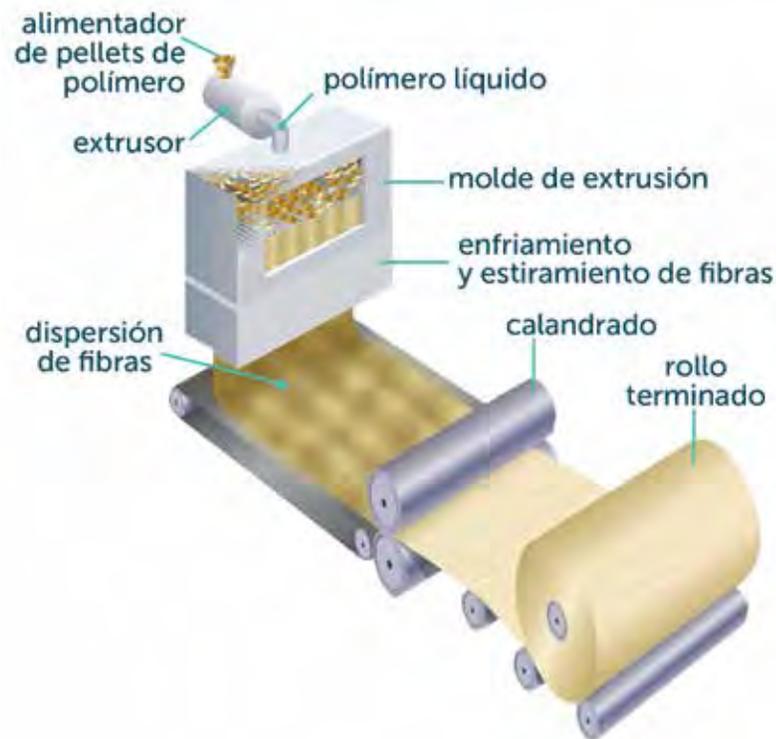


Figura 37. Spunlaid. Método por fusión

Fuente: traducción de la figura Spunlaid. EDANA. (2016). <http://www.edana.org/discover-nonwovens/how-they're-made/formation>

En el **método por fusión y soplado** (*meltblown*), los polímeros de baja viscosidad son extruidos hacia una corriente de aire de alta velocidad que disipa lo fundido, lo solidifica y lo convierte en una red o lámina fibrosa.

- **Proceso en húmedo** (*wetlaid*). Este proceso es similar a la fabricación del papel; la diferencia radica en la cantidad de fibras artificiales presentes en este método de fabricación de materiales no tejidos. Una

suspensión de agua y fibras es colocada en un tamiz, posteriormente es drenada para formar una lámina. Esta red o lámina se deshidrata y se consolida al pasar por un rodillo para después ser secada. A menudo es impregnada con aglutinantes en una etapa posterior. La resistencia de la lámina es similar en todas sus direcciones, debido al acomodo aleatorio de las fibras.

En este proceso se puede usar una amplia gama de fibras, naturales, artificiales y minerales de diferentes longitudes.

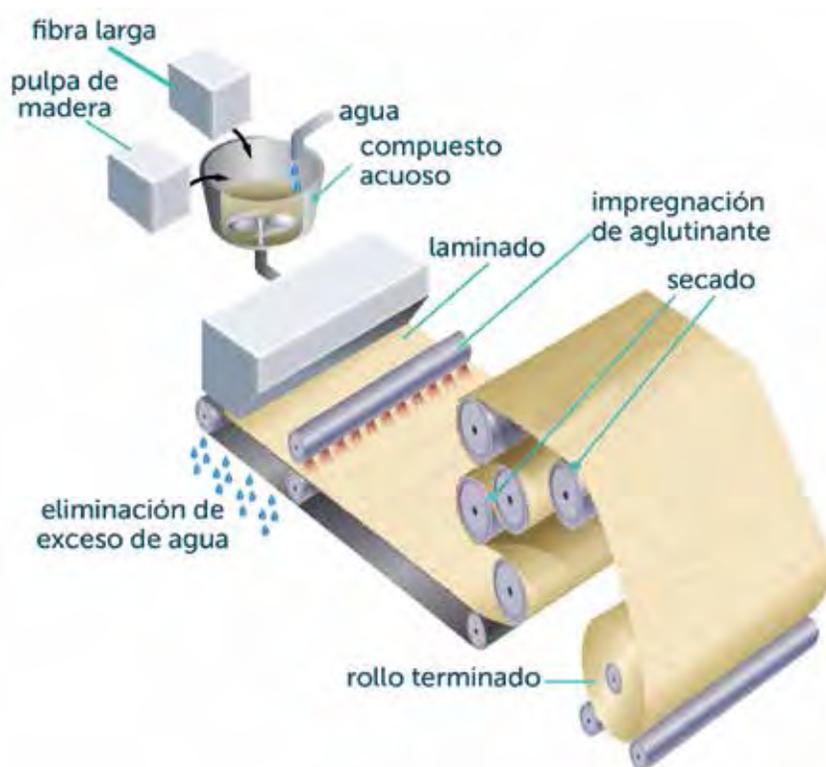


Figura 38. *Wetlaid. Proceso en húmedo*

Fuente: traducción de la figura Wetlaid. EDANA. (2016). <http://www.edana.org/discover-nonwovens/how-they're-made/formation>

- Existen otras técnicas especializadas, desarrolladas recientemente en las que la producción de la fibra, la formación de la lámina y la unión se dan al mismo tiempo.

## Etapa 2

**Unión o consolidación de la red.**- las láminas formadas por los procesos anteriores, con excepción de las generadas por spundlaid, tienen poca resistencia. Por este motivo es necesario que la red o lámina se consolide por algún medio, este proceso de unión es fundamental en la producción

de no tejidos. La elección del método es tan importante como la selección de fibras. Existen tres tipos de consolidación: químico, térmico y mecánico.

- **Unión química.** Principalmente se refiere a la aplicación de un agente de unión de base líquida a la lámina, para lo que se emplean tres grupos de materiales: polímeros y copolímeros aglutinantes-acrilatos, copolímeros estireno-butadieno y copolímeros de etileno y acetato de vinilo.

Los aglutinantes base agua son los más empleados, sin embargo, también se pueden encontrar soluciones de disolventes orgánicos.

El aglutinante puede aplicarse de diferentes maneras, como por ejemplo por impregnación, recubrimiento o pulverización.

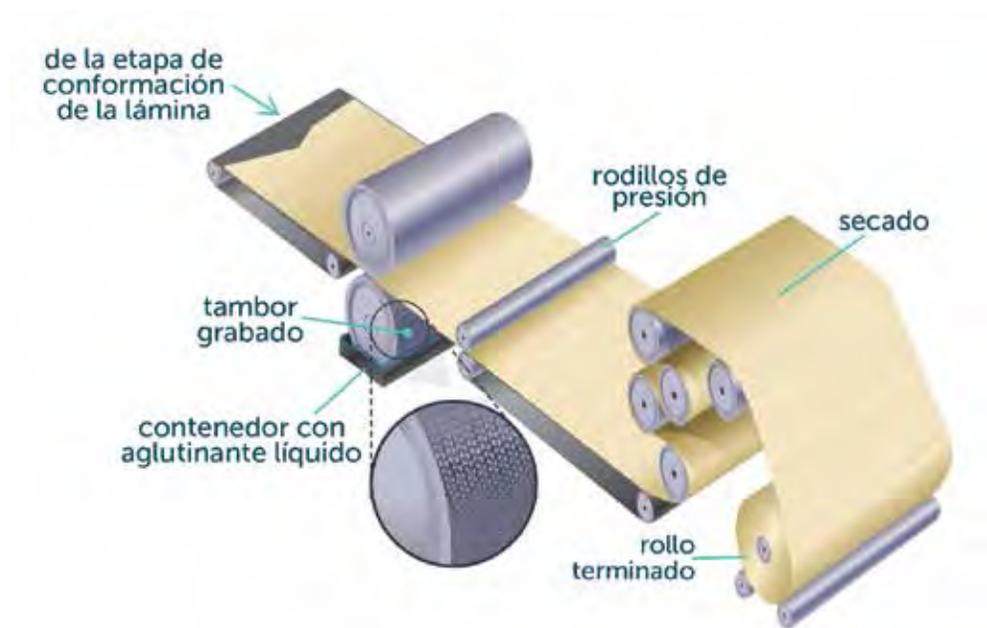


Figura 39. Unión química

Fuente: traducción de la figura Chemical bonding. EDANA. (2016). <http://www.edana.org/discover-nonwovens/how-they're-made/bonding>

- **Unión térmica.** Este método utiliza las propiedades termoplásticas de ciertas fibras artificiales para formar enlaces bajo calor controlado. En algunos casos la misma fibra de la lámina o red puede ser empleada, sin embargo, la mayoría de las ocasiones se agrega una fibra de bajo punto de fusión cuando se forma la lámina, que tendrá la tarea de unir las fibras en una etapa posterior del proceso.

Dentro de los sistemas de unión térmica que existen, se encuentran el calandrado, que utiliza calor y alta presión aplicados mediante rodillos para soldar las fibras; por aire, del que se obtienen productos más

voluminosos a través de la unión general de la lámina que contiene fibras con bajo punto de fusión en un ambiente de aire caliente; por tambor, donde se aplica presión y calor para formar productos de volumen medio.



Figura 40. Unión térmica

Fuente: traducción de la figura Web bonding. Calendering. EDANA. (2016). <http://www.edana.org/discover-nonwovens/how-they're-made/bonding>

- **Unión mecánica.** En este tipo de unión el refuerzo de la lámina o red, se consigue con la fricción de las fibras como resultado de su entrelazamiento físico. Existen dos principales tipos de unión mecánica, el punzonado y el hidro-enlazamiento.

El punzonado se puede usar con la mayoría de las fibras. Miles de agujas especialmente diseñadas para este proceso, entran y salen de la lámina para enredar las fibras. Por este medio, se pueden procesar láminas de distintas características para producir una serie de propiedades difíciles de lograr por otros métodos.

El hidro-enlazamiento se aplica principalmente en lanas cardadas o procesadas en húmedo. Emplea chorros finos de agua con alta presión para hacer que las fibras se entrelacen.

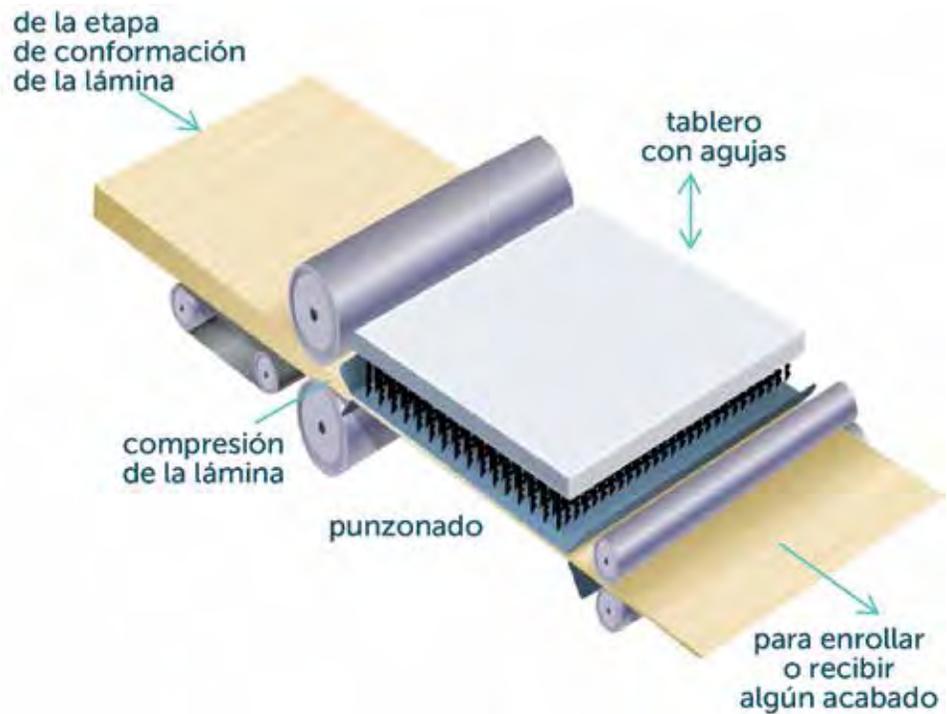


Figura 41. *Unión mecánica*

Fuente: traducción de la figura Web bonding. Needlepunching. EDANA. (2016). <http://www.edana.org/discover-nonwovens/how-they're-made/bonding>

### Etapa 3

**Acabado.**- para poder lograr el producto con las características que busca el mercado, se pueden agregar propiedades a las telas. Se puede emplear una gran variedad de sustancias químicas antes o después del proceso de consolidación, así como aplicar diferentes procesos químicos.

Se pueden hacer telas no tejidas con características conductivas, ignífugas, repelentes al agua, porosas, antiestáticas, transpirables, y absorbentes, por mencionar sólo algunas. También pueden ser revestidas, impresas, teñidas o combinarse con otras telas para crear laminados más complejos.

Después de esta etapa, la tela no tejida se encuentra terminada y lista para el proceso de cortado, plegado, cosido o termosellado, etc., que la convertirá en un producto específico.

### 3.3 Generalidades del fieltro

Debido a la amplia variedad de usos que se le da al fieltro, hoy en día este se fabrica en diversos espesores, densidades, texturas y recientemente, también se ha diversificado la gama de colores; así mismo, su composición es variada. Las características de las fibras que se utilicen en la producción de un fieltro y el producto que se fabrique con él, determinan el método de su producción.

Este textil no tejido tiene la posibilidad de ser cortado con herramientas comunes como tijeras y *cutter*, con máquinas láser y mediante el troquelado.

Posee varias ventajas en comparación con otros textiles, una de ellas es que no se deshilacha, esta característica facilita los acabados y disminuye los procesos en la fabricación de los productos finales. Otra ventaja relevante para los fabricantes de telas, es que el costo de producción de los no tejidos es más bajo en relación con otro tipo de construcción textil y los tiempos de producción de los primeros son menores; esto último también incide en el costo de fabricación.

El fieltro de lana es un excelente aislante térmico y acústico y es un material no inflamable. Tiene una alta resistencia a la tensión y a la compresión, absorbe energía y gracias a su superficie escamada, tiene una alta capacidad de filtración, y por esto retiene partículas microscópicas en su estructura.

#### 3.3.1 Procesos de fieltro

En el apartado 3.2 se explicaron con detalle los diferentes métodos de producción de los no tejidos. En particular, estos métodos pueden ser utilizados para la fabricación de fieltro. Ortiz y Reiner (2009) encontraron que los métodos de producción más empleados para el fieltro industrial son: a) Fieltrado plano con presión superior; b) Fieltrado por revolución con presión superior; c) Fieltrado en máquina rotacional y d) Fieltrado en seco por punzonado.

- a) Fieltrado plano con presión superior. Es el más empleado para la obtención de fieltro industrial. Consiste en superponer sobre una superficie rígida capas de lana. Las fibras de cada capa que se disponga serán colocadas transversalmente a la anterior. Mediante la presión proporcionada por una placa superior, que realiza un movimiento oscilante, sumado a un suministro de vapor de una solución de agua jabonosa, se conseguirá el fieltro deseado.

- b) Fieltrado por revolución con presión superior. La materia prima se dispone de la misma forma que en el método anterior. Una vez dispuesto el vellón de lana, se aplica la solución jabonosa en forma de spray y se envuelve en un material impermeable y flexible, como el nylon. Ya envuelta, se enrolla sobre sí misma y se ata para impedir que el rollo obtenido se deshaga. Este rollo se coloca sobre un dispositivo que consta de tres rodillos dispuestos de manera triangular; dos como base (uno de ellos aporta la fuerza motora) y el tercero superior aplica la presión necesaria para el fieltrado.
- c) Fieltrado en máquina rotacional. Se emplea un molde sobre el cual se disponen las fibras. Una vez cubierto, se envuelve con un material flexible y permeable, como la lycra, que permita que durante el proceso la solución jabonosa penetre en todas las fibras. Básicamente la máquina está constituida por una jaula rotativa donde se depositan, por un lado el molde revestido y por otro piezas irregulares cuya función será la de impactar contra el molde, favoreciendo el fieltrado. Paralelamente se suministra la solución jabonosa como en el resto de los procesos.
- d) Fieltrado en seco por punzonado. En este proceso el vellón se coloca en unas camas dentadas que separan las grandes bolas de fibras, posteriormente llegan a una zona imantada que retira todas las basuras metálicas que pudieran contaminar el fieltro o dañar la máquina. Así, la fibra pasa por unos rodillos dentados que las alinean y crean camas uniformes. Varias camas superpuestas pasan a través de unos rodillos que las presionan para generar una capa delgada de aproximadamente 1 cm de espesor. Esta capa es presionada y pinchada por una placa con miles de agujas, repetidamente hasta obtener el espesor deseado. Finalmente el paño obtenido pasa por unos rodillos que terminan el proceso de fieltrado.

Estos procesos se pueden aplicar a las diferentes calidades de lana, por lo que el fieltro obtenido puede variar dependiendo de las características de las fibras.

### 3.3.2 Usos del Fieltro

En este trabajo de investigación se propone la siguiente clasificación de las aplicaciones del fieltro: a) decoración, b) indumentaria, c) usos técnicos.

#### a) Decoración

- pantallas de lámparas
- revestimientos de muros
- cojines
- tapicería de sillones, poltronas, otomanos y sillas
- cuencos
- tapetes
- macetas

#### b) Indumentaria

- zapatos
- abrigos
- chalecos
- mascadas
- sombreros
- joyería
- bolsas

#### c) Usos técnicos

- filtros
- autopartes
- empaques
- instrumentos musicales
- aislantes térmicos y acústicos
- geotextiles
- desechables
- productos de higiene absorbentes

### 3.3.3 El fieltro en el diseño

Como se pudo observar en el apartado anterior, las aplicaciones del fieltro son muy diversas. Para efectos de esta investigación el enfoque se hizo hacia los objetos para la indumentaria y complementos, así como los desarrollados para el diseño de interiores.

En las tablas 8 y 9 se muestran algunos productos elaborados con fieltro de lana diseñados en países como Argentina y Australia, que son de los principales productores de lana en el mundo.

Tabla 8. *Productos elaborados con lana fielturada: indumentaria y complementos*

Producto / Indumentaria y complementos	Descripción	Empresa / País de origen
	<p>Saco de fieltro con capucha. Interior forrado en tela</p>	<p>Makas / Argentina</p>
	<p>Bolsa de fieltro. Bordada. Interior forrado con tela estampada.</p>	<p>Makas / Argentina</p>
	<p>Botas de fieltro y piel.</p>	<p>My felt boots / Lituania</p>

Producto / Indumentaria y complementos	Descripción	Empresa / País de origen
	Botines de fieltro y piel	My felt boots / Lituania
	Pantuflas de fieltro	My felt boots / Lituania
	Bolsa de fieltro y piel	My felt boots / Lituania

Fuente: elaboración propia, 2015.

Tabla 9. *Productos elaborados con lana fielturada: interiorismo*

Producto / Interiorismo	Descripción	Empresa / País de origen
	Tapete modular de fieltro. Medidas variables	Crafted systems / Estados Unidos

Producto / Interiorismo	Descripción	Empresa / País de origen
	<p>Cuenco modular de fieltro</p>	<p>Crafted systems / Estados Unidos</p>
	<p>Cojín de fieltro</p>	<p>Emily Ziz. Style Studio / Australia</p>
	<p>Tapete de fieltro</p>	<p>Emily Ziz. Style Studio / Australia</p>
	<p>Silla de fieltro</p>	<p>Emily Ziz. Style Studio / Australia</p>

Producto / Interiorismo	Descripción	Empresa / País de origen
	<p>Tapete modular de fieltro. Medidas variables</p>	<p>Tapetes de Fieltro. Déjate Querer / México</p>
	<p>Tapete modular de fieltro. Medidas variables</p>	<p>Tapetes de Fieltro. Déjate Querer / México</p>
	<p>Flor modular para recubrimiento de muros</p>	<p>Emily Ziz. Style Studio / Australia</p>
	<p>Muro de fieltro</p>	<p>Anne Kyro Quinn / Reino Unido</p>

Fuente: elaboración propia, 2015.

### 3.4 Materiales compuestos y no tejidos que integran lana

El término **compuesto** (*composite*) proviene del latín *compositus*, que significa juntar, es decir, se refiere a hacer algo mediante la unión de diferentes partes o materiales. Esta definición tiene algunas variantes como la propuesta por Holliday (1990), quien define compuesto para la industria de los no tejidos, como un material que comprende dos o más partes o elementos diferentes, en donde cada material posee sus propias características. Estos materiales pueden incluir fibra, tela, plástico, súper absorbentes y otros materiales, se convierten en una parte homogénea y no son separables de la estructura total.

Por su parte, la INDA y la EDANA conjuntamente definieron en 2005, al material compuesto, como la combinación macroscópica de dos o más materiales diferentes con una interfaz reconocible entre ellas.

Según los términos y definiciones textiles del Instituto Textil, un compuesto se define como un producto formado por la combinación de dos o más fases físicas, por lo general una matriz sólida y un material fibroso.

Para la industria de las fibras sintéticas o artificiales, los *compuestos* son materiales con matriz de plástico y con fibras cortas de alta tenacidad como refuerzo; sin estos refuerzos, los plásticos no serían suficientemente rígidos, sólidos y resistentes al impacto.

En la tabla 10 se sintetizan resultados de investigaciones recientes realizadas en diferentes países sobre no tejidos y materiales compuestos con mezclas de fibras naturales con artificiales o naturales con naturales y su potencial aplicación. En la primera columna se identifica el nombre de la investigación, en la segunda los objetivos propuestos y en la tercera los resultados más relevantes que se obtuvieron.

En la tabla 11 se muestran investigaciones actuales sobre compuestos no tejidos que integran lana, con el objetivo de mejorar el desempeño de la fibra o encontrar un uso viable.

Tabla 10. Investigaciones recientes realizadas en diferentes países sobre no tejidos y materiales compuestos

Investigación	Objetivos
<p>1. <b>Development of insulation composite based on FR bast fibers and wool</b> (Koslowski, Mielaniak, Muzyczek &amp; Mankowski, 2008).</p>	<p>Analizar las propiedades de los materiales de aislamiento térmico ligeros, elaborados con materias primas naturales (fibras de lino, cáñamo y lana). Medir el rendimiento y los coeficientes de las propiedades de estos materiales, que tienen efecto sobre el microclima, (higroscopicidad, capacidad de eliminar las cargas electrostáticas). Identificar las ventajas ambientales y sobre la salud del hombre al emplear aislantes de fibras naturales. Se discutió el método para aumentar la resistencia de las fibras vegetales (lino, cáñamo) al fuego, utilizando el tratamiento retardante de fuego desarrollado en el <i>Institute of Natural Fibres</i> (INF), Polonia.</p>
<p>2. <b>Mechanical behaviour of jute cloth/wool felts hybrid laminates</b> (Santulini &amp; Sarasini, 2013).</p>	<p>Fabricar nuevas fibras reforzadas por compuestos híbridos de lana y yute. Investigar el efecto de dos secuencias diferentes de apilado sobre el comportamiento mecánico. Estudiar el desempeño al impacto de lana/yute de los compuestos híbridos entre capas. Este trabajo experimental está dirigido a la caracterización de nuevos materiales compuestos reforzados con fibras basadas en resina epoxi<sup>(18)</sup> tanto con la proteína (lana) y ligno-celulósico (yute).</p>
<p>3. <b>Efficiency of recycled wool-based nonwoven material for the removal of oils from water</b> (Radetic, Ilic, Radojevic, Miladinovic, Jovic &amp; Jovancic, 2008)</p>	<p>Evidenciar el uso potencial de un no tejido de base de lana reciclada para la eliminación de combustible diesel, crudo, base vegetal y aceite de motor del agua. Se investigó la capacidad de absorción del material en agua y en aceite sin agua, la retención de aceite, la reutilización absorbente y la flotabilidad en condiciones estáticas y dinámicas.</p>
<p>4. <b>Layered nonwovens from coarse domestic wool and thermoplastic bonding fibres</b> (Janjic, Milosevic &amp; Bartol, 2013)</p>	<p>La lana gruesa se utiliza, principalmente como material de relleno para las almohadillas y el acolchado textil así como aislamiento térmico en ingeniería civil. El enfoque de la investigación fue sobre el uso de lana gruesa doméstica para fines técnicos. Se estudiaron materiales no tejidos de lana en capas de masa comparable por unidad de superficie unida con fibras de dos componentes de poliéster (BiCoPES) y fibras de polipropileno de un solo componente (PP). La lana gruesa se utilizó como fibra base.</p>

18. Polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador.

## Resultados obtenidos

Se desarrollaron no tejidos aislantes flexibles, como materiales ambientalmente amigables para emplearse como material de revestimiento y aislamiento para la vivienda, mobiliario interior y transporte. Para su fabricación se utilizaron compuestos de fibra de lino FR (*Flame Resistant*) y fibras de cáñamo FR. El resultado se obtuvo mediante un método eficaz de tratamiento FR de fibras celulósicas (lino, cáñamo). Para obtener mejores propiedades de barrera, las fibras de lino se mezclaron con la lana, que se caracteriza por sus buenas propiedades físicas.

La hibridación con yute mejoró significativamente las propiedades mecánicas de los materiales compuestos de lana. Los resultados confirmaron el papel positivo de la hibridación con fibras de yute en la mejora tanto en la resistencia a la tracción y el comportamiento a la flexión de los materiales compuestos a base de lana, aunque se destacó la necesidad de una mejor adhesión entre las fibras de lana y la matriz epoxi.

Los resultados muestran una alta capacidad de absorción de la lana reciclada para diferentes tipos de aceite. Este absorbente también mostró una excelente flotabilidad después de 24h de absorción, así como una buena reutilización mientras que la disminución de la capacidad de absorción no exceda del 50% del valor inicial después de cinco ciclos de absorción en el aceite sin agua.

El material no tejido que fue termofijado con fibras de PP era más compacto, más delgado y tenía menor resistencia a la tracción que la tela no tejida con fibras termofusionadas BiCoPS. La morfología de las uniones cohesivas (entre las fibras sintéticas) y de las uniones adhesivas (entre las fibras sintéticas y la lana) era diferente para las fibras PP que para las fibras BiCoPES. Debido al calentamiento, en algunos puntos las fibras de PP se fundieron por completo, mientras que en las fibras BiCoPES las fibras retienen su forma, siendo capaz de contribuir a la fuerza mecánica del no tejido. La adhesión entre las fibras sintéticas y lana era pobre.

Investigación	Objetivos
<p>5. <b><i>A study of wool/polypropylene non-wovens as an alternative to the Hansen Filter</i></b> (Schütz &amp; Humphries, 2010)</p>	<p>Se han investigado no tejidos de lana/polipropileno para su aplicación en filtros de lana electrostáticos como una alternativa al filtro Hansen de resina/lana. Las pruebas de carga de polvo de metileno azul muestran que, mientras las fibras se limpien adecuadamente, se logra la baja penetración de partículas y baja caída de presión en comparación con filtros puramente mecánicos. Los filtros muestran las curvas de carga de penetración de polvo que han sido ampliamente reportadas en los filtros electrostáticos y la moderada penetración de partículas y la caída de presión son comparables a los filtros electrostáticos comerciales.</p>
<p>6. <b><i>Agave nonwovens in polypropylene composites – Mechanical and thermal studies</i></b> (Maya, Sikampula &amp; Boguslavsky, 2015)</p>	<p>Se manufacturaron y se estudiaron las propiedades mecánicas y visco-elásticas de las fibras de agave en materiales compuestos de polipropileno. Se emplearon tres tipos de compuestos: agave-piña (A-PALF), agave-residuos de lana (A-WW) y agave-polipropileno (A-PP). Se emplearon técnicas como el análisis termo-gravimétrico y el análisis mecánico-dinámico para la caracterización de los materiales compuestos.</p>
<p>7. <b><i>Lightweight polyethylene non-woven felts for ballistic impact applications: Material characterization</i></b> (Chocron, Pintor, Gálvez, Roselló, Cendón &amp; Sánchez-Gálvez, 2008)</p>	<p>El fieltro de polietileno, <i>Dyneema Fraglight</i>, tiene una excelente capacidad para detener los fragmentos de bomba. Según el fabricante, un fieltro con una densidad superficial de 1,2 kg/m<sup>2</sup> detiene un proyectil 17 granos<sup>(19)</sup> a 450 m/s.</p>
<p>8. <b><i>Feltability of course wool and its application as technical felt</i></b> (Raja, Shakyawar, Kumar, Pareek &amp; Temani, 2013)</p>	<p>En este estudio se propuso utilizar la lana gruesa para la producción de fieltro para su aplicación en textiles técnicos. Se muestra que la capacidad de fieltro de la lana gruesa es muy baja debido a que tiene un diámetro mayor y un menor número de escamas por sección transversal en comparación con lanas finas. Por lo tanto, se mezcló con diferentes proporciones lana fina para la preparación del fieltro con las normas aceptables. Se procuró eliminar parcialmente la fibra kemp<sup>(20)</sup> mediante el cardado.</p>

Fuente: elaboración propia, 2015.

19. Unidad de medida que indica la cantidad de pólvora con la que se cargó un cartucho. Un grano equivale a 0.064 gramos.

20. Que posee propiedades físicas distintas según la dirección en que se mide.

## Resultados obtenidos

El óptimo rendimiento se logra cuando en la mezcla, se presentan superficies iguales de lana y polipropileno. En comparación con una mezcla que no genera ninguna carga, los filtros polipropileno/lana muestran un orden de magnitud de mejor rendimiento. La carga en estos filtros es estable durante un período de al menos dos años y medio.

En términos de resistencia mecánica, la incorporación de materiales no tejidos de agave mejoraron la resistencia a la tracción de los materiales compuestos. Los materiales compuestos que contienen no tejidos A-PP muestran propiedades mecánicas superiores en comparación con los otros dos (A-PALF y A-WW). Se encontró que el módulo de almacenamiento de los materiales compuestos era el máximo para los compuestos A-PP, esto indicó un aumento de la rigidez en materiales compuestos que contienen fibras sintéticas. El amortiguamiento disminuyó con la incorporación de los no tejidos de agave. Se desarrollaron bandejas para automoción a partir del compuesto agave-PP por el proceso de moldeo por compresión.

Las pruebas de tensión estática se realizaron a diferentes velocidades de deformación y temperaturas. Las pruebas de tensión estática mostraron que hay un efecto de tamaño importante: la fuerza de las muestras disminuye al aumentar el tamaño de la misma, para longitudes de 5 cm o menos. Este efecto era esperado ya que el fieltro fue fabricado con fibras mezcladas, peinadas y se empleó la técnica de *needle punching* en fibras de 5 cm de largo. Las pruebas también mostraron que el fieltro es anisotrópico<sup>(3)</sup> y que a una temperatura de 100°C pierde una parte significativa tanto de su fuerza como de su tensión a la rotura.

El nivel de mezcla, de la lana gruesa y la lana fina procesadas, está optimizado en términos del comportamiento de *fieltrabilidad*. Se prepararon tres calidades de fieltro para usos técnicos, empleando la mezcla optimizada de lanas gruesas y finas, y se evaluaron sus propiedades de rendimiento como aislamiento térmico, resiliencia y resistencia a la abrasión. Los resultados muestran que la lana gruesa en mezclas con lana fina, en una proporción de 60:40, se puede emplear para la preparación de fieltros técnicos. Los fieltros desarrollados pueden ser utilizados como paneles de aislamiento térmico y absorción de sonido, y para absorción de químicos o aceites.

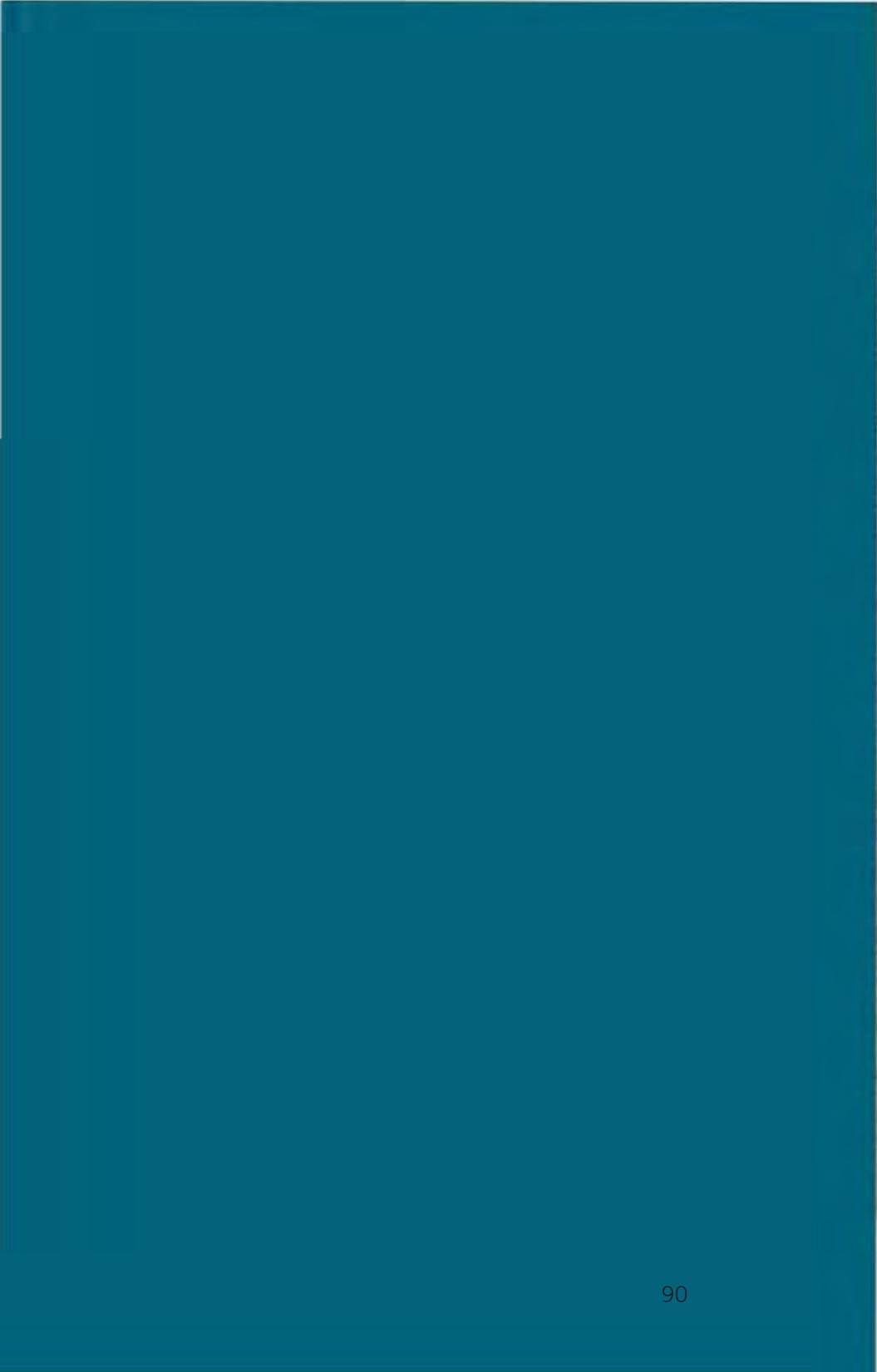
Tabla 11. *Investigaciones recientes realizadas en diversos países entorno al mejoramiento o aplicaciones de la lana*

Investigación	Objetivos	Resultados obtenidos
<p>1. <b>Modification of wool fabric using ecologically acceptable UV-assisted treatments</b> (El-Sayed, &amp; El-Khatib, 2005)</p>	<p>Modificar tejidos de lana mediante tratamientos ecológicamente aceptables con el fin de mejorar su resistencia al encogimiento y a las frisas. Algunos tejidos de lana fueron irradiados con luz ultravioleta por diferentes periodos de tiempo. Los tejidos irradiados con UV se trataron con un agente oxidante (peróxido de hidrógeno o monoperoxiftalato de sodio) o una enzima proteasa (papaína o Savinase 16L tipo EX).</p>	<p>Se encontró que el tejido de lana, tratado con estos sistemas, es eficaz en la reducción de frisas y el encogimiento, sin pérdida severa de peso ni de resistencia de la tela.</p>
<p>2. <b>Diseño Sustentable: oportunidades de agregar valor a la cadena lanera</b> (Ariza &amp; Kohanoff, 2007)</p>	<p>Explorar nuevas aplicaciones para las lanas de baja calidad: <i>blousse -fibras de lana que se descartan en el proceso de peinado-</i>. En los talleres dictados por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) en Argentina mediante la técnica de fieltro. Se trataron contenidos relacionados con las características, las propiedades, las posibilidades y los procesos de producción de la fibra de lana.</p>	<p>La relevancia que adquirió este taller, al que concurrieron artesanos, pequeños productores y jóvenes de diversas zonas de Argentina, se debió al importante aporte que realizó al desarrollo productivo local, al ampliar los usos tradicionales de la lana y facilitar espacios de participación e intercambio que propician la organización social.</p>

Fuente: elaboración propia, 2015.



No tejidos. 2015



# CAPÍTULO 4. FIELTRO DESARROLLADO



Para llegar al desarrollo del material, el trabajo de campo se dividió en tres fases. En la fase 1: requerimientos para ensayos a textiles, se realizó una investigación documental que comenzó con el análisis de los requerimientos y los ensayos a telas no tejidas (apartado 4.1).

En la fase 2: pruebas preliminares, se determinaron cuáles eran las fibras a las que se podía tener acceso así como las que podían someterse al proceso de fieltro artesanal; se consideró que para la experimentación no se contaría con la maquinaria industrial necesaria para procesar las fibras. En esta fase se elaboraron muestras preliminares con diversas fibras tanto naturales como artificiales.

En la fase 3: fieltro CWO-PAN desarrollado, se verificó la factibilidad de realizar algunos de los ensayos que establece la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés), para la evaluación de telas no tejidas así como los procedimientos que se consideraron pertinentes para la investigación y para el análisis posterior del material.

## **4.1 Fase 1: requerimientos para ensayos a textiles**

Para evaluar las características de cualquier textil desarrollado, es necesario aplicar pruebas de laboratorio que permitan cuantificarlas y conocer sobre su probable rendimiento en función del uso al que será destinado.

Es este apartado se enuncian las pruebas que se deben realizar a los no tejidos de acuerdo con la ASTM y con el Instituto Nacional de Normalización Textil A.C. (INNTEX)<sup>(21)</sup>.

### **4.1.1 Condiciones ambientales para la realización de ensayos**

Para el análisis y control de la calidad de las fibras, los hilos y los tejidos, se realizan diversos ensayos tanto físicos como químicos, mismos que permiten determinar la composición de los materiales, su estructura y sus características físicas y mecánicas. Esta información resulta fundamental para el fabricante y posteriormente también lo será para el consumidor (Martínez, 1976).

---

21. Asociación civil constituida de conformidad con las leyes de la República Mexicana, que tiene por objetivo estudiar, elaborar y publicar normas y documentos técnicos que establezcan esencialmente los métodos de prueba, las especificaciones y la nomenclatura que permita evaluar la calidad de los productos; la verificación de todas las operaciones y productos que correspondan a la actividad textil de fibras, hilados, tejidos y vestido en la República Mexicana y en el extranjero; y, la certificación de todas las operaciones y productos que correspondan a la actividad de fibras, hilados, tejidos y vestido en la República Mexicana, así como en el extranjero, mediante el otorgamiento de certificados a sistemas de calidad, procesos, personas y servicios que cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas y las Normas Mexicanas.

La composición y el porcentaje de las fibras que conforman cada material textil, define sus características. Un ejemplo de ello es la higroscopicidad, que es la propiedad que poseen las fibras de absorber la humedad del ambiente, que se ve reflejada en el producto textil.

Para la ejecución de los ensayos a textiles, es necesario que las condiciones de humedad y temperatura no afecten las propiedades de las fibras, como la mencionada anteriormente; por lo que los ensayos se deben realizar en condiciones idóneas para que las características de las fibras sean más estables y los resultados no se alteren de manera considerable (Guerrero, 2004).

Existen normatividades que establecen las condiciones del ambiente para los ensayos a textiles, Martínez (1976) menciona que "los ensayos mecánico-tecnológicos deben llevarse a cabo, de ser posible, en clima normalizado, es decir, a  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $65 \pm 3$  por 100 de humedad ambiente [...]" (p.176).

Así mismo, Guerrero (2004) señala que "la norma UNE-EN 20.139: 1993 establece que los laboratorios de pruebas deben tener en su atmósfera 65% de humedad relativa y una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ , ambas condiciones con un margen de tolerancia permitida de  $\pm 2\%$ ."<sup>(22)</sup>

Por su parte, el INNTEX señala en la norma NMX-A-139-INNTEX-2014 con título Atmósferas normales para acondicionamiento y ensayo, las características y uso de una atmósfera para acondicionamiento, para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los textiles y una atmósfera alterna normal que puede ser usada si hay previo acuerdo entre las partes. Misma que especifica 65% de humedad relativa  $\pm 4\%$  y una temperatura de  $20^{\circ}\text{C} \pm 2\%$ .

Las normas anteriores coinciden, en términos generales, en las condiciones de temperatura y humedad en las que se deben realizar los ensayos a textiles.

#### 4.1.2 Ensayos realizados en telas no tejidas

La ASTM en su Guía para la Evaluación de Telas no tejidas bajo la designación D1117-01, menciona que los procedimientos para evaluar estos textiles son:

- Resistencia a la abrasión
- Absorción
- Permeabilidad al aire

22. Norma UNE: acrónimo de Una Norma Española, son un conjunto de normas tecnológicas creadas por los comités técnicos de normalización (CTN).

- Fuerza de rotura y alargamiento
- Resistencia al estallido
- Acondicionamiento
- Cambio dimensional (encogimiento o alargamiento)
- Lavado en seco
- Resistencia a la flexión
- Masa
- Distribución de aglutinante
- Resistencia a la rotura de la costura
- Desgarro trapezoidal
- Desgarro Enmeldorf
- Espesor

## 4.2 Fase 2: pruebas preliminares

Las fibras que se emplearon en esta etapa de pruebas fueron seleccionadas con base en la factibilidad para lograr su obtención y la factibilidad para someterse a un proceso de fieltro así como de las características que se estudiaron en el capítulo 1.

En esta fase se desarrollaron cinco mezclas con diferente composición; las fibras mezcladas fueron WO-PES, CWO-IX y CWO-CO. La lana que se utilizó para elaborar las primeras muestras fue de fibra larga, con la que también se realizó una muestra 100% de lana. Estos materiales fueron proporcionados por la Escuela Superior de Ingeniería Textil (ESIT) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Las muestras que se realizaron con la mezcla WO-PES fueron las siguientes: fieltro 1 60WO-40PES, fieltro 2A 50WO-50PES, fieltro 2B 50WO-50 y fieltro 3 80WO-20PES. Para el fieltro 1, la mezcla de fibras se generó en el mismo proceso de fieltro, mientras que las mezclas de los fieltros 2A y 2B y del fieltro 3, se realizaron en máquina.

Posterior a la mezcla WO-PES, se realizaron dos mezclas con fibras naturales, en las que se utilizó como material base la lana gruesa, que es el elemento clave de la presente investigación. Para estas muestras se mezcló la lana gruesa con ixtle y algodón.

Una vez que se han realizado las muestras es necesario pasar al proceso de su evaluación. Para evaluar un textil se realizan diversos procedimientos que contribuyen a conocer sus características y su posible uso. Para esta investigación, se efectuaron tres procedimientos en dos muestras preliminares y se observó el tiempo y material requeridos para que estas se pudieran llevar a cabo. Debido a que se requiere una gran cantidad de tiempo y recursos materiales para realizar las pruebas para todos los fieltros en el laboratorio de ensayos a textiles de la ESIT del IPN, se tomó la decisión de efectuar los procedimientos únicamente para el fieltro desarrollado con la lana gruesa.

En los siguientes apartados se explica con mayor detalle las mezclas y los procesos que se realizaron en esta segunda fase.

#### 4.2.1 Caracterización de materiales

Para identificar características de los fieltros al realizar los ensayos, Guerrero (2004) propone un conjunto de elementos a ser considerados. De acuerdo con los objetivos de la presente investigación se seleccionaron algunos de estos elementos en función de los materiales utilizados, pero sobre todo en función de la disponibilidad de los laboratorios en los que se realizarían los ensayos.

- **Número de espécimen.** A cada muestra se le asigna un número de identificación con el fin de facilitar el ordenamiento, procesamiento y análisis de la información recabada en los ensayos.
- **Composición.** Se refiere a la cantidad de fibras que constituyen un material textil y se expresa en porcentajes (5%, 20%, 100% etc.).
- **Medidas.** A diferencia de los tejidos en los que esta característica se define por la orientación de los hilos –trama y urdimbre en el caso del tejido plano-, en los no tejidos se suele determinar una dirección transversal y una longitudinal, ya que carecen de una estructura regularmente ordenada.

La dirección transversal va de derecha a izquierda o viceversa y la longitudinal de arriba hacia abajo o al contrario.

#### 4.2.2 Ensayos y procedimientos seleccionados

De la lista mencionada en el apartado 4.1.2, se seleccionaron algunos ensayos a realizar en función de la cantidad del material desarrollado

disponible. Estos ensayos se realizaron con base en la normatividad del Instituto Nacional de Normalización Textil A.C. También se emplearon como apoyo algunas normas UNE y ASTM.

Se realizaron seis ensayos que se describen a continuación:

- **Identificación de fibras en el microscopio.** Este método se aplica a cualquier clase de tela. Resulta sumamente importante conocer la composición de los textiles, tanto para el productor como para el consumidor, ya que dependiendo la fibra se conocerá cuál será el posible comportamiento del textil a determinado ambiente o uso.

Este procedimiento se realiza en un microscopio, como el que se muestra en la figura 42, el cual permite ver las fibras aumentadas. La ampliación del microscopio se define como la relación entre el diámetro o longitud aparente de la imagen y el diámetro o longitud del objeto, es decir, si el microscopio aumenta 100 diámetros un objeto, la imagen que estamos viendo es 100 veces mayor en términos lineales.

Para calcular el aumento lineal dado por el microscopio, se deben multiplicar los aumentos respectivos al objetivo y el ocular empleados, si se emplea un objetivo de 40X y un ocular de 10X, la ampliación lineal con que estamos viendo la muestra será de 400 veces, es decir 400X (Fashion Laboratory).



Figura 42. *Microscopio digital*  
Fuente: elaboración propia, 2016.

- **Masa.** Esta prueba se aplica a cualquier clase de tejido y es muy importante para establecer una relación entre la calidad de las telas y su costo; ya que el peso está relacionado con el costo y el precio de venta, además de que puede proporcionar un indicio sobre el uso final.

La norma NMX-A-301/1-INNTEX-2009 Industria Textil -No tejidos- Parte 1 Determinación de la masa por unidad de área –método de prueba, define que para este ensayo, el espécimen debe estar previamente acondicionado, a  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $65 \pm 3$  por 100 de humedad ambiente, 4 horas antes de realizar la prueba. Se recomienda realizar la medición de 5 masas.

Esta prueba se realiza en una balanza analítica o de precisión, como la que se muestra en la figura 43.



Figura 43. *Balanza analítica*  
Fuente: elaboración propia, 2016.

Para esta prueba, es relevante considerar el monto exacto de la recuperación de agua contenida en los especímenes. La prueba ASTM D-1909 explica la cantidad aceptada por contenido de humedad para cada fibra (Telco Textil, 2016).

Tabla 12. *Cantidad de agua aceptada en las fibras para calcular su peso*

Fibra	Recuperación de humedad (%)
acetato	6.5
acrílico	1.5
algodón	8.0
nylon	4.5
poliéster	0.4
lana	13.6

Fuente: Telco Textil. (2016). Con información de ASTM D-1909.

- **Dimensionado de muestras.** El procedimiento de la norma UNE-40355:1976, establece que, para determinar las dimensiones de las telas (largo y ancho), las mediciones se deben realizar con las telas previamente acondicionadas, extendidas sobre una superficie lisa y plana. Dicha superficie debe ser de mayor tamaño que la tela a medir para evitar un alargamiento o una deformación que altere sus dimensiones, y en consecuencia los resultados (Guerrero, 2004).

Como se mencionó con anterioridad, a diferencia de los tejidos planos, las telas no tejidas no tienen una estructura que indique el ancho y el largo, por este motivo se debe determinar la dirección transversal y longitudinal para efectuar las mediciones.

Las mediciones se realizan con un flexómetro. La tela debe estar completamente lisa, se debe cuidar que no se generen arrugas en la misma. Es recomendable sujetar los extremos con algún adhesivo para evitar que la tela se mueva. Se procede a medir los extremos a lo ancho y a lo largo (sección transversal y longitudinal).

Para obtener un resultado confiable es recomendable realizar 5 mediciones a lo ancho y 5 a lo largo para calcular un valor medio.

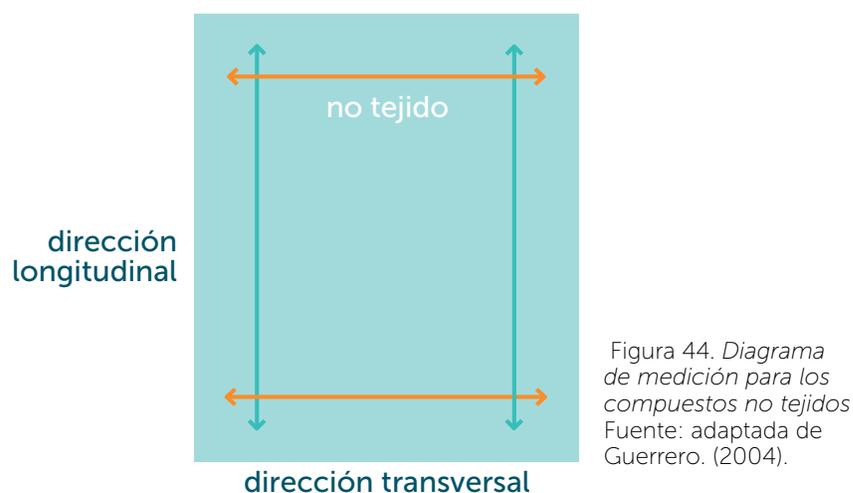


Figura 44. Diagrama de medición para los compuestos no tejidos  
Fuente: adaptada de Guerrero. (2004).

- **Espesor de la tela.** En este ensayo se emplea un método no destructivo, ya que las mediciones se aplican a las telas completas sin tener que cortar ninguna probeta. Únicamente se coloca la tela o un espécimen en la máquina y se registran las lecturas correspondientes.

La norma NMX-A-301/2-INNTEX-2005 Determinación del espesor –Método de ensayo, menciona que deben realizarse al menos 5

mediciones. En esta prueba se emplea un aparato denominado calibrador de espesor o micrómetro como el que se muestra en la figura 45.

Se recomienda evitar las mediciones en los extremos de la tela ya que en estas zonas suelen ser más delgadas.



Figura 45. *Micrómetro*  
Fuente: elaboración propia, 2016.

- **Resistencia a la tracción.** Es la propiedad de los hilos y las telas de soportar una fuerza aplicada a una velocidad y en un periodo de tiempo determinado (Guerrero, 2004).

La norma NMX-A-301/3-INNTEX-2005 Industria Textil –No tejidos- Parte 3-Determinación de la resistencia a la tracción y el alargamiento –Método de prueba, recomienda realizar 5 tracciones.

Esta prueba se realiza en un dinamómetro como el que se muestra en la figura 46. Se cortan los especímenes empleando un molde de acrílico o de corcho, esta prueba se realiza en la dirección transversal y longitudinal de la tela.



Figura 46. *Dinamómetro*  
Fuente: elaboración propia, 2016.

- **Resistencia a la abrasión.** En los hilos y fibras, el desgaste por roce puede determinarse por frotamiento longitudinal o transversal durante un tiempo determinado. Los aparatos donde se realiza este ensayo, producen un movimiento rotativo o de vaivén, además de estar provisto de un contacto rugoso.

En las telas, el espécimen se somete a un movimiento de vaivén frente al cuerpo rugoso, que puede contener lija, cuero, metal u otros materiales. La norma NMX-A-172-INNTEX-2012 Determinación de la resistencia a la abrasión plana (Taber) en los materiales textiles –Método de prueba, menciona que deben hacerse 5 abrasiones. En esta prueba se utiliza un abrasímetro (Taber) de plataforma rotatoria de doble cabeza, como el que se muestra en la figura 47.



Figura 47. *Abrasímetro Taber*  
Fuente: elaboración propia, 2016.

### 4.2.3 Fieltros WO-PES

Para la elaboración de los fieltros se trabajó con diferentes mezclas y diferentes proporciones en su composición. Para determinar estos porcentajes, se realizó una revisión en el mercado y se tomaron como referencia los siguientes porcentajes estándar: 50-50, 60-40 y 80-20. Los especialistas en estos materiales mencionan que se requiere un mínimo del 30% de fibras de lana para que haya una conglomeración adecuada (Comercializadora MOURHA S.A. de C.V., s.f).

Las primeras muestras se realizaron con la mezcla de lana de fibra larga y de poliéster (WO-PES). La figura 48 muestra las fibras que se utilizaron en la elaboración de estas muestras preliminares. A partir del color "crudo" se puede identificar que la fibra natural es la lana; por otra parte, la fibra artificial, el poliéster, tiene un color blanco, homogéneo y brillante.



Figura 48. Fibras para la mezcla WO-PES. Lana (izquierda) y poliéster (derecha)  
Fuente: elaboración propia, 2015.

A continuación se describen las 5 muestras elaboradas con esta mezcla.

#### 4.2.3.1 Feltro 1

##### Folio de identificación: F1 60WO-40PES

- **Composición.** La mezcla de las fibras se realizó pesando los componentes en una proporción 60% WO - 40% PES; se definió esta proporción debido a que fue la identificada como estándar dentro de las proporciones utilizadas por empresas que se dedican a la fabricación de feltro. El peso total de la mezcla fue de 25 gr., y estuvo compuesta por 15 gr. de lana y 10 gr. de poliéster (fibra disponible en ESIT). En este procedimiento se empleó una báscula digital Camry (figura 49).



Figura 49. *Báscula digital Camry*  
Fuente: elaboración propia, 2015.

- Procedimiento de fieltro.** Ambos componentes se dividieron en porciones de 5 gr. Se colocaron una a una capas uniformes, intercalando dos capas de lana por una de poliéster que fuera perpendicular a la última capa, así hasta emplear toda la fibra. Posteriormente se realizó el proceso manual de fieltro en húmedo. Se empleó jabón marca Zote. La primera y la última capa fueron de lana. Se siguió este procedimiento en la elaboración de dos muestras de la misma composición y del mismo tamaño (figura 50).



Figura 50. *Acomodo de fibras para la elaboración de fieltro 1*  
Fuente: elaboración propia, 2015.



Figura 51. *Fieltro 1*  
Fuente: elaboración propia, 2015.

- Apariencia.** En el fieltro obtenido, mismo que se muestra en la figura 51, se observan variaciones en el color. Los tonos claros corresponden al poliéster y los de tono amarillo a la lana.

Aún cuando no se midió el espesor de la muestra, se observó que se obtuvo un fieltro muy poroso y más ligero en relación con su volumen, es decir, con apariencia esponjosa.

- **Medidas.** La forma de la muestra obtenida no fue regular debido al proceso de fieltro, por lo que se consideran como medidas aproximadas 25 x 25 cm.

#### 4.2.3.2 Fieltro 2A

##### Folio de identificación: F2A 50WO-50PES

- **Composición.** Este fieltro se elaboró con lana y poliéster en una proporción 51% WO – 49% PES. La mezcla de las fibras se realizó en una máquina Gill, la diferencia de la mezcla obtenida con esta máquina en relación con el fieltro 1, fue la uniformidad de la mecha. Esto se debe a que con la máquina, el proceso de mezclado de las fibras, se puede repetir tantas veces como se desee hasta obtener la uniformidad que el usuario requiera; esto se muestra en la secuencia de figuras 52-55.



Figura 52. *Acomodo de fibras en máquina Gill*  
Fuente: elaboración propia, 2015.



Figura 53. *Mezcla de fibras en máquina Gill*  
Fuente: elaboración propia, 2015.



Figura 54. Mezcla de fibras en máquina Gill  
Fuente: elaboración propia, 2015.



Figura 55. Mezcla para fieltro 2

- Procedimiento de fieltro.** Se colocaron una a una, capas uniformes hasta emplear toda la fibra. Posteriormente se realizó el proceso manual de fieltro en húmedo, para el que se empleó detergente no iónico. El efecto que tuvo dicho detergente fue que las fibras no se fieltroaron, esto de acuerdo con los expertos del laboratorio, se debió a un cambio del pH de la lana y, como consecuencia, a un cambio en la estructura de las fibras.



Figura 56. Detergente no iónico  
Fuente: elaboración propia, 2015.



Figura 57. Fieltro 2A  
Fuente: elaboración propia, 2015.

- **Apariencia.** En la figura 57 se observa que no hubo cohesión entre las fibras a pesar de que la mezcla fue más homogénea que en el fieltro 1; no se logró hacer un fieltro. El color de la mezcla es uniforme.
- **Medidas.** La forma de la muestra obtenida tampoco fue regular debido al proceso de fieltro, por lo que se consideran como medidas aproximadas 25 x 25 cm.

#### 4.2.3.3 Fieltro 2B

##### Folio de identificación: F2B 50WO-50PES

- **Composición.** Este fieltro se elaboró con la misma mezcla que el fieltro 2, lana y poliéster en una proporción 51% WO – 49% PES.
- **Procedimiento de fieltro.** Se colocaron capas uniformes, por cada capa en sentido vertical se colocó una en horizontal hasta emplear toda la fibra. Se realizó el proceso manual de fieltro en húmedo con jabón marca Zote. Hubo mayor cohesión entre las fibras, sin embargo quedaron algunas zonas sin integrarse.



Figura 58. *Fieltro 2B*  
Fuente: elaboración propia, 2015.

- **Apariencia.** Como se observa en la figura 58, no hay gran variación de tonalidades, esto se debe a que la mezcla se realizó con mayor precisión que en el fieltro 1, al emplear la máquina Gill. Esta muestra tiene una apariencia esponjosa.
- **Medidas.** 25 x 25 cm. aproximadamente.

#### 4.2.3.4 Fieltro 3

##### Folio de identificación: F3 80WO-20PES

- **Composición.** Para este fieltro se realizó una mezcla de lana y poliéster en la máquina Gill, la proporción fue 80% WO – 20% PES.

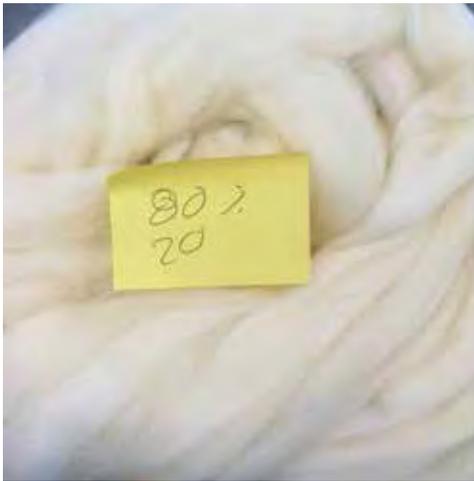


Figura 59. Mezcla para fieltro 3  
Fuente: elaboración propia, 2015.

- **Procedimiento de fieltro.** Se colocó una a una, capas uniformes, primero en sentido horizontal y luego en vertical, así sucesivamente hasta emplear todo el material. Posteriormente, se hizo el proceso manual de fieltro en húmedo con jabón líquido para manos. El resultado fue un compuesto no tejido, en el que las fibras se integraron satisfactoriamente.



Figura 60. Fieltro 3  
Fuente: elaboración propia, 2015

- **Apariencia.** El color es uniforme, sólo se perciben ligeras variaciones. Como las fibras se integraron mejor que en los fieltros 1, 2A y 2B, el fieltro obtenido fue de un espesor menor, con una consistencia más compacta.
- **Medidas.** 30 x 30 cm. aproximadamente.

#### 4.2.4 Fieltros CWO

Después de realizar las mezclas WO – PES, se hicieron mezclas de la lana con otras fibras naturales, el algodón y el ixtle, mismas que se estudiaron en el capítulo 1 (figuras 1 y 4). En estas mezclas se utilizó lana gruesa, que como ya se mencionó con anterioridad, es el componente clave de esta investigación.

La lana gruesa utilizada provenía del estado de Tlaxcala, que es uno de los 5 principales productores de lana a nivel nacional (FND, 2015).

En los siguientes apartados se describen las características de la lana empleada y los procesos de fieltro que se realizaron para estas mezclas.

##### 4.2.4.1 Características de la lana empleada

Previo a la elaboración de los fieltros, se realizaron los siguientes procedimientos de caracterización del material: identificación microscópica, longitud de fibra, diámetro y denier.

- **Identificación microscópica.** En su sección transversal se puede observar la forma oval de la fibra. Se identificaron diferencias notables en el color de las fibras que componen el material, estas diferencias son la evidencia de que o bien hay una mezcla de fibras de lana o que el color del vellón no es uniforme.

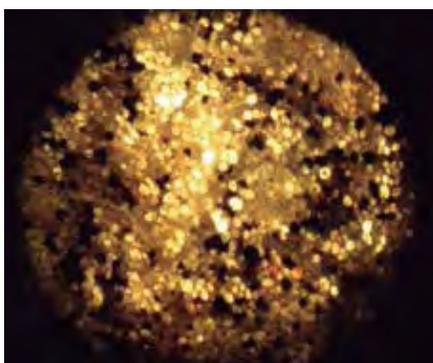


Figura 61. Fotomicrografía de fibras de lana gruesa. Corte transversal (100X)  
Fuente: elaboradas para la presente investigación en el Laboratorio de Ensayos a Textiles, IPN. (2016).



Figura 62. Fotomicrografía de fibras de lana gruesa. Corte transversal (400x)  
Fuente: elaboradas para la presente investigación en el Laboratorio de Ensayos a Textiles, IPN. (2016).

- **Longitud de la fibra** = 118.44 mm. Para obtener este resultado, se midieron 50 fibras, 25 de color crudo/gris y 25 de color café oscuro/negro y se promediaron (Anexo A.1).
- **Diámetro** = 29.66  $\mu$ . Para obtener este resultado, se midieron 100 fibras y se promediaron (Anexo A.2).
- **Denier** = 5.53 (Anexo A.3)

#### 4.2.4.2 Fieltro 4

##### Folio de identificación: F4 60CWO-40CO

- **Composición.** Para la elaboración de este fieltro, se utilizó la lana gruesa nacional de la que se busca aumentar su utilidad, como se explicó en la introducción del presente trabajo. La otra fibra que se empleó para esta mezcla fue algodón de fibra corta, en una proporción 60% CWO - 40% CO. La mezcla de las fibras se realizó en una cardadora de tambor (figura 63).



Figura 63. Cardadora Ashford de tambor  
Fuente: elaboración propia, 2016.

En el proceso de la mezcla, se observó que los dos tipos de fibras no lograron integrarse, las de algodón eran muy finas y cortas y las pequeñas mechas no se mezclaron con las fibras de lana (figuras 64 y 65). Por este motivo, se descartó la mezcla y no se pasó a la siguiente etapa de fieltro.



Figura 64. *Acomodo de fibras para realizar la mezcla*  
Fuente: elaboración propia, 2016.



Figura 65. *Resultado de la mezcla de fibras CWO-CO*  
Fuente: elaboración propia, 2016.

#### 4.2.4.3 Fieltro 5

##### Folio de identificación: F5 75CWO-25IX

- **Composición.** Este fieltro se elaboró con fibra de lana gruesa e ixtle de lechuguilla, en una proporción 75% CWO - 25% IX. Para determinar esta proporción, además de las consideraciones mencionadas en el apartado 4.2.3, se consideró el espesor, longitud y rigidez de la fibras de ixtle. Esta mezcla de fibras también se realizó en una cardadora de tambor (figura 63).
- **Procedimiento de fieltro.** Se colocaron una a una capas uniformes de la mezcla de fibras, una capa colocada en forma horizontal por una vertical hasta emplear toda la fibra. Posteriormente, se realizó el proceso manual de fieltro punzonado, en seco, con una herramienta multi-aguja (figura 64).



Figura 66. *Herramienta multi-aguja*  
Fuente: elaboración propia, 2016.

Se identificó que las fibras no se feltraron por lo que fue necesario realizar el proceso de feltrado en húmedo y agregar como aglutinante baba de nopal. Para el proceso en húmedo se empleó jabón marca Zote. Este segundo proceso tampoco funcionó, sólo las fibras de lana comenzaron a imbricarse, dejando fuera a las de ixtle.

Es importante mencionar que se identificaron dos problemas en este proceso, el primero fue que la fibra de ixtle, por su grosor y longitud, dificultó el proceso de feltrado de forma manual; el segundo es la falta de una maquina de feltrado por punzonado que pueda realizar este proceso.



Figura 67. *Fieltro 5*  
Fuente: elaboración propia, 2016.



Figura 68. *Detalle de fieltro 5*  
Fuente: elaboración propia, 2016.

- **Apariencia.** En la muestra obtenida se identifican las fibras de ixtle separadas de la lana (figura 65).
- **Medidas.** Sección longitudinal 45 cm / sección transversal 90 cm. aproximadamente.

#### 4.2.5 Fieltro FCWO-PAN desarrollado

Después de realizar los fieltros con las cinco mezclas antes mencionadas, se observó que en la mayoría de los casos, las fibras no se integraron de manera homogénea. En la mezcla de la lana gruesa con el algodón, se esperaba que la resistencia del segundo pudiera mejorar la de la primera, sin embargo, la fibra era demasiado corta y fina.

En el caso de la fibra de ixtle, al cardar las fibras junto con las de lana, se observó que se mezclaban fácilmente, sin embargo, el resultado final no fue el esperado ya que al momento de fielttrar no se integraron las fibras de ixtle.

Se descartaron las primeras cuatro fibras y se procedió a trabajar con acrílico, ya que es la fibra textil artificial que se desarrolló tomando como modelo a la lana, y que por este motivo posee características similares a ella, como la recuperación elástica, el alargamiento a la rotura y, al igual que la lana, las fibras acrílicas guardan calor.

#### Folio de identificación: FCWO-PAN

- **Composición.** Para la elaboración del *fieltro FCWO-PAN* se pesaron las fibras en una báscula digital (Fig. 49), 120 gr. de lana y 80 gr. de

acrílico, es decir 60% de fibra de lana y 40% de fibra acrílica; se definió esta proporción debido a que fue una de las identificadas como estándar dentro de las proporciones utilizadas por empresas que se dedican a la fabricación de fieltro.

La mezcla de las fibras se realizó en una cardadora manual de tambor como la que se muestra en la figura 63.

- **Procedimiento de fieltro.** Se colocaron capas uniformes, una vertical por cada horizontal, simulando la dirección de la trama y de la urdimbre, hasta emplear toda la fibra. Posteriormente se realizó el proceso manual de fieltro por punzonado con una herramienta multi-aguja (figura 66).



Figura 69. *Detalle fieltro CWO-PAN*  
Fuente: elaboración propia, 2016.



Figura 70. *Fieltro CWO-PAN*  
Fuente: elaboración propia, 2016.

- **Apariencia.** En la muestra obtenida se identifican algunas fibras de acrílico que no se mezclaron de manera homogénea con la lana gruesa (figura 69).
- **Medidas.** Sección longitudinal 44.8 cm /sección transversal 106.6 cm (Anexo A.5).

### 4.3 Fase 3: análisis del fieltro FCWO-PAN desarrollado

Para conocer las características del fieltro FCWO-PAN desarrollado, se realizaron diversos procedimientos y ensayos que se describen en el apartado 4.3.1.

#### 4.3.1 Ensayos realizados al fieltro FCWO-PAN y resultados

Identificación de las fibras al microscopio. Las fibras acrílicas tienen una sección transversal de frijol, por su parte las fibras de lana tienen una sección oval, son irregulares y los diámetros varían mucho (figura 71).

En la sección longitudinal de las fibras de lana se observan las escamas (figuras 72 y 73). En la sección longitudinal de la fibra acrílica se observa una hendidura a la mitad de la fibra y que carece de escamas (figuras 74 y 75).

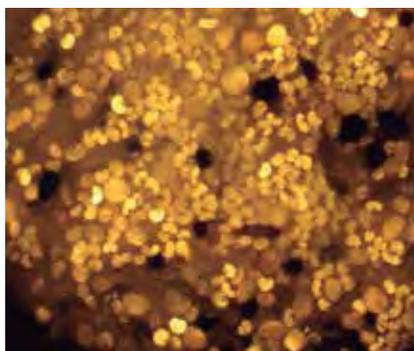


Figura 71. Fotomicrografía del fieltro FCWO-PAN desarrollado. Corte transversal 400x

Fuente: elaborada para la presente investigación en el Laboratorio de Ensayos a Textiles, IPN. (2016).



Figura 72. Fotomicrografía de fibra de lana. Fielto FCWO-PAN. Vista longitudinal 100x

Fuente: elaborada para la presente investigación en el Laboratorio de Ensayos a Textiles, IPN. (2016)



Figura 73. Fotomicrografía de fibra de lana. Fielto FCWO-PAN. Vista longitudinal 400x

Fuente: elaborada para la presente investigación en el Laboratorio de Ensayos a Textiles, IPN. (2016).



Figura 74. Fotomicrografía de fibra acrílica. Fieltro FCWO-PAN. Vista longitudinal 100x  
Fuente: elaborada para la presente investigación en el Laboratorio de Ensayos a Textiles, IPN. (2016).

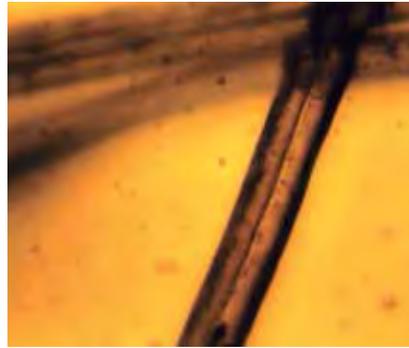


Figura 75. Fotomicrografía de fibra acrílica. Fieltro FCWO-PAN. Vista longitudinal 400x  
Fuente: elaborada para la presente investigación en el Laboratorio de Ensayos a Textiles, IPN. (2016).

- Corte de especímenes para la realización de ensayos.** Tomando en consideración las dimensiones de la muestra sección longitudinal 44.8 cm y sección transversal 106.6 cm, se decidió marcar y cortar tres especímenes para los ensayos de abrasión y tracción longitudinal y transversal, dos para el ensayo de masa y en uno de estos dos especímenes, se cortaron tres para el ensayo de composición.

Para el ensayo de espesor se emplearon los especímenes de abrasión porque al ser una prueba no destructiva no se deterioraron (figura 76).

Es relevante mencionar que los cortes que se debe evitar realizar los cortes en los extremos de la tela, ya que en esas zonas suele haber variaciones de espesor o tienden a ser más irregulares.

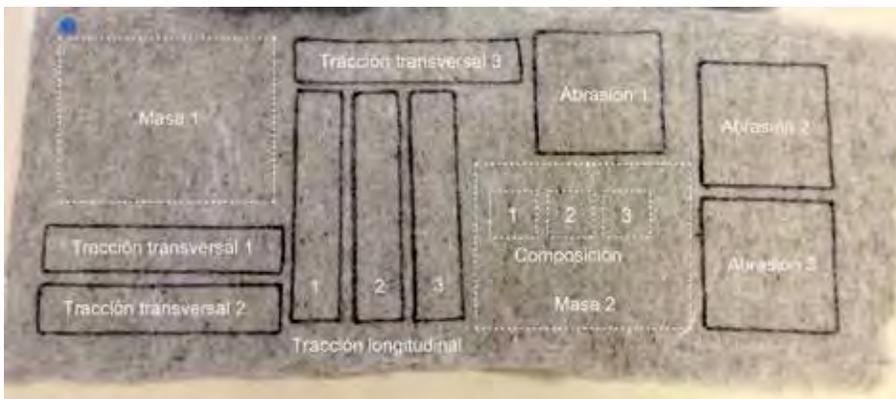


Figura 76. Fieltro FCWO-PAN. Especímenes marcados para realizar ensayos  
Fuente: elaboración propia. (2016).

- **Composición=** 46.33%CWO - 53.67% PAN.

Para obtener este resultado se consultó la norma NMX-A-1833/1-INNTEX 2001 Industria Textil -Análisis químico cuantitativo parte-1- Principios generales de ensayo, y en la norma NMX-A-1833/4-INNTEX Industria textil -Análisis químico cuantitativo parte-4- Mezclas de fibras proteicas y otras fibras (método con hipoclorito).

Como resultado de este ensayo, se observó una diferencia considerable en los porcentajes de la mezcla en relación con los porcentajes iniciales, de 60%CWO - 40%PAN que se tenía registrado, se obtuvo un resultado de 46.33%CWO - 53.67% PAN.

Una causa puede ser que la báscula que se utilizó para pesar los materiales no es de alta precisión.

Otra posible causa es que al realizar la mezcla en una cardadora manual, hubo pérdida de material que incluye las basurillas, materia vegetal y polvo, que se desprenden en el proceso de cardado y que formaban parte del peso total antes de hacer la mezcla.

- **Masa =** 20.2159 gr.

La norma NMX-A-301/1-INNTEX-2009 Industria Textil -No tejidos- Parte 1 Determinación de la masa por unidad de área -método de prueba, menciona que deben hacerse cinco masas, en este caso, debido al tamaño de la muestra, se realizaron dos (Anexo A.6).

- **Espesor =** 7.92 mm.

La Norma NMX-A-301/2-INNTEX-2005 Determinación del espesor -Método de ensayo, menciona que deben realizarse al menos 5 mediciones (Anexo A.7).

- **Abrasión.** La Norma NMX-A-172-INNTEX-2012 Determinación de la resistencia a la abrasión plana (Taber) en los materiales textiles - Método de prueba, recomienda realizar 5 abrasiones, en este caso, debido al tamaño de la muestra, se realizaron tres.

Para esta prueba se emplean abrasivos, las características de este dependerán del textil a evaluar. Para el F60CWO-40PAN se empleó un h10.

La velocidad de la prueba fue de 72r/m +-2, con un peso de 250g y 400 ciclos.

Espécimen 1: se observó que en el ciclo 113 la tela se comenzó a rasgar, en el ciclo 247 se observaron hoyos y en el ciclo 403 ya estaba completamente rota.

Espécimen 2: se observaron hoyos en el ciclo 172.

Espécimen 3: se observaron hoyos en el ciclo 176.

- **Tracción.** La Norma NMX-A-9073/3-INNTEX-2012 Industria textil – No tejidos-Parte 3- Determinación de la resistencia a la tracción y el alargamiento –Método de prueba, recomienda realizar 5 tracciones, debido al tamaño de la muestra se realizaron tres en sentido longitudinal y tres en el sentido transversal. (Anexo A.8)

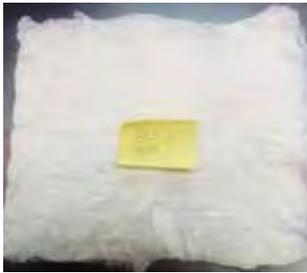
Tracción longitudinal: 167N / 120.03 mm.

Tracción transversal: 29.3 N / 88.42 mm.

En la tabla 13, se hace una comparación general de las mezclas realizadas y de los resultados obtenidos.

Tabla 13. *Comparación de las muestras realizadas.*

Folio	Mezcla	Observaciones	Muestra
F1 60WO-40PES	60% lana - 40% poliéster	En el fieltro obtenido, se observa que las fibras no se integraron bien ya que la mezcla se hizo al intercalar una capa de lana por una de poliéster. Se percibe que no se mezclaron bien por las diferentes tonalidades en la muestra.	
F2A 50WO-50PES	50% lana - 50% poliéster	En esta prueba no se logró obtener un fieltro ya que se empleó detergente no iónico y esto impidió que las fibras se entrelazaran.	

Folio	Mezcla	Observaciones	Muestra
F2B 50WO-50PES	50% lana - 50% poliéster	El color de la muestra es homogéneo y tiene una apariencia esponjosa.	
F3 80WO-20PES	80% lana - 20% poliéster	El color es completamente uniforme, se observa que las fibras se integraron bien, mejor que en todas las pruebas anteriores, tiene una consistencia compacta.	
F4 60CWO-40CO	60% lana gruesa - 40% algodón	Esta mezcla no pasó por el proceso de fieltro ya que las fibras no se integraron en la etapa previa, el cardado. Por este motivo se descartó.	
F5 75CWO-25IX	75% lana gruesa - 25% ixtle	En el proceso de cardado, las fibras aparentemente se mezclaron bien, sin embargo, al pasar por el proceso de fieltro punzonado, las fibras de ixtle no se integraron. Se probó fieltro en húmedo pero tampoco se logró la integración de las fibras.	
F CWO-PAN	46% lana gruesa - 54% acrílico	En la muestra obtenida se identifican algunas fibras acrílicas que no se mezclaron bien, son perceptibles por su color blanco. El color es café claro. Es un fieltro flexible y ligero.	

Fuente: elaboración propia, 2016.

En este capítulo se describió con detalle el desarrollo del fieltro FCWO-PAN, las condiciones de trabajo, así como las pruebas realizadas; también se describieron las características de la muestra y el tamaño de la misma.

Las dimensiones de la muestra desarrollada determinaron el número de pruebas por ensayo que se pudieron realizar, que aún cuando no es el número recomendado en las normas, arrojó los resultados que junto con la información que se presentó en los capítulos anteriores, permitió determinar lo siguiente:

El proceso seleccionado para la producción de un fieltro, es substancial en el resultado obtenido. En el caso del FCWO-PAN, debido al proceso manual de punzonado, la lámina que se obtuvo fue poco densa; esta característica se reflejó en los resultados de la prueba de abrasión.

A nivel industrial o semi industrial, se puede realizar un extenso número de mezclas al emplear la lana como fibra base; con acabados o aditivos se le puede conferir distintas características.

Hoy en día los compuestos no tejidos que integran fibras duras, como es el caso del ixtle, representan un campo de investigación cada vez más estudiado por la amplia gama de posibilidades que otorgan estas fibras.

El fieltro FCWO-PAN puede tener aplicaciones en distintas áreas: una de ellas es la de productos para el hogar, tales como posavasos o posaobjetos calientes.

En la industria del embalaje, este material puede ser una excelente alternativa cuando se requiera proteger piezas cerámicas o de vidrio, ya que la lana, como se mencionó anteriormente, amortigua el impacto.

La propiedad aislante de la lana es una de sus principales cualidades, esto reafirma su uso en la arquitectura como recubrimiento o acabado en salones de música o estudios de grabación.

La permeabilidad del fieltro permite que funcione como filtro, en este caso se propone un uso alterno como maceteros para plantas cactáceas o suculentas que no requieren mucha agua. Esta misma característica permite su uso en plantillas de zapatos.



Ensayos a fieltro. 2016



# CONCLUSIONES

La presente investigación abordó el tema del aprovechamiento de lana gruesa de origen nacional para la producción de un no tejido que integró en su composición otra fibra textil.

A través del estudio de las fibras textiles y de la experimentación en la elaboración de muestras con diferentes mezclas, se eligió la fibra de acrílico como el segundo componente de la mezcla. En la producción de las primeras muestras, se observó que el proceso de fieltro adecuado para esta era el punzonado.

La proporción de las fibras del fieltro FCWO-PAN, se definió con base en porcentajes estándar empleados por diversas empresas del sector de los no tejidos. Originalmente se determinó que la mezcla tuviera 60% de lana gruesa y 40% de acrílico y con esas cantidades se pesó el material, sin embargo, la prueba de composición arrojó resultados diferentes por la precisión en su procedimiento. El porcentaje real del compuesto mostró que la fibra de acrílico predominó en la mezcla, debido a diferentes factores, entre ellos que no se consideró la material vegetal y el polvo que contenía la fibra de lana.

El fieltro FCWO-PAN desarrollado, fue muy homogéneo en su color, a pesar de haber mezclado sus componentes de forma manual en una cardadora de tambor; la uniformidad en el color se logró gracias a que el proceso de cardado se repitió al menos cuatro veces con toda la fibra.

El material obtenido es menos denso que los que se encuentran en el mercado, esto es un resultado evidente del proceso de producción. Esta característica define de manera directa su resistencia a la abrasión y su flexibilidad ya que si las fibras están menos compactas como es el caso del FCWO-PAN, es más baja. En cuanto a su flexibilidad, entre menos compactas estén las fibras, el fieltro es más flexible. Esto último también está relacionado con su espesor.

Los resultados obtenidos en esta investigación aportan evidencia de la importancia de realizar pruebas de laboratorio cuando se produce un fieltro. A través de ellos se pueden conocer los puntos a mejorar a lo largo del proceso de producción del material.

La información contenida en los capítulos del presente documento, da respuesta a la pregunta de investigación planteada, del mismo modo sustenta que se cumplió el objetivo de la misma.

El desarrollo de esta investigación hizo visible la necesidad de que la formación del diseñador interesado en el ámbito textil, considere el estudio y práctica de ensayos a textiles para así conocer mejor el posible desempeño tanto de la materia prima como de los productos finales.

La gama de posibilidades para la investigación y desarrollo de materiales compuestos no tejidos es muy amplia. Sin embargo, se requiere maquinaria adecuada para su elaboración. Tanto en el proceso de cardado, de fieltro y de análisis del material.

Actualmente la industria de los no tejidos y desechables, muestra un alto potencial de uso en diversos sectores y uno de los grandes beneficios que otorga este tipo de textiles a la industria, es su bajo costo de producción en comparación con otras técnicas de producción textil. Por estas razones los textiles no tejidos, que probablemente tienen su origen en los fieltros realizados desde civilizaciones antiguas, seguirán evolucionando.

### **Recomendaciones para la producción de compuestos no tejidos que empleen lana gruesa.**

- **Procedimiento para la elaboración del fieltro.** Al emplear fibra de lana gruesa, poco tratada, como fue el caso de esta investigación, se recomienda eliminar la mayor cantidad de impurezas o materia vegetal que tenga la fibra, ya que esto influirá en el peso del material y en consecuencia, formará parte de la masa al momento de calcular los porcentajes de composición.

Para evitar lo anterior, se recomienda sacudir y cardar la fibra de lana sola –previamente lavada– más de una vez, hasta que las impurezas sean, visiblemente, mínimas.

- **Fibras a emplear en el compuesto.** Como ya se estudió en el presente documento, las características de la lana, la hacen una de las fibras textiles más complejas y viables de ser mezcladas con un sinnúmero de fibras artificiales, sin embargo, es muy relevante analizar en primera instancia las características específicas de la fibra a emplear. Un ejemplo de lo anterior, es la lana que se usó en esta investigación, la longitud y el rizado de las fibras, denotaba que se requería una fibra más larga para la mezcla que contribuyera a su resistencia a la tracción.
- **Fibras sugeridas.** Considerar el aprovechamiento de fibras de reuso o desecho, así como la amplia variedad de fibras duras, como el coco, el ixtle y las derivadas de otros agaves.
- **Maquinaria a emplear.** Una de las limitantes identificadas es que la falta de maquinaria industrial o equipo especializado para procesar las fibras, esto restringió la cantidad y la diversidad de las fibras empleadas, así como la calidad del fieltro obtenido.



# ANEXO

## A.1 Procedimiento para obtener la longitud de la fibra de lana

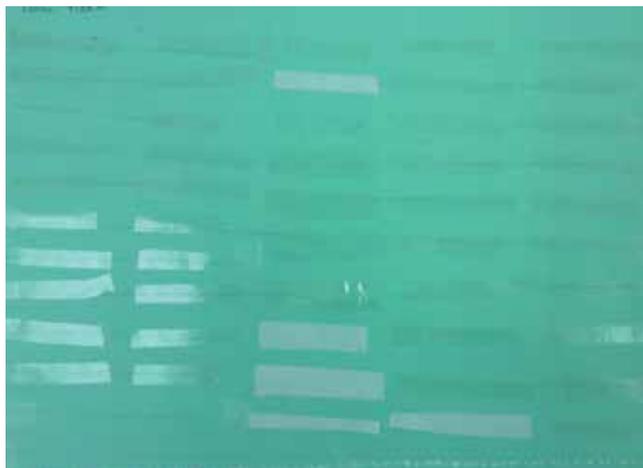
Se midieron 50 fibras, 25 de color crudo/gris y 25 de color café oscuro/negro y se obtuvo un promedio.

Longitud de fibra (mm)		
Medición	Fibras color café oscuro/negro	Fibras color crudo/gris
1	113	78
2	84	167
3	70	88
4	155	142
5	63	115
6	132	111
7	100	111
8	132	132
9	90	94
10	82	151
11	95	245
12	140	145
13	52	116
14	103	141
15	100	175
16	65	130
17	105	138
18	140	127
19	94	161
20	60	140
21	85	140
22	115	110
23	80	170
24	89	205
25	93	153
<b>Promedio por color</b>	<b>97.48</b>	<b>139.4</b>
<b>Promedio general</b>	<b>118.44</b>	

**Observaciones:** El instrumento de medición que se empleó fue una regla calibrada de metal. En las siguientes imágenes se pueden observar las mediciones que se realizaron y la diferencia de longitud de una fibra a otra.



*Medición de longitud de fibras de lana color crudo/gris*



*Medición de longitud de fibras de lana color café oscuro/negro*

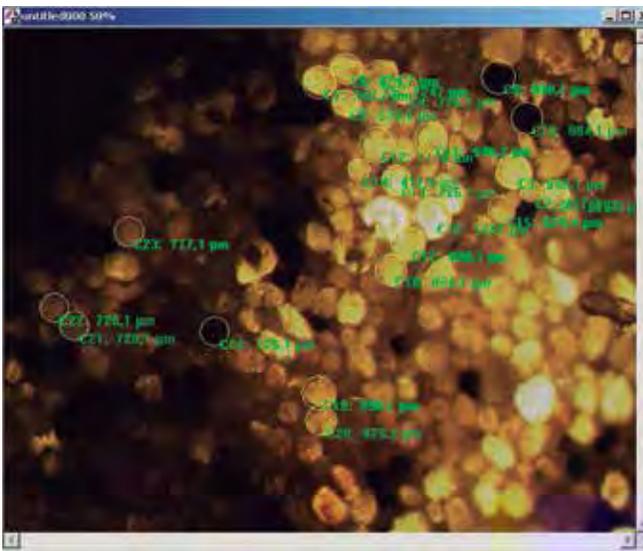
## A.2 Diámetro FCWO-PAN

Se midieron 100 fibras para obtener un diámetro promedio. En el caso de fibras naturales, se toman las que tengan un tamaño y forma similar.

$$a = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{a/\pi} = 14.83$$

$$d = 2(14.83) = 29.66\mu$$



*Procedimiento para medir el diámetro de fibras.*

Diametro ( $\mu$ )	
medición	diametro ( $\mu$ )
1	676.9
2	417.8
3	998.1
4	726.1
5	1246.7
6	829.7
7	940.2
8	539.6
9	998.6
10	884.1
11	940.2
12	118.9
13	726.1
14	417.8
15	629.4
16	1247.6
17	998.1
18	884.1
19	999.4
20	829.7
21	726.1
22	729.5
23	777.9
24	726.6
25	676.9
26	583.6
27	676.9
28	884.1
29	539.6
30	726.1
31	940.2
32	583.6
33	417.8
34	676.9
35	676.7
36	497.3

Diametro ( $\mu$ )	
medición	diametro ( $\mu$ )
37	777.3
38	629.4
39	497.3
40	539.6
41	417.8
42	779.2
43	417.8
44	497.6
45	456.7
46	676.9
47	583.6
48	583.6
49	676.9
50	497.3
51	539.6
52	829.7
53	380.7
54	583.6
55	497.3
56	417.8
57	726.1
58	777.1
59	497.3
60	779.5
61	676.9
62	629.4
63	726.1
64	998.1
65	940.2
66	583.6
67	998.1
68	583.6
69	539.6
70	998.1
71	998.1
72	629.4

Diametro ( $\mu$ )	
medición	diametro ( $\mu$ )
73	829.7
74	676.9
75	583.6
76	539.6
77	380.7
78	676.9
79	676.9
80	689.9
81	583.6
82	676.9
83	539.6
84	540.5
85	676.9
86	777.8
87	583.6
88	583.6
89	345.3
90	629.4
91	998.1
92	726.1
93	497.3
94	777.1
95	998.1
96	829.7
97	998.1
98	726.1
99	583.6
100	777.9
Subtotal	69153.3
Total	691.533
Promedio	29.672

### A.3 Denier FCWO-PAN

$$\text{Denier} = (\text{diámetro } \mu)^2 \times 0,00629 = (29.67)^2 \times 0,00629 = 5.53$$

### A.4 Composición

El procedimiento para el ensayo de identificación y contenido de fibra en % fue el siguiente:

Se tomaron 3 especímenes con masa  $\leq 0,5$  y  $\geq 1,5$  y se les identificó como A, B y C, posteriormente se pesaron y se realizó el primer registro de su masa, cabe mencionar que estos especímenes no se ambientaron.



Especímenes A, B y C

Espécimen	Masa (g)
A	1.0112
B	0.8988
C	0.9297

Una vez pesado, el espécimen A se metió a la estufa por 1hr a 110°C.

Los especímenes B y C se colocaron en vasos de precipitados con 75ml de hipoclorito de sodio -en frío- durante 15 min, se les aplicó agitación constante, con el fin de disolver la fibra de lana. Posterior a esto, se neutralizan en agua y se colocan en la estufa por 1hr 30min.



Proceso de disolución de la fibra de lana

Para proceder a disolver la fibra de acrílico, los especímenes deben estar en peso constante, proceso en el cual el espécimen se calienta, enfría y pesa, hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas sea  $\geq 0,001\text{g}$ . Para ello, los especímenes se calientan durante 10 min, se enfrían en un desecador por el mismo periodo de tiempo e inmediatamente se pesan en una balanza analítica, es importante señalar que en ningún momento se deben tocar los especímenes con las manos para evitar alterar los resultados, se deben manipular con pinzas.

Especímen	Peso en gramos					
	Peso inicial	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Peso constante
A	1.0112	0.957	0.966	0.962	0.962	0.962
B	0.8988	0.445	0.445	–	–	0.445
C	0.9297	0.492	0.489	0.489	–	0.489

Cuando los especímenes B y C llegan a peso constante, se procede a solubilizar la fibra de acrílico en 75 ml de N,N-dimetilformamida a una temperatura de 70 a 75°C.

Finalmente para efectuar el cálculo de los porcentajes de cada una de las fibras, se realizaron las siguientes operaciones:

$$\text{Porcentaje de humedad sin ambientación} = ((\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial})100 =$$

$$\text{Especímen A} = ((1.0112 - 0.962) / 1.0112)100 = 4.86\%$$

Para conocer el peso constante de los especímenes B y C, incluyendo a la fibra de lana, se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{Peso constante} = \text{peso inicial} - (\text{peso inicial} \times \text{porcentaje de humedad})$$

$$\text{Especímen B} = 0.8988 - (0.8988 \times .0486) = 0.855$$

$$\text{Especímen C} = 0.9297 - (0.9297 \times .0486) = 0.884$$

Los datos anteriores se emplearon para obtener el porcentaje de fibras en la mezcla del fieltro FCWO-PAN.

Espécimen B= 0.855 – 100%

$0.445 - x = 52.04\%$  PAN

CWO=  $100 - 52.04 = 47.96\%$  CWO

Espécimen C= 0.884 – 100%

$0.489 - x = 55.31\%$  PAN

CWO=  $100 - 55.31 = 44.69\%$  CWO

Contenido de fibra del fieltro FCWO-PAN= 53.67% PAN y 46.33% CWO

## A.5 Procedimiento para obtener las dimensiones del fieltro CWO-PAN desarrollado

Se realizaron 5 mediciones en la sección longitudinal y en la sección transversal del fieltro y se obtuvo un promedio.

Medición	Dirección longitudinal (cm)	Dirección transversal (cm)
1	42	108
2	46	106
3	45	106
4	45	107
5	46	106
<b>Promedio</b>	<b>44.8</b>	<b>106.6</b>

## A.6 Masa FCWO-PAN

Espécimen	Masa (g)
1	19.0861
2	21.3457
<b>Promedio</b>	<b>20.2159</b>

### A.7 Espesor FCWO-PAN

Se realizaron 6 mediciones y se eliminó una.

Medición	Espesor (mm)
1	8.84
2	8.41
3	7.38
4	7.48
5	7.49
<b>Promedio</b>	<b>7.92</b>

### A.8 Tracción FCWO-PAN

La prueba se realizó en 3 especímenes cortados en dirección longitudinal y transversal de la tela.

La velocidad de la prueba fue de 100 mm/mn.

Especímen / longitudinal	(N)	(mm)
1	155	127.65
2	172	112.63
3	174	137.83
<b>Promedio</b>	<b>167</b>	<b>120.03</b>

Especímen / transversal	(N)	(mm)
1	35	102.91
2	26	no se registró
3	27	73.93
<b>Promedio</b>	<b>29.3</b>	<b>88.42</b>



# REFERENCIAS

# Referencias

## Libros

**Cole, D.** (2008). *Diseño textil contemporáneo*. China: Blume.

**Gacén, J.** (2000). *Fibras textiles. Propiedades y descripción*. Barcelona: Ediciones UPC.

**Gillow J.** y **Sentance, B.** (2004). *World Textiles: A visual guide to traditional techniques*. Singapur: Thamen & Hudson.

**Hollen, N.** y **Saddler, J.** (2010). *Introducción a los textiles*. México: Limusa.

**León, J.** (1987). *Botánica de los cultivos tropicales*. San José de Costa Rica: Colección Libros y Materiales Educativos.

**Martínez, P.** (1976). *Química y física de las fibras textiles*. Madrid: Alhambra.

**Robles, R.** (1991). *Producción de oleaginosas y textiles*. México: Limusa.

**Saucedo, P.** (1984). *Historia de la ganadería en México*. México: UNAM.

**Simpson, W.,** **Crawshaw, G.** (2002). *Wool: Science and technology*. The Textile Institute: England.

**Smith, S.** (2014). *Felt to stitch*. Londres: Batsford.

**Udale, J.** (2008). *Diseño Textil. Tejidos y técnicas*. Barcelona: Gustavo Gili

## Páginas de internet

**Año** internacional de las fibras naturales. 2009. *Algodón*. Recuperado de <http://www.naturalfibres2009.org/es/fibras/>

**Arrucha, D.** (2012). Todo sobre textiles no tejidos II. Primera parte. Recuperado de <http://textiles23.blogspot.mx/2012/02/todo-sobre-textiles-no-tejidos-ii.html>

**Comercializadora Mourah.** (s.f). *¿Qué es el fieltro?*. Recuperado de <http://www.comercializadoramourah.com.mx/que-es-el-fieltro/>

**CONABIO.** *Ceiba pentandra*. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/14-bomba5m.PDF](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/14-bomba5m.PDF)

- CONCALTEX.** (2008). *Resistencia en los materiales textiles*. Recuperado de <http://concaltex.blogspot.mx/2008/05/resistencia-en-los-materiales-textiles.html>
- DIY Natural bedding.** (2016). *Organic kapok fiber*. Recuperado de <https://www.diynaturalbedding.com/product/kapok-fiber/>
- EcuRed** Conocimiento con todos y para todos. (2016). *Lignina*. Recuperado de <http://www.ecured.cu/Lignina>
- EDANA.** (s.f.). What are nonwovens. Recuperado de <http://www.edana.org/discover-nonwovens/what-are-nonwovens->
- Fashion Laboratory.** *Identificación de fibras por microscopía*. Recuperado de: [http://www.fashionlaboratory.org/images/practicas/p2\\_or\\_es-Identificacion\\_de\\_fibras\\_por\\_microscopia.pdf](http://www.fashionlaboratory.org/images/practicas/p2_or_es-Identificacion_de_fibras_por_microscopia.pdf)
- Financiera** Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero. (2015). *Panorama de la carne y lana de ovino*. Recuperado de <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Ovino.pdf>
- Financiera Rural.** (2011). *Monografía del henequén y sisal*. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/view/43494362/monografia-del-henequen-y-sisal-financiera-rural>
- Financiera Rural.** (2010). *Monografía lana*. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/view/50890870/monografia-lana-junio-10-vf>
- Global Textiles.** (2000-2015). *Sisal fiber*. Recuperado de <http://www.globaltextiles.com/products/detail/121224/Sisal-Fiber.html>
- Instituto Tecnológico Textil.** (2014). *ANTECUIR y AITEX desarrollan un novedoso panel de aislamiento acústico a partir de residuos textiles*. Recuperado de <http://aitex.es/es/component/content/article/130-noticias-destacadas/proyectos-destacados/1248-antecuir-y-aitex-desarrollan-un-novedoso-panel-de-aislamiento-acustico-a-partir-de-residuos-textiles>
- International Wool Textile Organization.** (2014). *Wool the natural fibre*. Recuperado de <http://www.iwto.org/wool/the-natural-fibre/>
- INNTEX.** (2016). *Antecedentes*. Recuperado de [http://inntex.inford.mx/1925640\\_Antecedentes.html](http://inntex.inford.mx/1925640_Antecedentes.html)
- National Geographic Beta.** (2014). *Fabric of History Wool*. Recuperado de <http://ngm-beta.nationalgeographic.com/archive/wool-fabric-of-history/>

**Montenegro** y CIA. S.A.C. (2010). *Denominación de fibras textiles y sus formas transversales*. Recuperado de: <http://www.montesac.com/files/EDICION%201.pdf>

**Organismo** de la Unidad Nacional de Ovinocultores. (2007). *Razas ovinas*. Recuperado de [http://www.uno.org.mx/razas\\_ovinas/catalogo\\_razas.pdf](http://www.uno.org.mx/razas_ovinas/catalogo_razas.pdf)

**Organización** de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. (2015). *Fibras del Futuro*. Recuperado de: <http://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/coir/es/>

**Red** Textil Argentina. (2012). *Fibra de lana*. Recuperado de: <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/fibras/f-diseno/fibras-animales/314-fibra-de-lana/67-fibra-de-lana>

**Rodas**, S. (11 de marzo de 2013). Textiles no tejidos II. Temperatura de transición vítrea (Tg). Recuperado de <http://textilesnotejidos2.blogspot.mx/>

**Sistema** Producto Ovinos. (2014). *La lana en México una molestia o una oportunidad*. Recuperado de <http://spo.uno.org.mx/wp-content/uploads/2011/07/lanaenmexicounretoyunaoportunidad.pdf>

**Servicio** de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2014). *Resumen estatal pecuario*. Recuperado de <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-resumen-estatal-pecuario/>

**The** Felt Company. (2016). *Felt Materials*. Recuperado de <http://www.thefeltcompany.com/f11-9r2-wool-felt-sheet-24-x-72-x-1-2-thick-59-99/>

## Artículos y Tesis

**Almanza**, A. (2011). *Productores de cuatro organizaciones acopian y comercializan lana*. La revista del borrego y la cabra. Recuperado de <http://www.borrego.com.mx/comercializacion/productores-de-cuatro-organizaciones-acopian-y-comercializan-lana/>

**Álvarez-Romero**, J. y Medellín, R.A. (2005). *Ovis aries (doméstica)*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/fichaexoticas/Ovisaries%20\\_domestica\\_\\_00.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/fichaexoticas/Ovisaries%20_domestica__00.pdf)

- Arenas, F.,** Ceballo, M. y Tarazona, A. (2012). *Origen y evolución de los ovinos*. Rumiantes menores. Recuperado de <http://rumiantesmenores.blogspot.mx/2012/04/origeny-evolucion-de-los-ovinos.html>
- Ariza, R.,** Dorado, C. (2007). *Diseño Sustentable: oportunidades de agregar valor a la cadena lanera*. Diseño en Palermo. Encuentro latinoamericano en Palermo. Recuperado de [http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/encuentro2007/02\\_auspicios\\_publicaciones/actas\\_diseno/articulos\\_pdf/CE-086.pdf](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/encuentro2007/02_auspicios_publicaciones/actas_diseno/articulos_pdf/CE-086.pdf)
- Chocron, S.,** Pintor, A., Gálvez F., Roselló, C., Cendón, D. y Sánchez-Gálvez, V. (2008). *Lightweight polyethylene non-woven felts for ballistic impact applications: Material characterization*. Science Direct, Composites: Part B 39, 1240–1246.
- Cuéllar, J.A.** (s.f). *La producción ovina en México*. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México.
- De Lucas, J.** (2007). *La artesanía lanera un recurso económico que se va olvidando*. La revista del borrego y la cabra. Recuperado de <http://www.borrego.com.mx/instituciones/la-artesania-lanera-un-recurso-economico-que-se-va-olvidando/>
- El-Sayed, H. & El-Khatib, E.** (2005). *Modification of wool fabric using ecologically acceptable UV-assisted treatments*. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jctb.1290/abstract>
- Elvira, M.** (2009). *De qué está hecha la lana y principales características textiles*. Sitio argentino de producción animal. Recuperado de [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina\\_lana/11-lana.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_lana/11-lana.pdf)
- Gao, X. & Huang, H.** (2004). *Thermal bonding of nonwoven fabrics*. Recuperado de [www.engr.utk.edu/mse/Textiles/Thermal%20Bonding.htm](http://www.engr.utk.edu/mse/Textiles/Thermal%20Bonding.htm)
- Guerrero, S.** (2004). *Influencia de la estructura de las telas no tejidas sobre las propiedades mecánicas de los componentes termofijados de confección*. (Tesis de Maestría inédita). Escuela Superior de Ingeniería Textil, Instituto Politécnico Nacional.
- Janjic, S.,** Milosevic, I., Bartol, T., et al. (2013). *Layered Nonwovens from Coarse Domestic Wool and Thermoplastic Binding Fibre*. Recuperado de: <http://eds.a.ebscohost.com.pbidi.unam.mx:8080/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=6aeb8cb0-78f4-43fb-b0eb-b0e64235e70d@sessionmgr4005&hid=4105>

- Koslowski, R., Mielaniak, B., Muzyczek, M. & Mankowski, J.** (2008). *Development of Insulation Composite Based on FR Bast Fibers and Wool*. Institute of Natural Fibres. Recuperado de [http://www.researchgate.net/publication/237383780\\_Development\\_of\\_Insulation\\_Composite\\_Based\\_on\\_FR\\_Bast\\_Fibers\\_and\\_Wool](http://www.researchgate.net/publication/237383780_Development_of_Insulation_Composite_Based_on_FR_Bast_Fibers_and_Wool)
- Maya Jacob John, Nokuzola Sikampula and Lydia Boguslavsky.** (2015). *Agave nonwovens in polypropylene composites – Mechanical and thermal studies*. Journal of composite materials. Vol. 49(6), 669-676.
- Medrano, J.** (2000). *Recursos animales locales del centro de México*. Archivos de Zootecnia [en línea], 49 (septiembre). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49518708> ISSN 0004-0592
- Ortiz, J y Walter, R.** (2009). *Innovación con blousse*. FADU – UBA. Recuperado de [http://diana.fadu.uba.ar/37/1/09D\\_Ortiz\\_Reiner\\_TESIS\\_DI5\\_2009.pdf](http://diana.fadu.uba.ar/37/1/09D_Ortiz_Reiner_TESIS_DI5_2009.pdf)
- Pérezgrovas, R.** (2010). *Los ovinos en el nuevo mundo*. La revista del borrego y la cabra. Recuperado de <http://www.borrego.com.mx/opinion/los-ovinos-en-el-nuevo-mundo/>
- Raja, D.B. Shakyawar, Ajay Kumar, P.K. Pareek, Priyanka Temani.** (2013). *Feltability of course wool and its application as technical felt*. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 38, 395-399.
- Radetic, M., Ilic, V., Radojevic, D., Miladinovic, R., Jovic, D. & Jovancic, P.** (2008). *Efficiency of recycled wool-based nonwoven material for the removal of oils from water*. Chemosphere 70, 525-530.
- Romero, J.** (s.f). *Unidad 4. Zootecnia de ovinos*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Recuperado de [http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p\\_estudios/apuntes\\_zoo/unidad\\_4\\_ovinos.pdf](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_4_ovinos.pdf)
- Santulini, C., Sarasini, F. et al.** (2013). *Mechanical behaviour of jute cloth/ wool felts hybrid laminates*. Recuperado de: <http://eds.a.ebscohost.com.pbidi.unam.mx:8080/eds/detail/detail?vid=9&sid=6c815ed2-59db-4cd0-9022-e0667d9a7be5@sessionmgr4005&hid=4105&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ==#db=edselp&AN=S0261306913001908>
- Schütz, J. & Humphries, W.** (2010). *A Study of Wool/Polypropylene Nonwovens as an Alternative to the Hansen Filter*. Recuperado de <http://trj.sagepub.com.pbidi.unam.mx:8080/content/80/13/1265.full.pdf+html>
- Sinnppoo, K. et al.** (2010). *Application of Wool in High-velocity Ballistic Protective Fabrics*. Recuperado de <http://trj.sagepub.com.pbidi.unam.mx:8080/content/80/11/1083.full.pdf+html>

# Bibliografía

**ASTM** International. (2016). [www.astm.org](http://www.astm.org)

**Das, D. & Pourdeyhimi, B.** (2014). *Composite nonwoven materials. Structure properties and applications*. Langford Lane, UK: Elsevier. ([https://books.google.com.mx/books?id=\\_QCjAgAAQBAJ&pg=PA3&lpg=PA3&dq=CEN+EN+29092&source=bl&ots=1-3l7xODEx&sig=iCr8F8pz7hD4Ur54s5nAcmlLuNs&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiyxMulnITQAhVsyoMKHe-bA-0sQ6AEINjAD#v=onepage&q=CEN%20EN%2029092&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=_QCjAgAAQBAJ&pg=PA3&lpg=PA3&dq=CEN+EN+29092&source=bl&ots=1-3l7xODEx&sig=iCr8F8pz7hD4Ur54s5nAcmlLuNs&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiyxMulnITQAhVsyoMKHe-bA-0sQ6AEINjAD#v=onepage&q=CEN%20EN%2029092&f=false))

**EDANA.** (2016). *New report forecast excellent worldwide outlook for nonwovens through 2020*. 6th International Technical Textiles & Nonwoven Trade Fair. Recuperado de [http://www.nonwoventechnology.com/nonwoven\\_6.2015/index.html#p=14](http://www.nonwoventechnology.com/nonwoven_6.2015/index.html#p=14)

**Gómez-Galvarriato, A.** (1999). *La industria textil en México*. México: Lecturas de historia económica mexicana.

**Iberovinos.** (2014). *La producción ovina en México*. Recuperado de <http://iberovinos.com/iberovinos/images/stories/cyted/Archivos-Sanidad/La-produccion-ovina-en-Mexico/La-produccion-ovina-en-Mexico.pdf>

**Instituto** Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *La industria textil y del vestido en México 2011*. Recuperado de [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/Textil/2011/ITVM-2011.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/Textil/2011/ITVM-2011.pdf)

**Quinn, B.** (2010). *Textile Futures. Fashion design and technology*. UK: MPG Books Group

**Red** Textil Argentina. (2014). *Propiedades físico-químicas de la lana*. Recuperado de <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/component/content/article/103.html>

**Science** Direct. (2014). *The potencial impact of climate change on the Australian wool industry by 2030*. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X06000771>

**Textile** Research Journal. (2014). *A Comparative study on the felting propensity of animal fibers*. Recuperado de <http://trj.sagepub.com/content/77/12/957.short>

**The** Campaign for wool. (2016). *About wool*. Recuperado de <http://www.campaignforwool.org/about-wool/>