



Para la Fundación Hábitat,
desertificación es sinónimo de pobreza



INTRODUCCION A LA INDUSTRIALIZACION DE LA LANA Y LAS FIBRAS ESPECIALES.

Autor:
Ing. Oscar G. Adot

oscaradot@fundacionhabitat.org.ar
www.fundacionhabitat.org.ar

Red SUPPRAD - Fundación Hábitat

Edición:
Ing. Agr. Michel M.V. Hick
Dr. Eduardo N. Frank

www.uccor.edu.ar/paginas/agronomia/SUPPRAD.php

Red SUPPRAD – Universidad Católica de Córdoba

Documento Interno SUPPRAD N° 2 (2010)

Serie Documentos Internos SUPPRAD

Nº 2, Red SUPPRAD 2010.

Versión electrónica en www.uccor.edu.ar/paginas/agronomia/SUPPRAD.php en sección

Artículos de interés

La Red SUPPRAD(SUStentabilidad Productiva de Pequeños Rumiantes en Áreas Desfavorecidas):

Red conformada por equipos de docentes, investigadores, técnicos y productores de diferentes Universidades nacionales y privadas y ONG´s nacionales.

El Autor:

B.Sc. Textile Engineering (1964. Philadelphia University); M.Sc. Industrial Engineering (1965, Columbia University), Becario OEA para estudios de Ph.D. {Ingeniería industrial) en Columbia University. Renuncia a la beca para retornar a Argentina e incorporarse a la empresa textil familiar [WELLS (Argentina) S.A.], A lo largo de treinta años de vida profesional preside y crea diferentes empresas textiles Industriales y comerciales- así como pertenecientes a otros rubros. En 1997 deja la actividad empresaria. A pedido de la Fundación Hábitat, que pasa a integrar, se dedica a la investigación y desarrollo de una tecnología de descordado para fibras doble capa largas (Llama y Alpaca) y cortas (Vicuña, Guanaco y Cashmere), conjuntamente con el Laboratorio de Fibras Animales (Dr. Eduardo Frank) de la Universidad Católica de Córdoba y un joven entrepreneur argentino, el Sr. Dtego Seghettí Frondizi.

Imagen de fondo de tapa:

Bolsa de coca, Perú, Moche, Siglos V-VI. Cabe llamar la atención a la regularidad del hilado utilizado, por ser una clara demostración de que la hilatura manual no es sinónimo de hilado irregular, como las artesanías actuales parecieran querer hacernos creer (Elena Phipps, Cochineal Red: The art history of a color, The Metropolitan Museum of Art Bulletin, Invierno 2010, Vol. LXVII, Número 3).

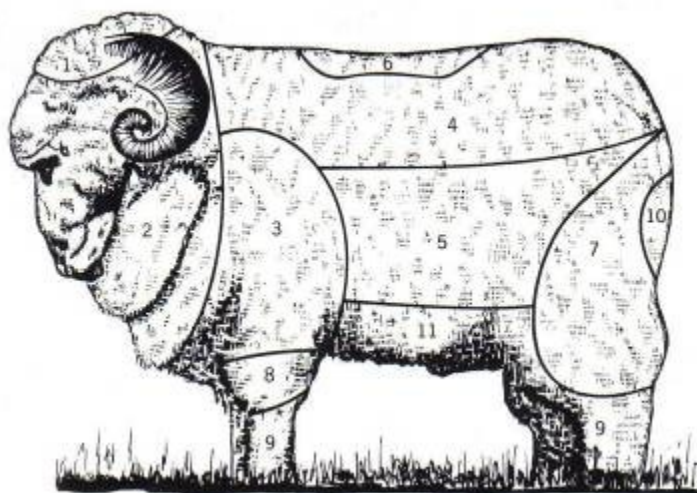
1. Introducción.

Desde tiempos inmemorables, el hombre cosecha las fibras animales y vegetales para hilarlas y con el hilo tejer abrigos que protejan su cuerpo de las inclemencias del clima, tapen su desnudez y lo decoren según pautas culturales. **Un hilado es una mecha de fibras, de mayor o menor grosor (título), lo más paralelizadas posible y retorcidas para cohesionarlas y darles la resistencia a la tracción requerida por el proceso de tisaje y la “calidad al uso” o “vida útil” de la prenda.**

Para lograr dicho hilado se debe recorrer un prolongado y complejo proceso de industrialización no siempre conocido por los profesionales y técnicos dedicados a la Producción Animal. Esta reseña tecnológica está dirigida, entre otros, a Ingenieros Agrónomos, Médicos Veterinarios e Ingenieros Zootecnistas y principalmente a todos aquellos que trabajan en genética de animales productores de fibra. En negrita se ha resaltado aquella información que se considera fundamental.

2. Acondicionamiento y clasificación de la fibra.

Como se observa en las Figuras 1a y 1b, hasta aproximadamente la década de los '60, la cobertura o vellón del ovino era clasificada para optimizar la obtención de diferentes tipos de lotes de materia. Si analizamos el diagrama de la Figura 1a, observaremos el preciosismo puesto en esta tarea (Smith & Haile, 1929). La Figura 1c muestra a un clasificador separando los diferentes tipos de lana de vellón. Esta trabajosa operación no se justifica económicamente en la actualidad: *i)* la lana perdió valor relativo; *ii)* el salario real de los operarios se elevó, haciendo necesario un nivel de productividad superior; y *iii)* la tecnología moderna no es tan exigente respecto el tipo de lana a utilizar. Una excepción es el proceso de desbordado (“skirting”) expuesto en la Figura 1b, por ser esta zona del vellón el lugar donde más se concentra la contaminación vegetal y las fibras de color, razón por la que se torna conveniente extraerla según el destino de la lana.



Regiones o partes del vellón	Descripción
1. Copete ('Topknot')	Lana inferior, liviana, corta y apelmazada.
2. Cogote ('Neck wool')	Liviana pero de mecha larga. Las arrugas pueden contener lana gruesa y apelmazada.
3. Paleta ('Shoulder wool')	La mejor lana de la oveja. Los clasificadores toman la lana de la paleta como estándar y ven cómo comparan las de las otras zonas con ésta.
4. Vellón comercial ('Fleece wool')	Lana vellón de buena calidad en promedio y habitualmente libre de materia vegetal.
5. Costillar ('Brisket wool')	Similar a 3 pero usualmente un poco inferior en calidad.
6. Lomo ('Back wool')	Propenso a abrirse y a estar sucio ('lomo flaco o terroso').
7. Cuarto ('Britch wool')	Más gruesa que el resto de las partes del vellón y, en muchos casos, propensa a ser medulada y contener semilla y apelmazamientos.
8. Brazuelo ('Arm piece')	Lana muy corta y con mucha semilla.
9. Garra ('Hairy shanks')	Peluda o medulada, contiene poca lana, se usa para manufacturas de baja calidad que contiene cerda de vaca o caballo, también para mezclar con otras lanas.
10. Puntas amarillas ('Stained wool')	Es una lana que no se lava a blanco y es tenida como de muy inferior calidad (lana teñida por orina/heces: se debe secar antes de enfardar) ¹ .
11. Barriga ('Belly wool')	Lana de buena resiliencia pero habitualmente con mucha semilla.

Figura 1a: Zonas de la cobertura o vellón que dan origen a diferentes tipos de lana (von Bergen, 1969).

¹ No estamos de acuerdo con que esta lana sea de inferior calidad: es más sedosa y su coloración la inhabilita solo para teñir a colores pasteles. Estos últimos representan un porcentaje muy reducido del trabajo de la tintorería.

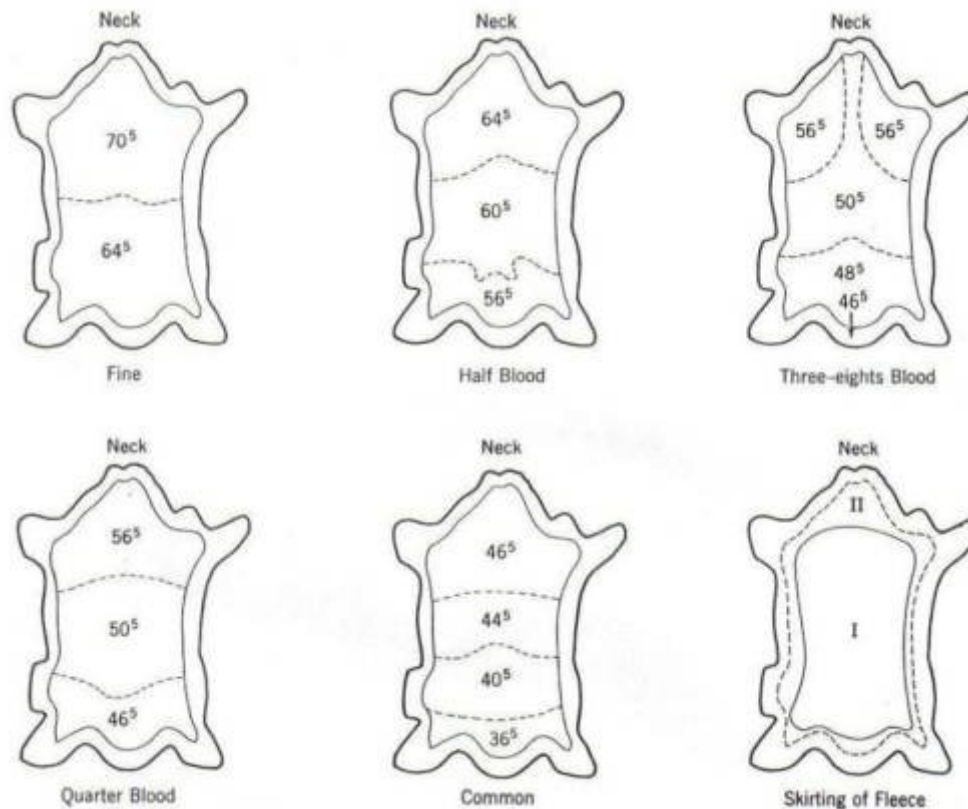


Figura 1b: Esquema de clasificación de Idiferentes tipos de vellón ovino (von Bergen, 1969). "Neck": cuello; "Fine": fina; "Half Blood": media sangre; "Three-eighths Blood": tres octavos de sangre; "Quarter Blood": cuarto de sangre; "Common": común; "Skirting of Fleece": desborde.



Figura 1c: Clasificador de lana realizando su trabajo (von Bergen, 1969).

No obstante, en la actualidad existen sistemas simplificados de clasificación cuyo objetivo es poder acondicionar y describir el lote esquilado. Este es el caso del Sistema de Gestión de Calidad PROLANA desarrollado por organismos públicos y privados, nacionales y provinciales, e instrumentado a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación (SAGPyA) en diciembre de 1994 (PROLANA, 2010).

No es de descartar que las fibras especiales más valiosas justifiquen acondicionar y clasificar el vellón con similar cuidado al usado en el pasado para el vellón de lana. Este es el caso de la fibra de los camélidos (Llama, Alpaca, Guanaco y Vicuña) y de caprinos (Cashmere y Mohair).

Para el caso del Guanaco, como se ilustra en la Figura 2, Hick y otros (2005) proponen tres regiones (A, B y C) a separar en la esquila. Resultan de la conjunción de varias subregiones y surgen de los resultados de la calidad de fibra a obtener luego de descender. Se sugiere, complementariamente, incluir como criterio de clasificación la edad del animal.

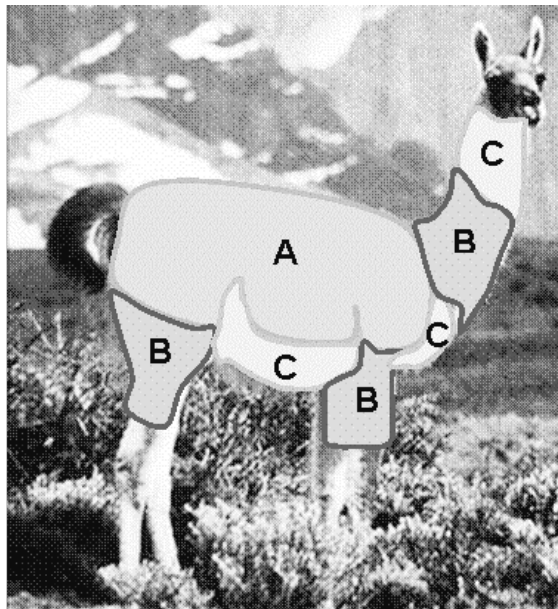


Figura 2: Regiones topográficas del Guanaco (Hick y otros, 2005).

En el caso de los Camélidos sudamericanos domésticos, para la Llama Frank y otros (2007) proponen el acondicionamiento o separación en dos regiones bien diferenciadas: *vellón* propiamente dicha y *bordel*. La clasificación por región topográfica dentro del vellón debe ir apoyada por una exploración lineal, en sentido dorso-ventral, para separar adecuadamente los sitios que difieren en diámetro medio, teniendo en cuenta las cuatro regiones marcadas en la Figura 3: *Cuello*, *Paleta*, *Flanco* y *Cuarto*. La línea de punteado chico que separa al vellón del bordel es inconstante entre animales. Lo mismo sucede en la parte alta del cuello.

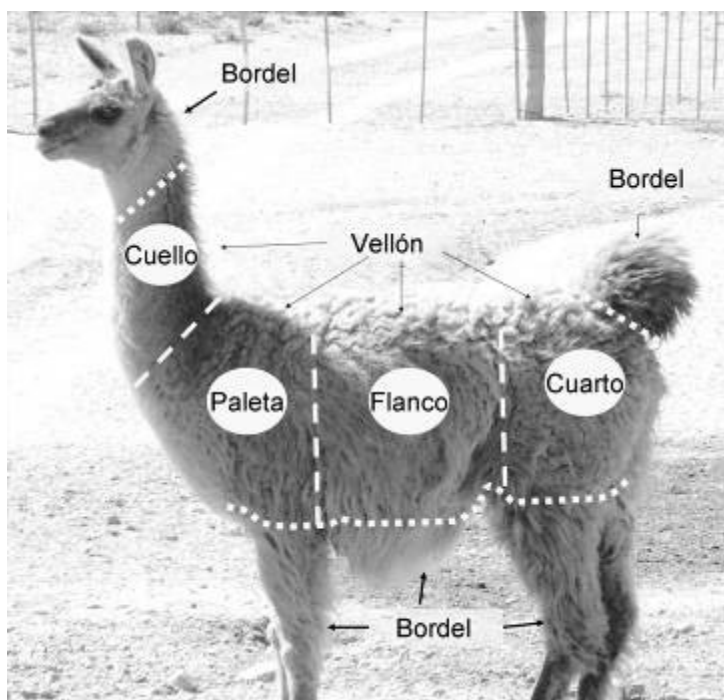


Figura 3: Regiones topográficas en la Llama (Frank y otros, 2007).

Para fibras caprinas como el Cashmere, Browne y Pearce (2004) proponen la separación de las regiones topográficas ilustradas en la Figura 4. Para ello tienen en cuenta como en los anteriores casos criterios de variación de calidad de fibra y su comportamiento durante el procesamiento.

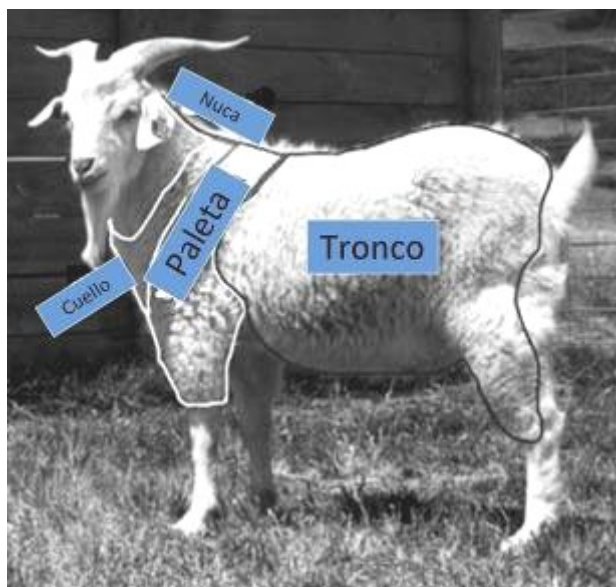


Figura 4: Regiones topográficas para caprinos productores de Cashmere (Browne and Pearce (2004).

A la variación topográfica descrita hasta ahora, hay que agregarle la existencia de importantes variaciones entre individuos, entre poblaciones (majadas, hatos, tropas) y entre regiones, siendo esta variación mayor en poblaciones primarias o criollas. Para la Argentina el equipo SUPPRAD de la Universidad Católica de Córdoba ha realizado importantes estudios que abarcan varias regiones donde se cría ovinos (Hick y otros, 2008), caprinos (Hick y otros, 2007 y Frank y otros 2008) y Camélidos (Frank, 2001; FAO, 2005, Hick y otros, 2009). También ha propuesto, transferido y aplicado sus protocolos de relevamiento a equipos de especialistas de países limítrofes.

3. Contaminantes de la lana y su influencia en el lavado.

Bateup (1986) describe la existencia de tres tipos de contaminantes: “la grasa [cera] ovina esta compuesta por fracciones oxidadas [la mas expuesta a la atmósfera] y no-oxidadas. Estas se comportan de manera diferente en el lavado. La no oxidada y la mayor parte de la oxidada son removidas con facilidad, quedando en la fibra una pequeña cantidad de “grasa” oxidada de difícil remoción. La suintina está compuesta de una fracción rápidamente soluble y una fracción que se disuelve relativamente despacio. La suciedad esta conformada por tierra mineral, suciedad orgánica no proteica y suciedad proteica. Estas fracciones de suciedad son removidas en tiempos diferentes, tal cual lo evidencia el porcentaje de ceniza de los barros de cada baño. El porcentaje de ceniza es mayor en el primer baño, disminuyendo progresivamente en los siguientes”. La velocidad de remoción varía, por lo tanto, según la característica del contaminante: “Los contaminantes factibles de ser removidos rápidamente representan el 80-90% del total y son conocidos como contaminantes fácilmente removibles (“easy-to-remove contaminants”). Están compuestos por “grasa” no oxidada, la mayor parte de la “grasa” oxidada, la suintina de rápida solubilidad y la suciedad mineral, orgánica y proteica mas suelta” (Bateup, 1986).

La composición de la “grasa” ovina es la siguiente (el término “cera ovina” o “wool wax” es el correcto): “Los principales componentes de la “grasa” ovina son ésteres de alto peso molecular, formados por una mezcla de esteroides, alcoholes alifáticos y dioles, combinados con cadenas rectas, cadenas ramificadas y ácidos grasos hydroxy. Algunos constituyentes menores son alcoholes libres y ácidos” (Stewart, 1985).

Bateup (1986) nos ubica en las características del contaminante proteico: i) “[Los esfuerzos de Bert Anderson] estuvieron dirigidos a estudiar un contaminante predominantemente proteico que denominó “capa contaminante proteica” (PC). Este contaminante puede representar hasta un 5% del peso sucio y está constituido por escamas de piel (“skin flakes”) y desechos celulares (“cellular debris”). La PC no forma una capa continua sobre la superficie de la fibra. Es altamente probable que las escamas superpuestas en diferentes partes del largo de la fibra, especialmente en su punta, formen una barrera efectiva a la remoción de “grasa” y tierra; y ii) “La contaminación proteica, una vez adherida a la fibra, es de difícil remoción [...]. El contaminante proteico puro tiene una coloración blanca, similar a la caspa (“dandruff”), de manera que el contaminante residual puro no debiera afectar significativamente el color de la lana lavada”. Sin embargo este contaminante tiende a darle a la fibra una apariencia grisácea que no representa problema alguno, ya

que tiende a desprenderse durante los siguientes procesos textiles, en particular el cardado. La eliminación de las escamas de piel y desechos celulares del contaminante proteico es deficiente en los lavaderos donde, para minimizar el enfieltado de la fibra, no se agita el baño. Esta es la razón por la que las lanas lavadas en los lavaderos Fleissner tienden a tener mal “mostrador”. Lo mismo ocurre en los lavaderos donde el agitado del licor de lavado es mínimo. **Este contaminante no debe preocupar, por ser fácilmente eliminado por la acción mecánica de los siguientes procesos textiles.**

El centrifugado del efluente para la recuperación de la “grasa” ovina tiene un efecto colateral sobre el proceso de lavado: *“El centrifugado del licor de lavado puede tener un efecto importante sobre la tecnología de lavado, ya que la “grasa” no oxidada (recuperable) puede redepositarse en la lana de no ser removida continuamente del licor de lavado”* (Stewart, 1985).

El grado de contaminación a encontrar en diferentes tipos de lana se ilustra en la Tabla 1 para el Merino Australiano (Lipson y Black, 1944) y en la Tabla 2 para lanas Cruzas Neocelandesas (Ross, 1959):

Tabla 1: Grado de contaminación en lanas Merinos Australianas (Lipson y Black, 1944).

	% de la lana sucia		
	Máximo	Mínimo	Promedio
Grasa	25,4	10,0	16,1
Suintina	12,0	2,0	6,1
Suciedad	43,8	6,3	19,6

Tabla 2: Grado de contaminación en lanas Cruzas Neocelandesas (Ross, 1959).

	% de la lana sucia		
	Máximo	Mínimo	Promedio
Grasa	8,5	1,6	5,2
Suintina	12,1	2,2	8,0
Suciedad + “suint moisture”	---	---	7,9

El grado de contaminación de las fibras especiales en relación a las lanas Merino y Cruza es mínimo, lo que facilita enormemente su lavado. El porcentaje de “grasa” en estas materias rara vez supera el 2%. Este tenor de “grasa” podría no justificar el centrifugado del efluente.

4. Apertura y batido.

El batido de las fibras animales busca minimizar en la materia no lavada (así como en la lavada) la contaminación mineral y, en menor medida, la suciedad orgánica no proteica. El esquema de una batidora moderna puede observarse en la Figura 5. Este tipo de equipo genera, asimismo, un cierto grado de apertura, si bien no es su objetivo principal.

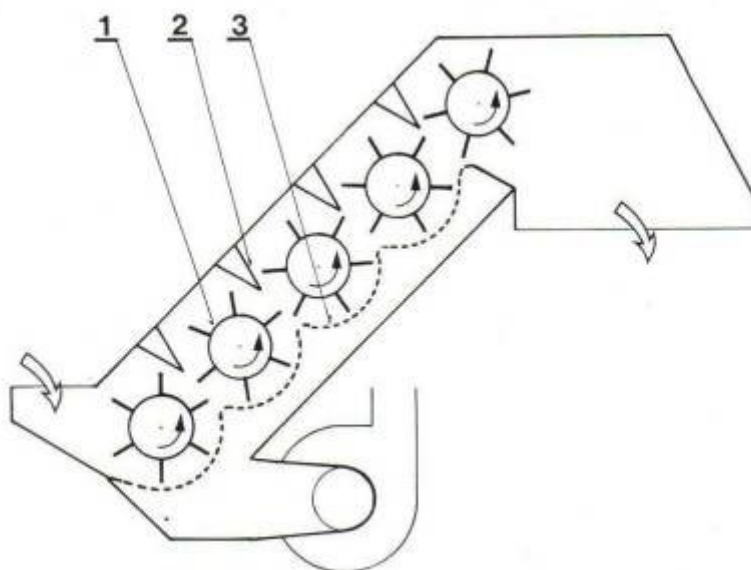


Figura 5: Esquema de una batidora gradual moderna (“Step blender”) (Stewart, 1985). 1. cilindros enpuados (“Spyked cylinders”); 2. Deflectores (“Deflectors”); 3. Grillas (“Screens”). Por estas últimas cae el contaminante mineral como resultado del batido de la lana por los cilindros enpuados (el contaminante es retirado por aspiración neumática).

Los cilindros enpuados proyectan la lana contra las grillas por cuyas aperturas se desliza el contaminante mineral y el contaminante vegetal que se encuentra suelto. Los deflectores habilitan la correcta circulación de la materia en dirección ascendente.

Las Figuras 6a y 6b contienen sendos ejemplos de equipos de apertura. En estos, el vellón es despedazado con el fin de: *i)* facilitar su carga al lavadero; *ii)* abrir la materia para un más eficaz y eficiente lavado; y *iii)* eliminar, al mismo tiempo; la mayor cantidad posible de contaminación mineral y vegetal. El “Fearnaught” o “lobo carda” de la Figura 6b es utilizado para abrir los vellones mas afieltrados o “acapachados”, caso contrario, se vería dificultado su lavado. **En este caso la rotura de fibras es inevitable (el enfieltro de fibra es el principal enemigo del largo de fibra).** Hay en el mercado abridoras decapachadoras todavía más enérgicas que el “Fearnaught”.

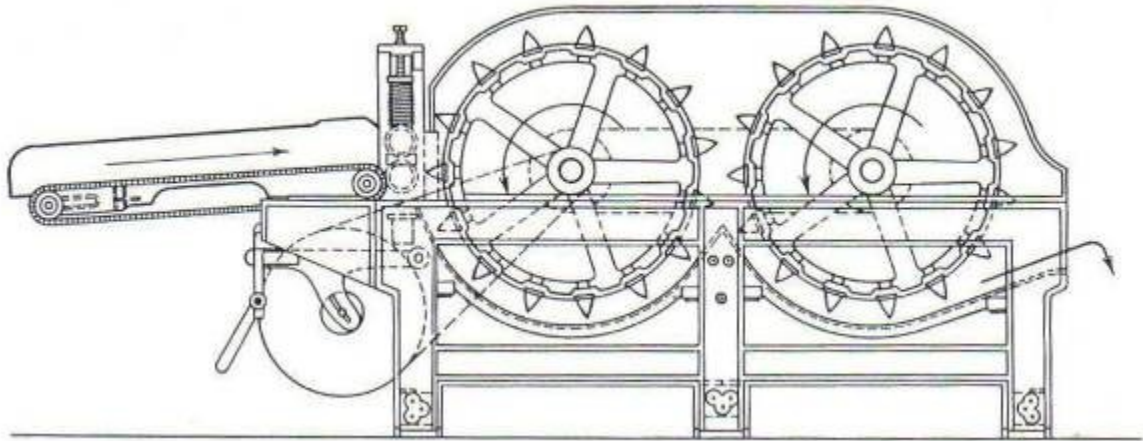


Figura 6a: Equipo de apertura de doble cilindro (von Bergen, 1969).

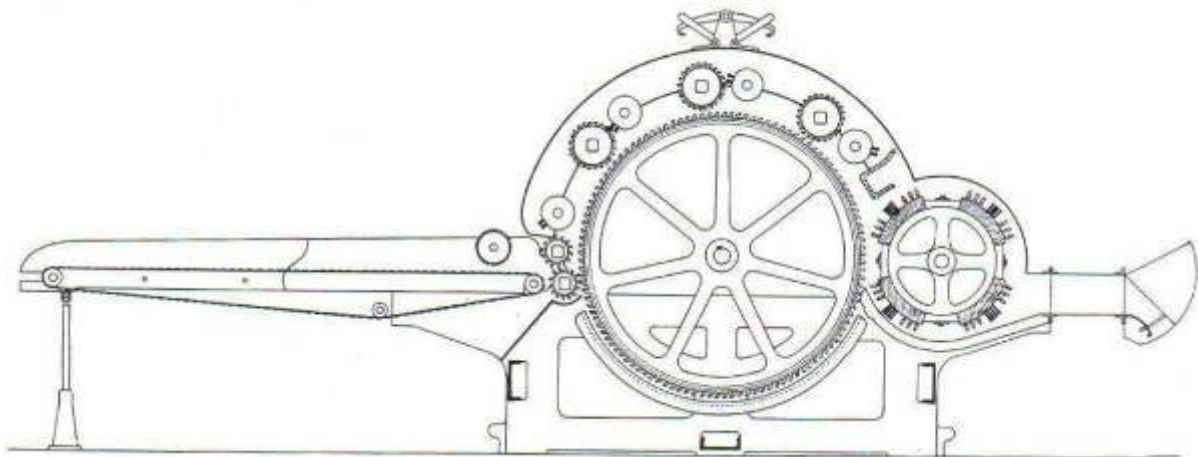


Figura 6b: Equipo de apertura “Fearnaught” o “lobo carda” (von Bergen, 1969).

La Figura 7 muestra un transporte neumático desde un “lobo carda” a un box² de mezcla. En los sistemas de transporte neumático, un ventilador succiona la fibra para luego impulsarla, vía un conducto tubular, al box de acondicionamiento y/o mezcla, o al cargador del próximo equipo. En este caso la fibra pasa a través del ventilador. Se puede utilizar un “Venturi” para que esta no tenga que atravesar el ventilador y, consecuentemente, correr el riesgo de rotura de fibra.

² El “box” es un ambiente cerrado dotado de un escape de aire en donde se acumula la materia a espera de ser procesada previo acondicionamiento (humedad mas auxiliares químicos)

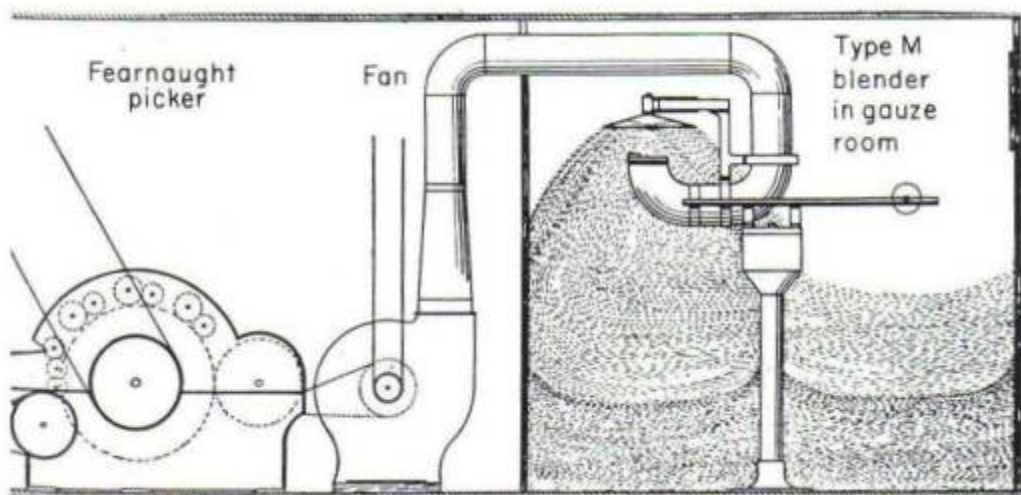


Figura 7: Transporte neumático (von Bergen, 1969). "Fearnought picker": lobo carda; "Fan": ventilador impulsor; "Type M blender in gauze room": mezclador Tipo M en box de almacenamiento.

En la Figura 8 se puede observar un clásico cargador vertical del tipo hallado a la entrada del primer baño de lavado, del secadero del lavadero (Fig. 12), de las cardas (Figuras 17 y 18) o cualquier otro equipo alimentado con fibra a granel (sin lavar o lavada). El cilindro enpuado "3" peina contra la telera enpuada ascendente la fibra elevada. En sustitución de este cilindro enpuado se usa comúnmente un peine vibrador (Figuras 17 y 18). El cargador provoca un nivel adicional de apertura de fibra debido al trabajo de los órganos enpuados y sus velocidades relativas.

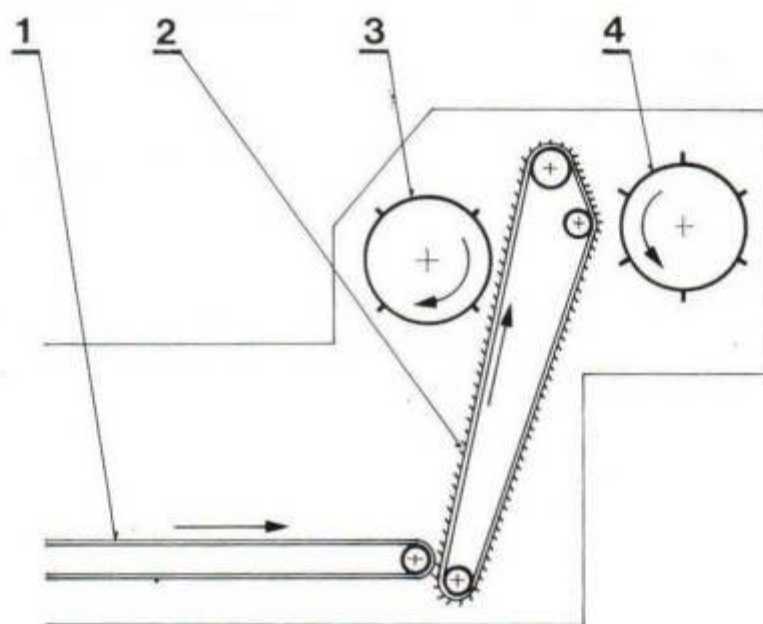


Figura 8: Cargador vertical clásico (Stewart, 1985). Cargador a telera enpuada o "Spiked feed brattice"; 1. Telera alimentadora horizontal o "Feed apron"; 2. Telera enpuada vertical o "Spiked apron"; 3. Cilindro enpuado peinado o "Comb drum"; 4. Cilindro descargador o "Doffer drum".

La fibra enfieltrada o "acapachada" es un problema grave cuando se trabaja con lana o fibras especiales. El problema es más frecuente en el caso de las fibras especiales debido al deficiente manejo animal a que están expuestas esas ganaderías. La producción de estas materias preciosas está concentrada principalmente en comunidades aborígenes y pequeños productores, en su mayoría carentes de todo apoyo científico y tecnológico. La consecuencia de esta falencia se origina en una deficiente alimentación animal, atención veterinaria, tecnología de esquila y acondicionamiento, es decir, en un deficiente sistema de manejo. La puesta en valor de estas fibras requiere la reversión de esa situación. En la mayoría de las especies pareciera conveniente esquilar anualmente para eliminar posibles fuentes de enfieltrado.

5. Lavado.

El lavadero de fibras animales esta compuesto por: *i*) un cargador (Figura 8); *ii*) una abridora con dos o mas cilindros enpuados (Figura 5); *iii*) cinco o mas baños de lavado, con su correspondiente juego de cilindros exprimidores a la salida de cada uno de ellos (Figura 9); y *iv*) un secadero a telera continua (Figura 12) o tambores perforados (Figura 13) (entre el último baño y el secadero se coloca un cargador de manera de alimentar lo mas uniformemente posible al secadero). En el punto anterior hemos hablado del cargador (Figura 8) y de la abridora (Figura 5) por lo que no trataremos el tema nuevamente. Cabe, sin embargo, aclarar que “[...] *la lana tiende a enfieltrarse si es alimentada al lavado demasiado abierta*” (Stewart, 1985), por lo que hay que optimizar el grado de apertura del abridor. En la abridora las fibras dejan de estar paralelas unas a otras volviéndose más propensas al enredo y enfieltrado.

En la Figura 9 se puede observar el esquema de un baño. El largo de cada baño varía según la función a cumplir en el proceso de lavado, dependiendo, por lo tanto, del tiempo que la fibra debe permanecer en el licor de lavado antes de entrar a los cilindros exprimidores para pasar al próximo baño o, en el caso del último baño, el secadero. El largo es, consecuentemente, una función del tiempo requerido por la función del baño, la velocidad del sistema de transporte de los baños y los cilindros exprimidores. La velocidad del sistema de transporte y los cilindros exprimidores (velocidad tangencial) es la misma, de manera de mantener la napa de materia avanzando uniformemente sin que se generen espacios vacíos.

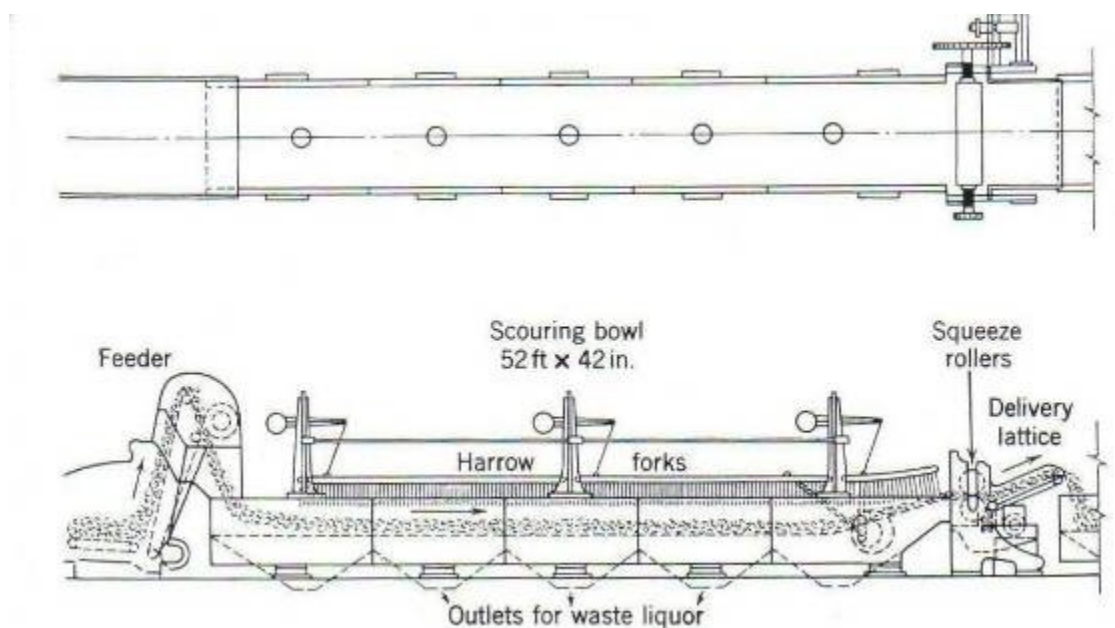


Figura 9: Baño de lavado con sistema de transporte a rastrillera (von Bergen, 1969). “Scouring bowl”: baño de lavado; “Feeder”: cargador alimentador; “Harrow forks”: transporte a rastrillera; “Outlet for waste liquor”: descarga licor del baño; “Squeeze rollers”: cilindros exprimidores; “Delivery lattice”: telera entregadora.

En los baños de los lavaderos convencionales se observan dos diferentes tipos de sistema de transporte de fibra a lo largo del lavado: *i*) el de horquillas (Figura 10); y *ii*) el de rastrillera (Figuras 9 y 11). El de horquillas tiende a enfieltrar la fibra, en particular las más finas, al levantarlas fuera del baño al tiempo que las transporta, permitiendo que se retuerzen. El de rastrillera trata a la fibra mas suavemente, por lo que se minimiza el enfieltrado. Hay otro sistema de transporte mucho más complejo y costoso, el Tipo Fleissner: para el movimiento de la lana en el baño se usan cilindros perforados dotados de succión. Se puede afirmar que esta tecnología no enfieltra la materia por mas fina que sea. **Si bien todo indica que los baños a horquilla no debieran ser utilizados, en no pocos casos, son particularmente demandados por quienes se dedican a la venta de lanas lavadas de inferior calidad, ya que el enfieltrado permite disimular las lanas cortas introducidas en la mezcla para disminuir el costo.**

De todas maneras hay que tener presente que: “[...] *un cierto grado de agitado del licor es necesario para la adecuada eliminación de la tierra en algunas lanas destinadas al peinado*” (Stewart, 1985). El grado de agitación a dar al licor esta limitado por el potencial de enfieltrado de cada tipo de fibra (cuanto mas fina es una fibra mas facilmente se enfieltra). Cuanto mas se agita el licor menor va a ser el contenido de tierra de la fibra a la salida del lavadero. **De acuerdo a nuestra experiencia, el contenido de tierra de la fibra lavada preocupa, principalmente, a quienes comercializan fibra lavada pudiendo ser corregido con una batidora a la salida del lavadero (Figura 4) sin necesidad de correr el riesgo de enfieltrar la materia agitando el licor. De todas maneras, la tierra que queda en la fibra se elimina en su mayor parte durante el cardado.**

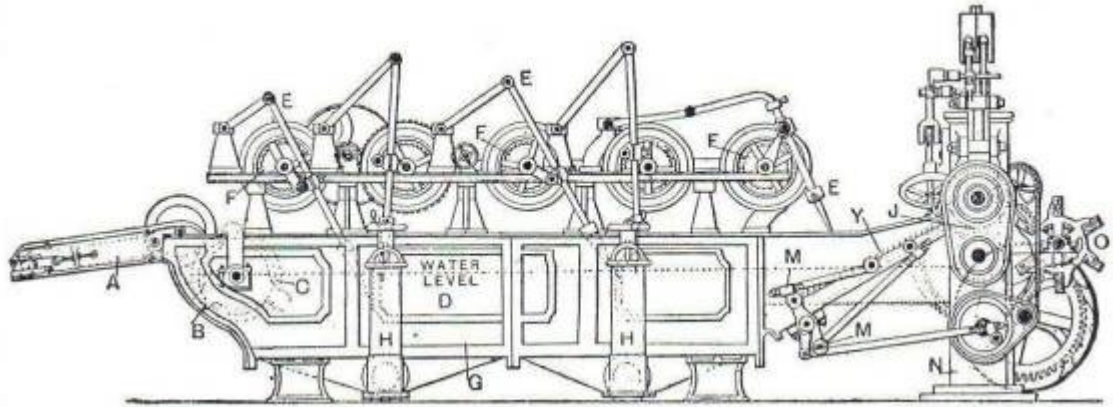


Figura 10: Baño de lavado con sistema de transporte a horquillas ("swing rake") (Radcliffe, 1953). A: telera de alimentación; B: baño; C: cilindro de inmersión: hunde la lana en el licor de lavado; D: nivel del licor ("water level"); E: horquillas transportadoras de lana; F: accionamiento de las horquillas por ruedas de leva; G: piso falso perforado: habilita la caída y extracción de la tierra; H: válvulas de salida: permite el retiro periódico de los barrotes de lavado; Y: la última horquilla coloca la lana en la telera elevadora ("slide lifter") que la conduce a los cilindros exprimidores; J: cilindros exprimidores; K, L, M y N: mecanismo accionamiento telera elevadora; O: descarga la fibra en una telera de alimentación que la conduce al próximo baño o al cargador del secadero.

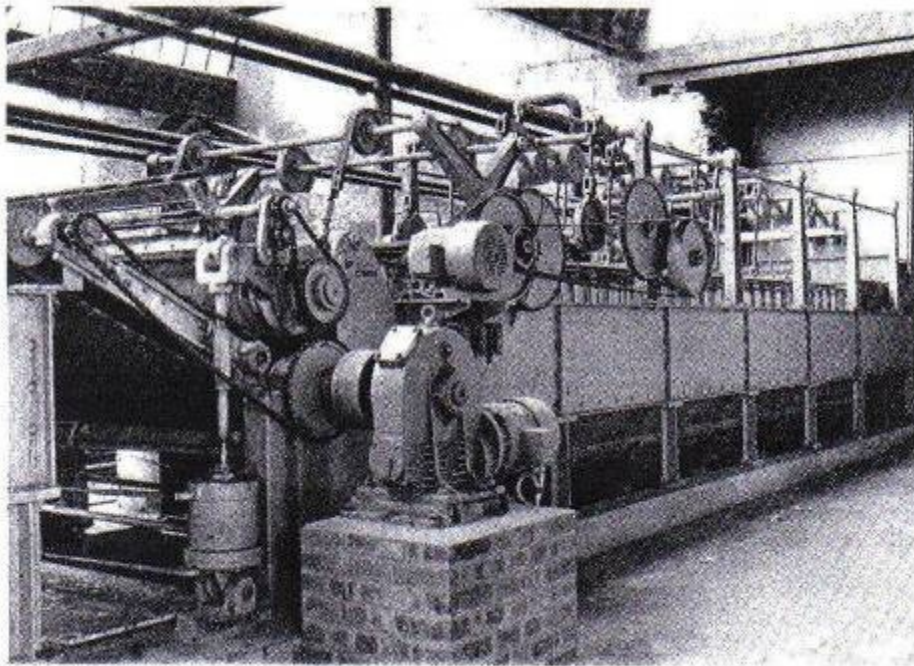


Figura 11: Lavadero continuo con sistema de rastrillera (von Bergen, 1969).

El recubrimiento y presión de los cilindros exprimidores a la salida de los baños es un tema fundamental que analizaremos cuando estudiemos la mecánica del proceso de lavado.

El secadero puede ser de dos tipos: *i*) de telera sin fin (Figura 12); o *ii*) de tambores secadores perforados Tipo Fleissner (Figura 13). En el primero, una telera metálica transporta la materia húmeda salida de los cilindros exprimidores del último baño (Regain: 50-60%) a lo largo de una cámara de secado calefaccionada con vapor o quemadores de gas directos. En el Tipo Fleissner, unos cilindros perforados dotados de succión transportan la fibra por dentro de la cámara de secado (la lana, por obra de la succión, queda adherida a la superficie externa de los cilindros perforados). En este caso el calor es generado dentro de los cilindros perforados con quemadores de gas. A la salida del lavadero generalmente se le aplica a la fibra los auxiliares químicos requeridos por los siguientes procesos (ensimaje y antiestático) antes de ser transportada neumáticamente a los boxes de estacionamiento y/o mezcla, como paso previo al cardado. La materia suele permanecer en ellos, como mínimo, un par de días para que el "regain" (porcentaje de agua sobre el peso seco de la fibra) se homogenice.

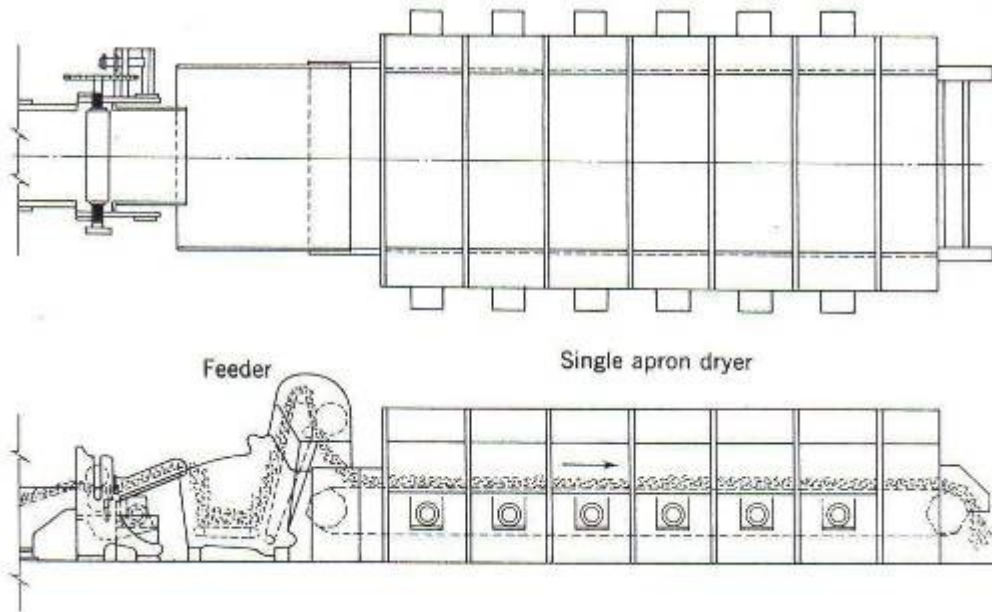


Figura 12: Secadero continuo o de telera sin fin (von Bergen, 1969). "Feeder": cargador alimentador; "Single apron dryer": secadero a telera continua simple.

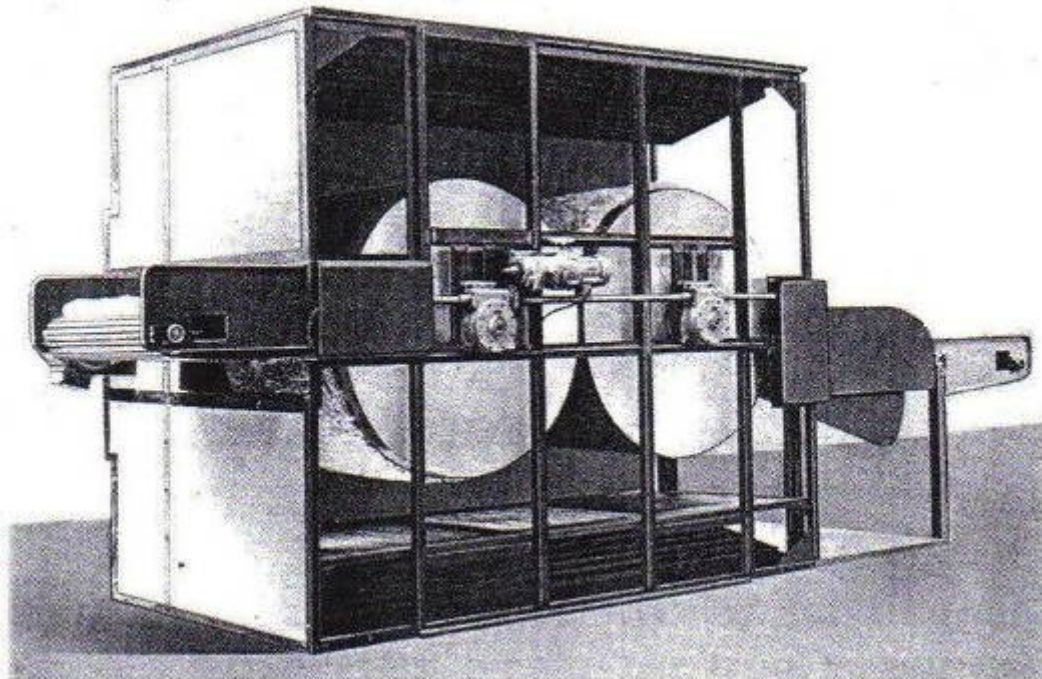


Figura 13: Secadero de tambores perforados Tipo Fleissner (von Bergen, 1969).

5.1. Mecánica del proceso de lavado.

"Es un proceso rápido que depende del tiempo de permanencia de la fibra en un medio acuoso: la suciedad compuesta por "grasa", tierra y suintina, se expande e hidrata hasta alcanzar 3 a 4 veces el diámetro de la fibra, formando de esta manera un complejo mecánico fuerte" (Stewart, 1985). Según Harker (1959), el proceso de expansión del complejo suciedad dura unas pocas decenas de segundos. "Este complejo, una vez expandido, puede, si bien de manera lenta, desintegrarse y emulsionarse espontáneamente de manera no confiable y rara vez completa. Sin embargo, el complejo es removido fácilmente por una acción mecánica apropiada, como es el caso del rápido flujo de agua en el punto de pinzado de los rodillos exprimidores. Howitt postula una velocidad de 10 cm/s [velocidad tangencial cilindros exprimidores] como necesaria para la remoción" (Stewart, 1985). El lavado de las fibras animales es el resultado del trabajo mecánico de los cilindros exprimidores.

En la Figura 14 se puede observar la expansión del complejo suciedad. "[...] un movimiento relativo elevado entre el licor y la lana promueve la eliminación de la "grasa" y reduce el uso de detergente. En el

trabajo de Veldsman's, la eficiencia en la eliminación de la "grasa" continua aumentando a velocidades relativas de licor de 16 cm/s [...]. La velocidad tangencial de los rodillos exprimidores suele ser de 4 a 12 cm/s" (Stewart, 1985). Pasemos ahora a la temperatura de los baños: "La "grasa" ovina se ablanda y derrite a una temperatura de, aproximadamente, 40° C [...] la expansión del complejo suciedad [...] aparenta ser rápida a una temperatura normal de lavado de 55-60° C [...] los 55° C no son usualmente excedidos debido a la susceptibilidad de la lana a ser dañada por el álcali a temperaturas elevadas [de usarse álcali]. Sin embargo, el tiempo de inmersión es importante, ya que de ser corto se toleran altas temperaturas. Por ejemplo, el "CSIRO jet scour" lavando lana Merino utiliza una solución de carbonato de sodio de 0,2-0,4 % a 80° C durante períodos de tiempo muy reducidos (alrededor de 40 segundos). En un lavadero convencional, si no se utiliza álcali, se acostumbra emplear temperaturas mas elevadas en el orden de los 60-70° C" (Stewart, 1985). Para cada tipo de fibra se debe establecer el tiempo requerido para que el complejo suciedad adquiera su máximo volumen. Los cilindros exprimidores alcanzan su máxima eficiencia en la eliminación del complejo suciedad cuando este alcanza su máximo volumen.

El largo del baño de lavado se calcula multiplicando la velocidad tangencial de los rodillos exprimidores (cm/s) por el tiempo necesario (s) para que el complejo suciedad alcance su volumen máximo. Las fibras especiales no han recibido el mismo nivel de atención científica que la lana. Es mucho lo que falta investigar sobre su lavado.

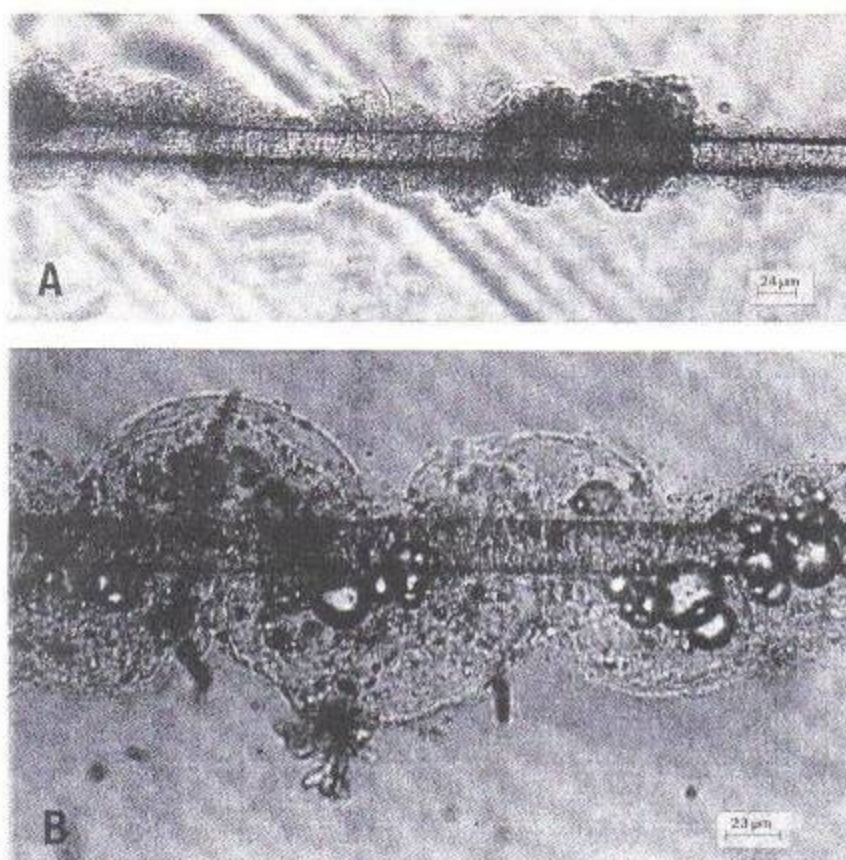


Figura 14: Remoción del complejo suciedad (Stewart, 1985). (A) (imagen superior) fibra de lana sucia en una solución de miristato de sodio a 50°C; (B) (imagen inferior) lana exhaustivamente lavada pero todavía recubierta del complejo suciedad expandido en una solución de sodium myristate a 60° a la espera de pasar por los cilindros exprimidores.

Respecto la concentración de sólidos en los baños sabemos que: "En el primer baño de lavado se han registrado concentraciones de sólidos del 15-18% sin que la calidad del lavado de lana se vea afectado" (Stewart, 1985), y que "[...] cuando el contenido de "grasa" del licor se acerca al 4-5 % se presenta un serio peligro de redeposición de la "grasa" en la lana" (Anon., 1952a).

En el lavado de lana a veces se utilizan desarrolladores ("Builders"): "Generalmente se usan sales inorgánicas carentes de poder de detergencia para aumentar la potencia de los detergentes usados [esta afirmación excluye el carbonato de sodio utilizado en el primer baño de lavado]" (Stewart, 1985). "En la práctica, la adición de carbonato de sodio incrementa la tasa de remoción de "grasa" y potencia la eliminación de la suciedad vía efectos de barrera eléctrica ["electrical barrier effects"]. Por ejemplo, la adsorción de iones inorgánicos del baño por parte del substrato (lana y contaminantes) incrementa el potencial eléctrico provocando una mutua repulsión. Por lo tanto, en baños muy pequeños, con muy poco tiempo de residencia, el uso de soda cáustica ("soda ash") puede resultar beneficioso. De todas maneras,

se requiere tener un cuidado preciso con el pH del baño: hay que mantenerlo por debajo de 9.5, previniendo, de esta manera, el amarillamiento y deterioro de la lana durante el secado" (Bateup, 1986).

Es conveniente conocer la composición y comportamiento de la suintina (sales orgánicas de potasio): "[...] compuesta, principalmente, por una larga cadena de ácidos grasos de sales de potasio [*potassium salts of long chain fatty acids*"]. La suintina es, por lo tanto, un jabón en si mismo" (Anon., 1952a). Consecuentemente, el primer baño del lavadero suele ser usado para eliminar la suintina: "[siempre y cuando se utilice este tipo de baño y se desee aprovechar las propiedades detergentes de la suintina] [...] en el primer baño de desuintado (*suint bowl*) debe mantenerse un pH mínimo de 9.0" (Anon., 1952a). Es un tema a debatir si el contenido de suintina de las fibras justifica dedicar el primer baño a desarrollar su poder de detergencia.

El pH de las fibras a lavar puede tener un efecto sobre el proceso por lo que conviene tenerlo en cuenta: "[...] las lanas Merino tienen un pH [de extracto de agua] casi neutro o levemente ácido (5.5-8.4), mientras que las Cruza son generalmente alcalinas (6,9-10,0)" (Stewart, 1985). "[el pH del extracto de agua] puede tener importancia en la determinación de las condiciones de lavado a emplear. Hay un método Standard para su determinación en lana [IWTO-2-66(E)/ASTM(D2165)33] en sus diferentes estados: 2 gramos de lana son agitados en 100 ml de agua destilada durante una hora y se mide el pH del extracto" (Stewart, 1985).

Analicemos el efecto del álcali sobre el jabón: "Cuando se utiliza jabón para lavar, su efectividad se ve aumentada con la adición de álcali". Las razones son las siguientes: i) Supresión de la hidrólisis del jabón, lo que aumenta la cantidad de jabón efectivamente presente para la formación del film; ii) El álcali actúa como una sal y, por lo tanto, induce al jabón de la solución a entrar en la interfase, generando una concentración de moléculas de jabón que solo estarían presente de ser mayor su concentración en el baño (puede remplazarse por sales como el cloruro y sulfato de sodio); iii) Reacción con la suintina (la suintina requiere, aproximadamente, 3 ½ lb. de carbonato de sodio cada 1.000 lb. de lana Merino sucia, independientemente del pH de la muestra); y iv) Absorción del álcali por parte de la lana ("[...] la lana es una sustancia amphotérica capaz de combinarse tanto con ácidos como con álcalis. Si la lana con su pH usual de 6,5-7,5 es ingresada al primer baño con un pH de 9-10, cantidades apreciables de álcali van a ser absorbidas por las fibras hasta ponerse en equilibrio con el licor [...] si la lana sucia es introducida en una solución de jabón a la que no se ha agregado álcali, la fibra toma de la solución su necesidad de álcali, dejando atrás jabones ácidos. Consecuentemente, estos no van a poder cumplir con los propósitos del lavado y, bajo ciertas condiciones, King sugiere que pueden depositarse en la fibra") (Anon., 1952a).

El uso racional del álcali en el lavado con jabón responde a los siguientes parámetros: i) "Si se utiliza un primer baño de desuintado (sin adición de jabón) hay que agregar suficiente álcali como para alcanzar un pH justo por encima de 9.0"; ii) "En el primer baño en que se utiliza jabón se adiciona inicialmente suficiente álcali como para elevar el pH a 11. Cuando se pasó un poco de lana el pH cae, aproximadamente, a 10, a partir de ahí se agrega álcali para mantener el pH apenas por encima de 10 [...] El pH 10 requerido corresponde a una relación particular de concentración entre el bicarbonato de sodio y el carbonato de sodio. A medida que el álcali se consume, la proporción de bicarbonato aumenta y, a partir de un cierto punto, la recuperación de la relación original de bicarbonato/carbonato, y por lo tanto del pH mediante incorporación de carbonato, se torna ineficiente al requerirse cantidades cada vez mayores, ya que la solución se ha vuelto fuertemente "bufferada". La manera mas eficiente de retornar a las condiciones originales pasa por la utilización de soda cáustica, la cual convierte nuevamente el bicarbonato en carbonato (Dubeau, Vincent y Robinet)" (Anon., 1952a).

Durante el lavado se debe tener especial cuidado con la evacuación de los sólidos del licor de lavado. Cada baño debe contar con una válvula de evacuación programable que habilite la eliminación periódica de los sólidos precipitados (pocos segundos de apertura con una frecuencia elevada): "Como una ayuda al lavado, es necesario eliminar de forma continua la "grasa" y la tierra del primer baño [...] su aumento a niveles excesivos puede provocar el deslizamiento de la lana en los cilindros exprimidores [...] Un nivel elevado de tierra hace que el licor sucio pase al siguiente baño" (Stewart, 1985).

El "regain" de la fibra lavada es un tema a considerar: "[los comerciantes de fibras animales] demandan de los lavaderos comerciales un "regain" comparativamente alto después del lavado (e.g., 18-19%). En aquellos casos en que se alimenta irregularmente el secadero y el control del secado es deficiente, el "regain" puede variar alrededor de ese valor. El límite superior permisible se encuentra en la región donde es probable el daño bacterial (>25% de "regain")" (Stewart, 1985). Durante el lavado, el "regain" puede ser controlado y mantenido dentro de los límites deseados: "En el lavado, el "regain" puede ser monitoreado eléctricamente midiendo la conductividad de la lana a la salida del secadero" (Stewart, 1985).

Es conveniente tener en cuenta la estructura de las gotas de "grasa" en la emulsión: "[Stevenson y Palmer][...] dentro de cada una de las gotas de "grasa" dispersas en el licor hay una dispersión interna de gotas de agua, todavía mas pequeñas, cuya superficie de contacto con la "grasa" es en conjunto muy elevada debido a su pequeño diámetro. Esta enorme superficie interna está, a su vez, repleta de moléculas de detergente. De esta manera, la cantidad de detergente usado innecesariamente --asumiendo que las dimensiones utilizadas por los autores para las gotas son aproximadamente correctas-- es alrededor de veinte veces superior al utilizado para el lavado [...] [El] colesterol y sus ésteres presentes en la "grasa" de

lana son poderosos promotores y estabilizadores de esta dispersión de agua en aceite. Los jabones de calcio y magnesio facilitan también la formación de este tipo de emulsiones “invertidas” y esta es una de las razones por las que no hay que utilizar agua que no esté completamente ablandada en el lavado de lana” (Anon., 1952a). La solución de este interesante fenómeno traería aparejada una substancial reducción del consumo de detergente.

Volvamos al tema de la temperatura del licor de lavado en los baños: “Leonard considera que la temperatura óptima de lavado se alcanza a los 140° F [60° C], ya que a esta temperatura la “grasa” ovina alcanza su viscosidad mínima” (Anon., 1952a). La temperatura de los diferentes baños varía según la función a cumplir: “En los diferentes baños la temperatura varía considerablemente. En general, con un detergente del tipo no-iónico “nonyl phenol ethoxylate”, se recomienda en el primer baño de lavado una temperatura de 65-70° C; para luego ir disminuyéndola 1-2° C en cada uno de los sucesivos baños. Una temperatura demasiado elevada implica la posibilidad de dañar la lana, sumado a un gasto energético innecesario, mientras que una temperatura demasiado baja significa una pobre eficiencia de lavado, así como una menor eficiencia de exprimido. Se generan confusiones cuando se trata de relacionar estas temperaturas con los puntos de nublado (“cloud points”) de los “nonyl phenol ethoxylates” de 8.5 y 9 moles, que son, respectivamente, de 32°C y 55°C. Generalmente, se acepta que los contaminantes relativamente no-polares (“non-polar”), como la “grasa”, se tornan solubles más rápidamente en soluciones de surfactantes con temperaturas justo por debajo del punto de nublado. El punto de nublado es la temperatura a la que se nubla una solución surfactante. Se cree que se corresponde con un gran aumento del número de micelias agregadas. En el licor de lavado, la presencia de pequeñas cantidades de “grasa” ovina aumenta el punto de nublado muy por arriba de 100°C. La adición de un electrolítico reduce el punto de nublado dependiendo de los niveles de “grasa” y electrolítico” (Bateup, 1986). En los baños de enjuague la temperatura se ajusta al siguiente criterio: “En los baños de enjuague, la temperatura de 40-50°C es mas eficiente que la fría. La eliminación del arrastre de licor y sales solubles es más eficiente. Aumenta también la eficiencia de exprimido, reduciéndose, por lo tanto, el requerimiento energético durante el secado” (Bateup, 1986).

A pesar de lo expuesto, se puede utilizar un baño de enjuague frío antes del secadero para provocar un “shock térmico” y corregir el “mostrador” de la lana lavada: “Algunas lanas tienden a enredarse o “apretarse” si se las expone a un shock térmico (tal cual ocurre cuando se pasa de un baño de lavado caliente a un baño de enjuague frío)” (Stewart, 1985). Este fenómeno puede usarse para disimular las lanas cortas en una mezcla de lanas de diferentes largos.

La presión de los cilindros exprimidores es igualmente importante: “En la actualidad, se tiende a exprimir con una fuerza total de, aproximadamente, 10 toneladas en cilindros de exprimido de dos metros de ancho” (Stewart, 1985). La firma ANDAR Holdings Ltd. de Nueva Zelanda ofrece rodillos exprimidores de 2,5 a 3 m de ancho con una presión variable de 20 a 30 Toneladas. Su recubrimiento hace a la eficiencia, por lo que hay que tener particular cuidado: “[...] [el recubrimiento del cilindro con] ‘top’ de lana es el mas eficiente a altas temperaturas (60° C). A bajas temperaturas, el recubrimiento con cuerda es el mas eficiente” (Stewart, 1985). El recubrimiento con “top” de lana es eficiente en un inicio, pues se deteriora rápidamente y hay que renovarlo constantemente para conservar su capacidad de exprimido. Nuestra experiencia con recubrimientos de goma es, por otro lado, excelente, particularmente si la evaluamos sobre la base de promediar la eficiencia de exprimido a lo largo del tiempo, que es lo industrialmente correcto. El Ing. Jordi Galtés Bilbao, de la firma Gomplast S.A. de Barcelona, recomienda utilizar cilindros exprimidores de goma de una dureza de 97° Shore A, tanto abajo como arriba. El efecto de la temperatura del último baño sobre el exprimido es algo a tener presente si, como es de esperar, se busca minimizar el consumo de energía de secado: “Calentar el último baño de enjuague incrementa la cantidad de agua exprimida. La principal razón reside, probablemente, en que la viscosidad del agua se reduce a alta temperatura” (Stewart, 1985). Tengamos en cuenta que “Cuando deja el último baño para entrar al secadero, la lana puede tener un “regain” del 50-100% dependiendo de la eficiencia de los cilindros exprimidores” (Stewart, 1985).

El tipo de secadero a seleccionar tiene que ver con el nivel de eficiencia energética alcanzable (Stewart, 1985). En la Tabla 3 se ilustra la eficiencia energética de los diferentes tipos de secadero.

Tabla 3: Eficiencia energética para diferentes tipos de secadero (Stewart, 1985).

Tipo de secadero	Carga de evaporación alcanzada	Potencia eléctrica / unidad de humedad evaporada (kJ/kg)
Telera (secadero tradicional)	10-15 kg/m ² /h	250
Tambores perforados (tipo Fleischner)	20-30 kg/m ² /h	400

En la búsqueda de eficiencia de secado hay que tener en cuenta que: “Barker ha demostrado que una humedad absoluta de alrededor de 0,16 kg/kg de aire seco, es óptima para la eficiencia del secadero y, por lo tanto, los sistemas de control se ajustan para reciclar el aire caliente que no llega a ese valor (vía un sistema de recuperación de calor), eliminándolo por la chimenea recién cuando es alcanzado” (Stewart, 1985). Respecto de la posibilidad de secar por radio-frecuencia se debe tener en cuenta que: “La energía

eléctrica en forma de radiación electromagnética interactúa con el agua del material para generar calor. Las frecuencias utilizadas en los secaderos textiles se ubican en las bandas de 13,56 y 27,12 mega hertz (MHz). Si se expone la lana a esta radiación, el calor generado convierte el agua en vapor, el que es removido haciendo pasar aire por la masa de fibra. Una vez que el agua ha sido eliminada no se genera más calor --la radiación no interactúa con la lana seca-- de manera de no consumir energía eléctrica adicional. El proceso se autorregula y su atractivo yace en el hecho que el calentamiento ocurre solo cuando es requerido, es decir, cuando hay agua presente. Ninguna sector de la fibra puede calentarse por encima de la temperatura de evaporación (100° C) [...] La desventaja es el alto costo del generador y su pobre eficiencia. Solamente el 50% de la energía eléctrica es convertida en radio-frecuencia utilizable [...] La mayor atracción del proceso reside en su publicitada habilidad para producir materiales secos a un nivel de "regain" preciso" (Stewart, 1985).

Pasemos ahora al uso de jabón (ya casi no se usa) o detergentes sintéticos en el lavado de fibras animales. Respecto al jabón hay que tener en cuenta que: "los licores que forman espuma libremente generalmente contienen suficiente jabón como para cubrir la superficie aire-licor con moléculas de detergente extremadamente cercanas y, también, para formar estos mismos films en las gotas de "grasa". Usualmente, la solución de jabón que no hace espuma tampoco lava; de ahí la práctica usual de agregar jabón cuando se reduce la espuma" (Anon., 1952a).

En lo que hace a los detergentes sintéticos hay que tener en cuenta que los no-iónicos presentan problemas ecológicos ("Alkylphenol / ethylene oxide type with 8-10 moles of ethylene oxide"): "son biológicamente "duros", consecuentemente, no son integralmente biodegradables y sus residuos pueden causar espuma en las aguas receptoras" (Stewart, 1985). Una dosificación típica de estos detergentes con lanas Merino y Cruza (normalmente solo se usan tres baños de lavado) se ilustra en la Tabla 4 (Stewart, 1985).

Tabla 4: Dosificación típica para detergentes sintéticos en lanas Merino y Cruza (Stewart, 1985).

Adición de Kg. detergente cada 1.000 Kg. de lana sucia		
Baño	Merino Australiano (Kg.)	Cruzas Neo Zelandesas (Kg.)
1	2,0	0
2	3,0	0 a 1,0
3	2,0	1,0 a 2,0

Los detergentes sintéticos no se ven afectados por las sales duras: "La lana sucia parece incorporar al agua del primer baño una cantidad significativa de sales duras [...] se han detectado iones catiónicos de calcio en la suintina" (Stewart, 1985).

Los principales tipos de detergentes sintéticos son los siguientes:

i) no-iónicos ("Polyethylene oxide detergents": suministrados en forma líquida): "[...] pareciera que los detergentes no-iónicos son los menos sensibles a los cambios de pH. Generalmente la formulación para su uso demanda una solución neutra. Se debe esperar, por lo tanto, un mayor consumo de detergente que en una solución alcalina. En la práctica, son utilizados con un pH 9 o mas elevado todavía. En el primer baño se usa álcali en forma de soda cáustica ("soda ash") para llevar el pH de la lana al nivel deseado. El principal lavado con detergente se produce en el segundo baño sin adicionar más "soda". Se debe recordar que una de las funciones del álcali en el lavado con jabón, además de corregir el pH, es la de potenciar la formación del film y, por lo tanto, la eficiencia de lavado. Cuando se usa detergentes no-iónicos se obtiene un efecto similar adicionando a la solución electrolíticos. Se recomienda la utilización de sal común [también se puede usar sulfato de sodio o bicarbonato de sodio] en una proporción de 0.5% en un baño con un 0.1% de un detergente "polyethylene oxide" (27% puro) [...] Las sales no son específicamente absorbidas por la lana. La pérdida de sal está limitada al monto de sal que abandona el lavadero a través del último cilindro exprimidor, consecuentemente, es normal no necesitar el agregado de mas sal" (Anon., 1952b). "Cuando es tolerable un mayor consumo de detergente, se pueden usar los detergentes "polyethylene oxide" en solución neutra [lavado neutro]. Se omite el agregado de álcali en todos los baños, incluido el primero, desaprovechándose así el poder detergente de la suintina [...]. La lana lavada con esta técnica, independientemente de su pH original, va a entrar al secadero con un pH cercano a 7.0 y, por lo tanto, va a tener, respecto las lanas lavadas en un medio alcalino, ventajas en lo que hace a color y menor posibilidad de ser dañadas por el álcali" (Anon., 1952b). "Los detergentes no-iónicos pueden ser enjuagados de manera fácil y rápida, de todas maneras hay que tener en cuenta que son un muy eficiente agente antiestático en la lana" (Anon., 1952b);

ii) Alkyl Sulphates [suministrados en forma líquida]: a) "Primary alkyl sulphates" (sodium cetyl sulphate, sodium lauryl sulphate): "[...] las materias primas a partir de las que se fabricaban (eg, aceite de ballena) eran usadas también para alimentación, por lo tanto, el precio de estos productos era demasiado elevado para competir con el jabón" (Anon., 1952b); b) "Secondary alkyl sulphates": "fabricados muy económicamente a partir de olefinas [...] pueden ser utilizados en una solución neutra [...] sin embargo, esto último es económicamente desventajoso [...] al ser utilizados con un álcali presentan tres ventajas: se puede

aprovechar la suintina en los primeros baños; la absorción de detergente se minimiza con un pH de 9; y hay un leve aumento de la eficiencia de lavado con pH's altos. Por estas razones, generalmente, se agrega soda cáustica ("soda ash") al baño 1 y 2 en una proporción, respectivamente, de 0.1 y 0.25% [...] De la misma manera que con otros detergentes sintéticos la adición de un electrolítico --hasta en los casos en que se usa soda cáustica-- parece aumentar la eficiencia del lavado a niveles no alcanzables con una mayor concentración de detergente [...]. Como guía práctica se recomienda usar 12 veces mas sal que detergente" (Anon., 1952b); y c) "Alkyl Aryl Sulphonates" (suministrados en forma sólida): "son derivados de las olefinas [...] Mas caros que los otros dos (si no se toma en cuenta la concentración del producto) [...] se debe tener en cuenta la concentración a la cual se vende (40%), la que supera a la de los dos mencionados (27%) [...] Les aplica las mismas consideraciones que a las otras clases de detergentes en lo que hace a alcalinidad y electrolíticos. En el primer baño de desuintado se utiliza un pH 10-10.5, seguido en el segundo baño por una mezcla de detergente y sal común" (Anon., 1952b).

Respecto el uso de detergentes sintéticos en vez de jabón: "La correlación existente entre la presencia de espuma y la eficiencia del lavado en el caso del jabón no le aplica a los detergentes sintéticos [...]. La apariencia de la lana salida del último exprimidor puede conducir a decisiones erróneas ya que aparenta estar más limpia de lo que realmente está. La presencia de un 1-2% de "grasa" en la lana, no parece producir la misma disminución en el esponjado de la lana que cuando se usa jabón [...]. Los detergentes sintéticos tienen un menor poder de suspensión que los jabones [esto facilita la rápida precipitación de los sólidos y su evacuación del baño]" (Anon., 1952b); "En Australia, el detergente mas comúnmente usado es el no-iónico, a base de un condensado de 'nonyl phenol with 8.5 moles of ethylene oxide'. El producto mas conocido es el Lissapol TN450 de ICI. Otras compañías poseen productos similares, como por ejemplo el Antarox CO630 de GAF. Han aparecido nuevas formulaciones, pero ninguna tan costo eficiente como las mencionadas [...]. Uno de los problemas potenciales de estos detergentes es la afirmación de que no son biodegradables. En Europa hay una tendencia al uso de los 'linear alcohol ethoxylates' por ser mas rápidamente biodegradables. Sin embargo, a temperaturas moderadas, como las de Australia, la biodegradabilidad de los 'nonyl phenol ethoxylates' solo es un poco mas lenta que la de los 'linear alcohol ethoxylates'. Solo a temperaturas muy bajas la diferencia en biodegradabilidad está presente" (Bateup, 1986). "El % de detergente a utilizar depende del tipo de lana lavada [su porcentaje de "grasa"]. Las lanas gruesas para alfombras requieren 0.3-0.4% de detergente en relación al peso de lana sucia, mientras que los vellones Merino necesitan el doble de cantidad. En general la mayor parte de los lavaderos Australianos usan un 0.6-0.8% sobre el peso sucio de la lana [...]. La concentración mínima de detergente en un baño en particular depende de su función. Por ejemplo, el principal baño de lavado debe contener hasta 0.2-0.3% w/v (peso sobre volumen) de detergente y los siguientes un 0.05-0.1% w/v. Es importante no dejar que la concentración de detergente disminuya por debajo de estos mínimos en ninguno de los baños, ya que esto afectaría la capacidad de lavado. Esta aparentemente masiva concentración de detergente (hasta 60 veces la concentración crítica del micelias ('critical micelle concentration': cmc) es consistente con nuestra hipótesis de que la remoción de la "grasa" de lana ocurre por penetración y solubilización de gran parte de la "grasa" ovina en vez de por emulsificación. Si la emulsificación fuera el mecanismo predominante para la remoción de la "grasa", solo se necesitaría una pequeña cantidad de detergente (2-3 veces el cmc), ya que la adsorción de surfactantes en la interfase "grasa"/agua requiere mucho menos detergente que la solubilización" (Bateup, 1986).

El lavadero puede usarse para aplicar otros tratamientos químicos: i) Agentes resistentes a los insectos [Eulan U33 (Bayer), Mitin LP (Ciba-Geigy) y pyrethroides sintéticos]; y ii) Agentes antiengordamiento. Es de destacar la avidez de las polillas por las fibras de los Camélidos Sudamericanos y el Cashmere.

Durante el lavado se produce una merma no justificable objetivamente denominada "evaporación": "la experiencia indica que durante el lavado comercial se genera una perdida de fibra que puede alcanzar el 2% [...]. Se cree que esta perdida se debe en la apertura y lavado a la rotura de las puntas de fibras deterioradas por el clima ("weathered fibre tips") [...]. Otra fuente identificada [...] es la sustancia de lana disuelta en la solución alcalina" (Stewart, 1985). **No estamos tan convencidos como Stewart sobre la influencia de estas causas en la "evaporación" de lana durante el lavado.**

6. Tratamiento del efluente y recuperación de la "grasa" ovina.

El licor de los lavaderos solía ser descargado sin tratar en el curso de agua más cercano con la correspondiente contaminación ambiental. Esto no es hoy viable, por lo que el efluente debe tratarse viendo de recuperar la mayor cantidad de materias valiosas. Antes de entrar en el tratamiento del efluente del lavadero de lanas conviene ahondar en la temática de la contaminación ambiental. Para ello utilizaremos una cita de R.G. Stewart, uno de los principales expertos en el lavado de fibras animales: "Si agregamos leche fresca a un pequeño curso de agua generaremos polución. La leche provee nutrientes a microorganismos del agua que pasan a multiplicarse y de esta manera consumir todo el oxígeno disponible. El oxígeno está presente en pequeñas cantidades --8 a 10 mg/litro de agua--, si se agota los peces mueren

antes que el oxígeno sea repuesto por un nuevo volumen disuelto. Otras formas de polución no se relacionan con la anterior. Por ejemplo, arcillas finamente divididas e inertes que de manera alguna sirven de nutriente para que los microorganismos se multipliquen, pero que, igualmente, polucionan el agua al cubrir su cause interfiriendo con la vida acuática [...]. Finalmente, pequeñas cantidades de ciertas sustancias pueden polucionar el agua por ser tóxicas o interferir con las propiedades físicas del agua. Un ejemplo de estas son algunos pesticidas tóxicos para los peces en cantidades extremadamente pequeñas --partes por billón-- y detergentes que pueden interferir con la tasa de disolución de oxígeno en el agua o causar espuma cuando el agua es aireada” (Stewart, 1985).

El lavado puede ser visto como un proceso contaminante del medio ambiente o una fuente de recursos valiosos: “El lavado puede ser visto como una fuente de valiosos nutrientes de potasio y materia orgánica aptos para mejorar suelos o para generar electricidad [...]. **Una línea moderna de lavado de 2 metros de ancho genera un efluente con una elevada demanda biológica de oxígeno (BOD) y una carga de polución equivalente a la de una población de 30.000 personas [...]. Cada tonelada de lana sucia Australiana contiene, como promedio, 150 Kg de “grasa” ovina, 40 Kg de suintina, 200 Kg de suciedad (orgánica e inorgánica), 20 Kg de materia vegetal y 100 Kg de agua, quedando solo 490 Kg de fibra. En la práctica, no se pueden reducir estos niveles de contaminantes en la lana entrante [...]. La primera etapa del manejo del efluente consiste en la optimización del sistema de recuperación de “grasa” y suciedad en el lavado de manera de generar un concentrado con la mayor cantidad de contaminantes en el menor volumen posible. Esto reduce el costo de tratamiento del efluente. [...]. Un buen ejemplo de un proceso basado en la floculación química y la sedimentación apto para las lanas Australianas es el Sirolan CF [...]. Permite tratar el licor concentrado de lavado, es decir, el efluente combinado de los baños y de los sistemas de recuperación. Este proceso ha sido licenciado a ICI Watercare de Australia. [...]** La Tabla 5 contiene un resumen de sus resultados.

Tabla 5: Comportamiento del Sirolan CF en Ensayos Industriales.

	Concentración (mg/l)				
	Sólidos Totales	Extractables en solvente	Sólidos en part.	Sólidos en susp.	BOD*
Alimentación	4.82	0.98	3.08	3.53	11,000
“Centrate”	1.08	0.04	0.13	0.03	2,800
Barros	59.6	17.9	42.3	---	---
Eficiencia de remoción (%)		96.2	95.8	99.1	74.6

*BOD: demanda biológica de oxígeno.

“El Sirolan CF [...] no requiere coagulantes inorgánicos para desestabilizar la emulsión de lavado. Esto significa que los barros no contienen cationes indeseables como el hierro y el aluminio [...] Dado que el Sirolan CF remueve prácticamente toda la “grasa” y las partículas de materia del efluente del lavado creemos que puede jugar un papel importante como pretratamiento de los sistemas de tratamiento [...]. Todos los tratamientos primarios, secundarios y terciarios resultan en un barro conteniendo materiales extraídos del licor de lavado. El Sirolan CF produce un barro paleable con alto contenido de “grasa” y suciedad al que hay que dar destino. Por contener tierra y hasta un 20 % de “grasa” ovina este barro tiene valor como base orgánica para el composteado y también como complemento de combustibles” (Bateup, Christoe y Russel, 1995).

Otras alternativas para el tratamiento de efluentes son (Stewart, 1985):

i) Tratamiento primario: “el tratamiento primario está dirigido a reducir el volumen y la variabilidad de la descarga al remover los sólidos precipitables y la fibra, recobrando, al mismo tiempo, la mayor cantidad de “grasa” y calor posible”: a) tanques de sedimentación; b) centrifugas; c) filtros; y d) intercambiadores de calor;

ii) Tratamiento secundario: “el efluente del tratamiento primario todavía contiene los tres mayores constituyentes --“grasa”, suciedad y suintina--, con los primeros dos, en la mayor parte de los casos reducidos en volumen. El objetivo del tratamiento secundario es la eliminación integral de la “grasa” y suciedad, y la producción de una solución de suintina para su posterior tratamiento”: a) desestabilización o floculación seguido por separación de las fases por decantación, filtración o centrifugación; b) procesos biológicos; c) ultra filtración; d) centrifugación- evaporación; y e) evaporación;

iii) Tratamiento terciario: “el tratamiento terciario es mayormente aplicado a efluentes donde el BOD y los sólidos en suspensión no alcanzan los 300mg/l, por lo que el tratamiento biológico es la elección natural en no pocos casos”: a) incineración del barro; y b) extracción con solvente de la “grasa” y agua del barro;

iv) Tratamiento total: “este encabezamiento puede conducir a error, ya que cualquiera sea el proceso seleccionado algún desperdicio genera, aunque solo sea cenizas o polución atmosférica”: a) evaporación-incineración; b) evaporación; c) incineración; y d) irrigación de suelos. Todos ellos tienen ventajas y desventajas, por lo que seleccionar el más apropiado no es una tarea fácil.

Tengamos en cuenta que, dado que las fibras especiales tienen una ínfima parte del porcentaje de “grasa” de las lanas, el tratamiento del efluente del lavado se ve substancialmente simplificado.

7. Descerdado.

El descerdado es un proceso textil --manual o mecánico-- aplicable a las materias provenientes de las especies doble capa e inclusive simple capa heterótricas³ para separar *i)* las fibras más largas y gruesas (cerda, crin, pelo de guarda, “*guard hair*”) de *ii)* las más finas y cortas (“*down*”) que son las más valiosas. Se descierda para optimizar o dar valor textil a la fibra de especies que presentan vellones mixtos como la: Vicuña, Guanaco, Llama, Alpaca, Cashmere, Conejo de Angora, Liebre, etc. Si bien la Cabra de Angora es considerada monocapa (no homótrica), su fibra --el Mohair-- puede descierdarse con una reducción de finura promedio del orden de los 2 μm y una más que proporcional mejora del Índice de Confort (“*Prickle Factor*”) y valor. El descierdado manual es utilizado en Bolivia y Perú para la fibra de Vicuña y Guanaco. No es aplicable a la Llama y Alpaca. En Llama existen vellones simple capa bastante homótricos, de todas maneras, es comercialmente conveniente su descierdado para eliminar las fibras más gruesas.

Dawson International Ltd., tradicional firma textil de Gran Bretaña, habría desarrollado, alrededor de 1906 la primera máquina comercial de descierdar. En las tecnologías mecánicas vigentes internacionalmente la separación de las fibras más pesadas (cerda) de las más livianas (“*down*”) se basa en uno de los siguientes principios: *i)* Separación por fuerza centrífuga: el funcionamiento de este principio puede ser observado en el “bajo carda” de las cardas de peinado e hilatura cardada; y *ii)* Separación por flotación en corriente de aire: en una corriente de aire las fibras más gruesas tienden a perder sustentabilidad y, por lo tanto, a caer.

La tecnología AM-2 desarrollada en Argentina se basa en principios mecánicos ajenos a los antes mencionados. Como resultado de las consultas efectuadas con abogados especializados en patentamiento, tanto de Argentina como del exterior, se decidió no patentar, ya que este resguardo del derecho intelectual carece de valor alguno en los países que más podrían beneficiarse con esta tecnología, como es el caso de los países asiáticos (en la actualidad son los principales productores y elaboradores de fibra de Cashmere).

Todo desarrollo tecnológico tiene por punto de partida una “visión” particular del problema a encarar. En 1995 la Presidenta de la Fundación Hábitat, la Sra. Adriana Maguire, estableció la visión rectora del desarrollo de la Tecnología AM-2: “*No se puede desarrollar la ganadería de una especie doble capa para beneficio del productor ganadero y la industria nacional sin disponer primero de una tecnología de descierdado eficaz y eficiente en rinde y calidad*”. Esta visión se complementó con “metas” que la Fundación Hábitat (FH) y el Laboratorio de Fibras Animales de la Universidad Católica de Córdoba (LFA-UCC) fijó para el desarrollo de una tecnología novel de descierdado: *i)* separar el “*down*” de la cerda tanto en fibras largas (Llama, Alpaca, etc.) como cortas (Vicuña, Guanaco, Cashmere, Chinchilla, etc.); *ii)* con eficacia “quirúrgica”, es decir, sin que prácticamente quede cerda en el “*down*” y “*down*” en la cerda, de manera de alcanzar el rinde óptimo que habilita la materia prima respectiva (*idem* laboratorio) sin reprocesar el subproducto; *iii)* con una rotura mínima de fibra; y *iv)* a partir de una tecnología altamente eficiente y compacta.

La tecnología debía, asimismo, ser modular para poder clasificar la cerda por finura. Se debe otorgar valor al subproducto del descierdado, por lo que se debiera dejar de utilizar el término “subproducto”: *i)* la cerda gruesa, en mezcla con lanas de $>30\mu\text{m}$, da lugar a una alfombra de una resiliencia y resistencia a la abrasión superior; y *ii)* la cerda más fina se presta a la fabricación, pura o en mezcla con lana, de tejidos para saco sport, sobretodo, tapado y decoración de calidad superior. Según esta “visión” no se podía poner en valor ganaderías tradicionales como la de la Llama y, más recientemente, la del Guanaco y la Cabra tipo Cashmere sin disponer en Argentina de una tecnología de las características enumeradas: si la calidad del descierdado no es la óptima, disminuye el valor del “*down*” perjudicando al ganadero. Si el rinde (“*yield*”) no es el óptimo, el valor a pagar al ganadero por su fibra disminuye. Ocurre lo mismo con el largo de fibra. El valor a obtener por la producción es el incentivo fundamental de todo emprendimiento económico.

Al impulsar el proyecto, la FH y la UCC se propusieron, así mismo, los siguientes “objetivos socioeconómicos”: *i)* Combatir la desertificación: el aumento de la variedad de ganaderías rentables factibles de ser encaradas en las regiones áridas y semiáridas permite seleccionar aquellas que por sus características se adaptan mejor al hábitat; *ii)* Revertir la situación socioeconómica de los habitantes de las regiones áridas y semiáridas de Argentina (75% territorio nacional): el descierdado habilita orientar la producción de fibra hacia aquellas mejor cotizadas en el mercado internacional (fibras preciosas o lujosas: Vicuña, Guanaco, Llama, Cashmere, Merino Superfino y Ultrafino, etc.); y, por último, *iii)* Un desarrollo industrial textil sobre la base de fibras preciosas y, por lo tanto, nichos comerciales internacionales de alto poder adquisitivo: **el descierdado permite proveer al diseño e industria nacional con una variedad de**

³ Un vellón o mecha doble capa presenta básicamente dos tipos de fibras: fibras de cobertura (“*cover*”), gruesas, largas y lacias y fibras finas o “*down*” (cortas, finas y rizadas). A su vez, un vellón heterótrico presenta fibras de diferentes diámetros, mientras que en el homótrico todas las fibras son de similar diámetro (Frank, 2001).

fibras novedosas que los coloca al resguardo de los vaivenes comerciales de las fibras tradicionales. A su vez, estas requieren para sus mezclas el desarrollo de la ganadería del Merino Superfino y Ultrafino.

La norma para el control de calidad del descerchado de la ASTM (D2617-76) está referida al Cashmere. En esta, la calidad del descerchado se mide en función del porcentaje de cerda presente en el down: *i)* se toma una muestra de down, se la diseca para extraer la “cerda” residual (suele ser muy fina); *ii)* se mide tanto el largo de estas fibras como del down; y *iii)* se calcula el porcentaje de cerda presente en el down en función del largo de cerda presente en el largo de down. En esta norma se admite un máximo de 0.7% de cerda en una mecha, hilo o tela para que el Cashmere sea considerado como que está bien descerchado. El actual mercado para fibras descerdadas es considerablemente más exigente que lo que establece la norma de la ASTM. **Se trabaja con el LFA-UCC y el INTI-Textil en el desarrollo de una norma específica para los Camélidos Sudamericanos. A tal fin se analizan diferentes alternativas. Resta ponernos de acuerdo, entre otros temas, sobre que es una “cerda residual” o, mejor dicho, una fibra “textilmente objetable”. Los tejidos y prendas más preciados y, por lo tanto, de mayor valor, son los que se pueden colocar sobre la piel sin generar escozor.** El Índice de Confort (“Prickle Factor”) mide este fenómeno: conviene mantener el porcentaje de fibras de más de 32 µm por debajo del 10% (este % varía según el autor) para que no se genere en la piel una sensación de escozor (Naylor y Phillips, 1995).

Se dio inicio al proyecto en 1997: *i)* Se recorrió Europa estudiando las tecnologías disponibles. Ninguna garantiza descerchar con eficacia y eficiencia Vicuña o Guanaco (fibra corta) y, menos todavía, Alpaca o Llama (fibra larga). La maquinaria había sido desarrollada para Cashmere a partir de complejos y costosos principios. Se partía de reprocesar el subproducto de las diferentes pasadas hasta extraer la mayoría del “down”. Esta realidad nos impulsó a encarar nuestro propio desarrollo; *ii)* La evaluación de las tecnologías disponibles se vio posteriormente confirmada por el trabajo de la Lic. G. Lichtenstein sobre “Manejo Comunitario de Vicuñas en Perú” (43. Earthprint Ltd., Stevenage, Hertfordshire, Inglaterra, 2002) en que describe como la Vicuña es descerdada manualmente en Perú y Bolivia (US\$ 80-90/Kg de “down”); *iii)* El proyecto, Convenio de Cooperación mediante (2003), se encaró como un esfuerzo conjunto de la FH y el LFA-UCC –instituciones miembros del Programa Red SUPPRAD⁴– y el apoyo económico y empresarial de un joven “*entrepreneur*” con visión de futuro y capacidad de trabajo, el Sr. D. Seghetti Frondizi. En un principio se estudió la fibra de Guanaco en el Laboratorio Ovino de la Fundación Margarita Pérez Companc para luego continuar en el de la UCC. Respecto la fibra de Llama, Alpaca y Cashmere, el conocimiento científico sobre su fisiología y morfología fue aportado por la UCC. **Es prácticamente imposible descerchar eficaz y eficientemente una fibra doble capa, mucho menos desarrollar una tecnología *ad hoc*, sin conocer su morfología y fisiología, en particular en el caso la Llama y sus diferentes tipos de vellón (Frank, 2008).**

El desarrollo específico de la tecnología de descerchado recayó sobre la FH y el Sr. Diego Seghetti Frondizi, para lo cual se creó una planta piloto. Se contó en todo momento con el apoyo del INTI-TEXTIL; *iv)* Durante el 2008 se terminó de construir el primer módulo industrial bautizado AM-2 en honor a la impulsora del proyecto, Adriana Maguire (la meta se alcanzó con el segundo prototipo). **Habían transcurrido doce años y se había invertido, conservadoramente, un millón doscientos mil dólares.** Se trabajó mancomunadamente con CAPEN S.A. en el desarrollo y producción de hilados cardados a partir de fibra de Guanaco, Llama y Chinchilla; y en hilados peinados con Hilandería Almafuerte S.A. Se encuentran en producción dos módulos trabajando para la industria nacional y la exportación y se está construyendo un tercero. Se planea continuar con la construcción de maquinaria hasta alcanzar –en una primera etapa– la puesta en marcha de 12 módulos; *v)* **Si bien el funcionamiento eficaz y eficiente de la AM-2 no requiere lavar la fibra, no son pocas las razones por las que conviene hacerlo previo a descerchar. A tal fin, estamos avocados a ensayar una tecnología de lavado enzimático para pequeñas partidas de fibras preciosas. De tener éxito, planeamos diseñar y construir un lavadero discontinuo con una producción de 100-200 Kg hora y, de ser factible, un efluente ecológicamente neutro. El logro de este objetivo facilita el lavado de las pequeñas partidas características de las fibras preciosas, así como del Merino Superfino y Ultrafino. Para los trabajos de laboratorio se cuenta con la infraestructura profesional y el equipamiento del INTI-TEXTIL [análisis de “grasa” (cera) residual en fibra].**

Hay que finalmente mencionar dos temas claves: *i)* la presencia de “caspas” (detrito epitelial) en la fibra no afecta el funcionamiento de la Tecnología AM-2 o la calidad del “down”, consecuentemente, el valor la fibra no debe ser castigado por su presencia; *ii)* La Tecnología AM-2 separa el “down” de la cerda independientemente de su largo, consecuentemente, por mas corta que sea la fibra fina, esta acompaña al resto del “down”. En otras tecnologías, el “down” corto acompaña a la cerda, de donde es recuperado mediante reiterados descerdados del subproducto, como resultado de lo cual se obtienen diferentes lotes de “down” con un largo de fibra promedio cada vez mas corto.

⁴ La FH y el Laboratorio de Fibras Animales de la UCC integran el Programa Red SUPPRAD (Sustentabilidad Productiva de Pequeños Rumiantes en Areas Desfavorecidas) junto al Laboratorio de Teriogenología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue (Dr. E. Aisen), el Programa Social Agropecuario-Jujuy / INTA Abra Pampa (Ing. Agr. H. Lamas) y varias ONG's. La FH y otras de estas instituciones se encuentran vinculadas al INTA por Convenio de Cooperación.

8. Cardado.

El **Anexo I** contiene un breve diccionario textil que puede ser útil para la comprensión de este material. Una vez que la fibra sale del lavadero o del descerdado debe acondicionarse en un box al “regain” (Porcentaje de humedad sobre peso seco de fibra) requerido para un eficaz y eficiente descerdado o cardado. En el caso de las fibras que requieren descerder, la materia es acondicionada y ensimada después del lavado (antes del descerdado) y, nuevamente, después del descerdado como paso previo al cardado.

¿Que requisitos técnicos debe cumplir un ensimaje ideal? (Harrowfield y Eley; 1986: estos conceptos aplican tanto al cardado como al descerdado): *“Es poco probable que se pueda hacer gran cosa para reducir significativamente el coeficiente de fricción entre las fibras, sin embargo, la fricción entre las fibras y las guarniciones puede disminuirse hasta alcanzar en el peinado una ganancia significativa en el largo de fibra y reducción de producción de blousse [“noils”: fibra corta subproducto de la peinadora]. Es interesante resaltar que no siempre se ve al ensimaje en la carda como a una manera de reducir las fuerzas de fricción. Esto se logra lubricando la fibra antes del cardado [y el descerdado] [...]. En las cardas de hilatura cardada (“woolen cards”) los investigadores del WIRA arribaron a la conclusión de que el objeto de la adición de ensimaje era incrementar la cohesión entre la fibra y las guarniciones de los cilindros cardantes y, por lo tanto, asegurar que estas quedaran más derechas y fueran cardadas más profundamente. [esto es particularmente cierto cuando se trabaja con fibras especiales muy lisas]. [...] Henshaw descubrió que con el uso de aceites minerales la ganancia en largo de fibra y disminución en el porcentaje de blousse de peinado aumentaba a medida que disminuía la viscosidad del ensimaje [el coeficiente de fricción entre fibra y guarniciones de metal disminuía, mientras que la fricción entre las fibras no se veía mayormente afectada]”.*

El nivel de “regain” con que una fibra debiera entrar al cardado es materia de debate. De todas maneras, cabe tener en cuenta que (Harrowfield, Plate y Eley; 1986): ***“la lana seca puede extenderse hasta un 32% antes de romperse. Si el regain de la fibra se eleva al 14%, la extensión a la rotura aumenta a un 40%. Un regain del 14% se corresponde con el punto de equilibrio de la fibra en un ambiente con una humedad relativa del 60%. Esta es la humedad típica de una sala de cardado. La Lana mojada puede extenderse un 55% de su largo original antes de romperse. [...] este importante incremento de la extensión pareciera favorecer el cardado con un regain elevado. Sin embargo, al mismo tiempo que a mayor regain la extensión a la rotura aumenta, la fortaleza de la fibra disminuye. Por ejemplo, la tenacidad disminuye el 30% cuando la humedad relativa ambiente se eleva del 60% al 100%. Esta importante disminución de la fortaleza es obviamente desventajosa al momento de cardar y podría contrarrestar el beneficio producto del incremento de la extensión. De todas maneras, la recuperación de las propiedades de la fibra luego de la extensión es más importante para la preservación del largo de fibra en el cardado. Después de todo, el cardado es un proceso en que las fibras son reiteradamente estiradas rápidamente y, si las fibras se recuperan velozmente de la extensión, van a estar en mejor situación para soportar la próxima extensión. Bownass argumentó que una reducción del pH ayudaría a la fibra a recuperarse de la extensión. El regain tiene un marcado efecto sobre la recuperación de la fibra luego de su extensión. Una fibra húmeda a 20° C se recupera completamente de su extensión, mientras que una fibra en una atmósfera de 20° C y 65% de humedad relativa recupera solo el 40% de su largo de extensión”.*** El **Anexo II** contiene una serie de tablas (Figuras 45, 46 y 47) que relacionan el % de regain de la lana y sus propiedades con la humedad relativa ambiente a que se la acondiciona.

Tanto el “regain” como el tipo y porcentaje de ensimaje y antiestático aplicado es fundamental para la disminución de la rotura de fibra. ***Igualmente hay que tener en cuenta que en el cardado, así como en el descerdado, se rompe fibra*** (Harrowfield, Plate y Eley; 1986): ***“Para una lana de 21 μ m y largo de mecha de 90mm, el largo promedio de fibra es de 104mm. [...] Mientras que no hay modificación en el largo de la fibra durante el lavado, los enredos y el enfieltramiento introducido por el lavadero son, sin lugar a dudas, la causa principal de la mayor parte de las roturas de fibra durante el cardado [y el descerdado]. Consecuentemente alrededor del 39% de las fibras son rotas en la carda con una reducción del largo de fibra de 28 mm”.*** De acuerdo a esta investigación, el Merino utilizado en el ensayo pasó de un largo promedio de 104 mm a otro de 76 mm, perdiendo, prácticamente, el 30% del largo.

¿Cual es la función del cardado?: i) separar las fibras para que se puedan desplazar individualmente y no en conjunto; ii) desenredar los enredos, aglomeraciones y fieltros de fibras (con la correspondiente rotura de fibra); iii) estirar y paralelizar las fibras lo mas posible; iv) eliminar las impurezas vegetales [abrojos, carretilla, pajitas,...]; v) mezclar y homogenizar la fibra, en particular cuando se trata de mezcla de partidas o tipos de lana; vi) entregar las fibras lo mas paralelizadas posible en forma de mecha (“sliver”) en el caso de la hilatura peinada, o de mechas (cintas) finas (“woolen roving”) en el caso de la hilatura cardada.

Si bien las cardas de hilatura cardada y de hilatura peinada están diseñadas para eliminar la mayor parte del contaminante vegetal, el trabajo de estos equipos no es exhaustivo. Es por esta razón que en el sistema de hilatura cardada se trabaja con lanas lo mas libre posible de vegetales, caso contrario los vegetales remanentes terminan en el hilado quitándole valor. En el caso del sistema de hilatura peinada, los vegetales que sobreviven al cardado son eliminados por el peinado:

la eliminación de este contaminante y las fibras cortas (“blousse”, “noils”) es la función de este proceso. De todas maneras, algunos vegetales, generalmente finos y largos, logran llegar al textil y deben ser carbonizados con una solución de ácido sulfúrico⁵.

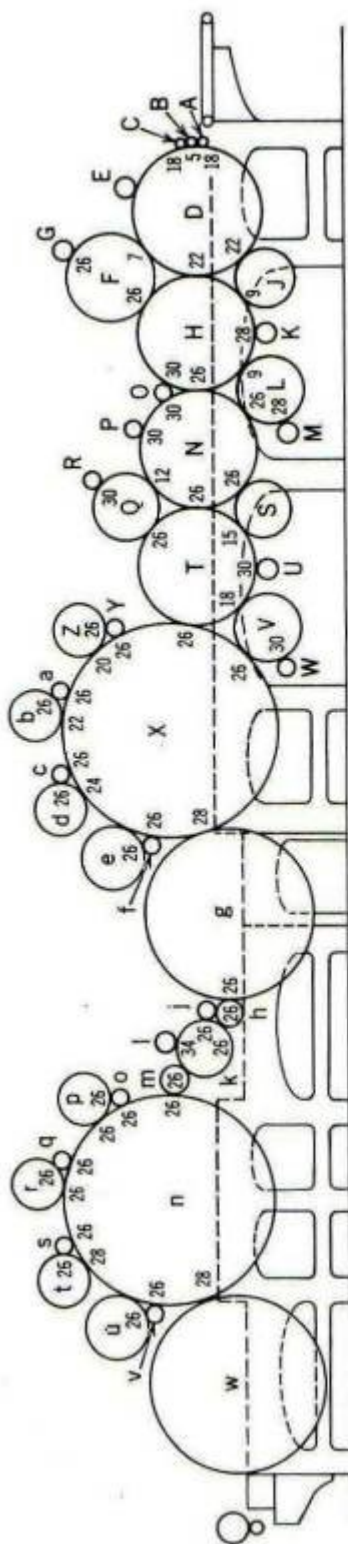
¿Como está conformada una carda?: *i)* un cargador (Figura 8) alimenta lo más uniformemente posible a la carda; *ii)* según el diseño --cada fabricante jura y perjura por su diseño, en particular sobre bases de nacionalidad--, la carda está conformada por una sucesión de cilindros, de mayor o menor diámetro, que giran a diferentes velocidades tangenciales recubiertos de guarniciones metálicas --flexibles y/o rígidas-- que cumplen diferentes funciones [*a)* separar y paralelizar las fibras y *b)* eliminar el contaminante vegetal]; y *iii)* un sistema desprendedor de fibra del último cilindro (“doffer”) de manera de entregar a la salida una mecha (carda de hilatura peinada: “worsted system”) o muchas mechas finas (carda de hilatura cardada: “woolen system”) de un calibre lo mas regular posible. En la carda de hilatura peinada (Figuras 15 y 16: “worsted cards”), la fibra es desprendida del último cilindro (“doffer”) por un peine vibrador para a continuación ser levemente retorcidas (falsa torsión) de manera de formar una mecha que luego es enrollada en bobinas o colocada dentro de un tacho. En las cardas para hilatura cardada (Figuras 17 y 18: “woolen cards”), el peine vibrador entrega el velo que extrae del “doffer” a un mecanismo denominado divisor (Figura 19: “tape condenser”) donde este es dividido en mechas angostas o cintas según el ancho del correín o cinta (“tape”) divisor del velo. El título de estas mechas va de 52 a 620 Tex⁶. Posteriormente son cohesionadas mediante manchones frotadores (Figura 19: Condensador / “condenser”).

Si se comparan las cardas de peinado (Figuras 15 y 16) con las de hilatura cardada (Figuras 17 y 18) se observa que estas últimas son más largas, se encuentran divididas en sectores perfectamente individualizables por el correspondiente alimentador intermedio (“band feeder”) y equipadas con mayor cantidad de cilindros guarnidos. La razón reside en que la regularidad alcanzada en las angostas mechas (“tapes”) de salida de la carda es la regularidad definitiva del hilado a producir, ya que no hay procesos intermedios entre la carda de hilatura cardada y la continua de hilar de cardado. Este no es el caso del sistema de hilatura peinado donde, entre la carda y la hilatura, hay numerosos procesos intermedios (peinado, repeinado y preparación de hilatura) que garantizan la regularidad de la mecha entregada a la continua de hilar. Es por ello que la tendencia moderna es a hacer las cardas de peinado cada vez mas cortas (se minimiza, asimismo, la rotura de fibras).

No pocos especialistas en cardado se preguntarán la razón de haber tomado planos de las complejas cardas de un pasado no tan lejano (Figuras. 15, 16, 17 y 18), en vez de las más sencillas de la actualidad: si bien los principios del cardado continúan siendo los mismos, en las cardas mas recientes se buscó la manera de minimizar la rotura de fibra, en particular en las cardas de peinado donde la regularidad de la mecha de salida tiene una prioridad secundaria. Es positivo tener en cuenta que el avance de la tecnología tiende a la simplificación, con su corolario de menores costos de adquisición, mantenimiento y operación. Las Tablas que acompañan a las Figuras 15 y 16 listan el diámetro de los cilindros y su rango de R.P.M. (habilitando calcular la velocidad tangencial de los mismos), así como el tipo y modelo de guarnición que llevan. Los números que aparecen en el dibujo son la distancia recomendada entre los cilindros (galgado o encartamiento).

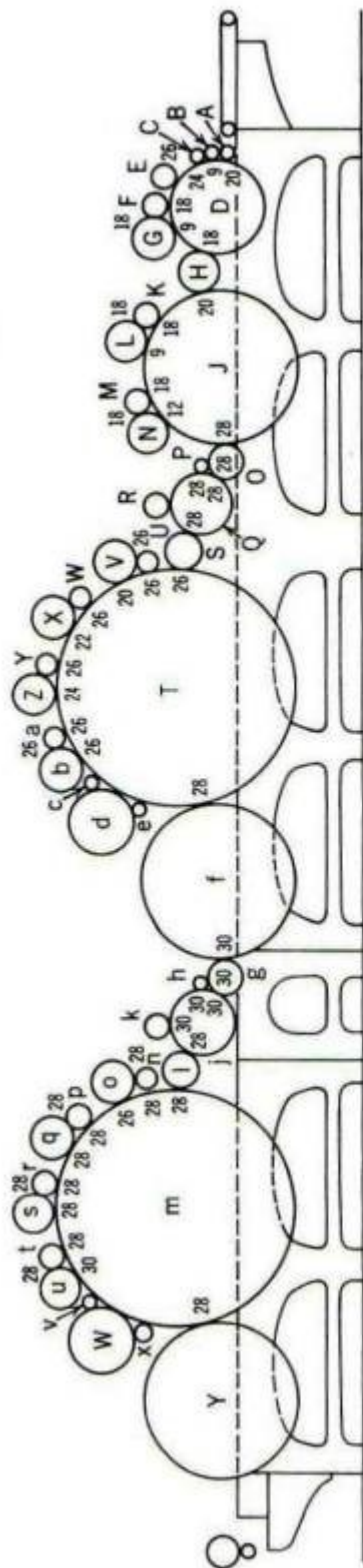
⁵ Solo se carbonizan aquellos tejidos oscuros donde el vegetal resalta transformándose en un defecto mayor. El carbonizado encarece la calidad de anilinas a usar. Como alternativa de elevado costo se puede eliminar el vegetal pinzándolo manualmente en el tejido.

⁶ Unidad métrica directa de titulación: un (1) Tex es el número o título de un hilo de mil metros de longitud cuyo peso es de un gramo. Por ejemplo, en un hilado 52 Tex, mil metros pesan 52 gramos.



Ref.	Diameter in.	Diameter mm	Speed range (rpm)	Counts and crowns	Ref.	Diameter in.	Diameter mm	Speed range (rpm)	Counts and crowns
A	2 1/4	64	1.2 to 1.9	Metallic	Z	12	305	3.8 to 6	135/12
B	2 1/4	64	1.2 to 1.9	Metallic	a	4 1/2	114	277	100/9
C	3	76	1.2 to 1.9	60/6	b	12	395	3.8 to 6	140/12
D	30	762	9 to 11.7	Metallic	c	4 1/2	114	277	100/9
E	5	127	576	70/8	d	12	305	3.8 to 6	145/12
F	20	508	2.4 to 3.1	90/9	e	16	406	450	70/7
G	5	127	922	80/10	f	3 1/2	89	450	100/8
H	27	686	30	90/9	g	40	1016	6 to 9.5	145/12
J	12	305	3.8 to 4.9	80/10	h	6	152	157	—
K	5	127	768	90/10	i	2	51	10 to 15.8	—
L	16	406	2.8 to 3.6	—	j	14	356	120	—
M	5	127	768	—	k	5	127	922	—
N	5	127	60	—	l	6	152	360	—
O	27 1/2	699	60	—	m	50	1270	120	110/9
P	2	51	922	—	n	4 1/2	114	277	150/13 1/2
Q	5	127	2.8 to 3.6	110/10	o	12	305	3.8 to 6	159/14
R	16	406	2.8 to 3.6	—	p	4 1/2	114	277	120/9
S	5	127	922	—	q	12	305	3.8 to 6	160/14
T	12	305	3.8 to 4.9	110/10	r	4 1/2	114	277	120/9
S	27	686	120	115/10 1/2	s	12	305	3.8 to 6	160/14
U	5	127	768	—	t	16	406	450	80/8
V	16	406	2.8 to 3.6	125/10	u	16	406	450	100/9
W	5	127	768	—	v	3 1/2	89	450	100/9
X	50	1270	120	135/12	w	40	1016	6 to 9.5	160/13 1/2
Y	4 1/2	114	277	100/9					

Figura 15: Carda para hilatura peinada "Platt/Bradford" para lana merino 64/70's (von Bergen, 1969). Se trata de una típica carda británica: A: cilindro alimentador inferior; B: cilindro alimentador superior; C: desprendedor cilindro alimentador; D, H, T: primero, segundo, cuarto cilindro tomador; E, G, K; M, P, R, U, W, I: desabroador; F, P: primero y segundo divisor superior; J, S: primero y segundo condensador inferior; L, V: primero y segundo divisor inferior; N: primer Morel o tercer cilindro tomador; O, h, j: cilindro sepillador de pita; X, n: primero y segundo cilindro; Y, a, c, o, q, s: primero, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto arrancador; Z, b, d, p, r, t: primero, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto trabajador; e, u: primero y segundo "fancy"; f, v: primero y segundo arrancador del "fancy"; g, w: primero y segundo "doffer"; k: Morel; m: arrancador de ángulo.



Ref.	Diameter in.	Diameter mm	Speed range (rpm)	Counts and crowns	Ref.	Diameter in.	Diameter mm	Speed range (rpm)	Counts and crowns
A	2	51	1.54 to 3.32	Metallic	a	4	102	360	100/9
B	2	51	1.54 to 3.32	Metallic	b	8	203	5.6 to 13.5	135/12
C	1 1/4	35	1.57 to 3.39	Bristle	c	2	51	554	100/9
D	20	508	12.5 to 19.5	Metallic	d	12	305	554	70/7
E	5	127	376	—	e	3 1/2	64	554	100/9
F	4 1/4	114	30.3 to 47	Metallic	f	31 1/2	800	6.0 to 9.5	140/12
G	8	203	8 to 12.5	Metallic	g	6	152	157	—
H	8	203	60	Metallic	h	2	51	10.0 to 15.8	—
I	3 1/2	800	32	—	i	14	356	120	—
J	4	102	60	—	j	5	127	855	—
K	8	203	12.1 to 18.8	—	k	6	152	360	110/9
L	8	203	60	—	l	50	1270	120	150/13 1/2
M	4	102	60	—	m	4	102	360	120/9
N	8	203	12.1 to 18.8	—	n	8	203	5.6 to 13.5	150/14
O	6	152	157	—	o	4	102	360	120/9
P	2	51	10.0	—	p	4	102	360	120/9
Q	14	356	120	—	q	8	203	5.6 to 13.5	150/14
R	5	127	920	—	r	4	102	360	120/9
S	6	152	360	80/10	s	8	203	5.6 to 13.5	155/14
T	50	1270	120	125/12	t	4	102	360	120/9
U	8	203	360	100/9	u	8	203	5.6 to 13.5	155/14
V	4	102	360	125/12	v	2	51	554	120/9
W	4	102	360	100/9	w	12	305	554	90/8
X	8	203	5.6 to 13.5	130/12	x	3 1/2	64	554	120/9
Y	4	102	360	100/9	y	31 1/2	800	6.0 to 9.5	155/13 1/2
Z	8	203	5.6 to 13.5	135/12					

Figura 16: Carda para hilatura peinada "Platt" francesa de doble cilindro (von Bergen, 1969). Se trata de una típica carda francesa ("Continental"): A: cilindro de alimentación inferior; B: cilindro de alimentación superior; C: desprendedor cilindro alimentador; D: primero cilindro tomador ("stripper"); E, R, k: desabrojador; F: primer cilindro arrancador; G: primer cilindro trabajador; H: arrancador cilindro tomador ("stripper"); J: "breast"; K, M: primer y segundo arrancador del "breast"; L, N: primer y segundo trabajador del "breast"; O, P, g, h: cilindro sepillador de pita; Q, j: cilindro Morel; S, l: arrancador de ángulo; T, m: primero y segundo cilindro; U, W, Y, a, n, p, r, t: primero, segundo, tercero, quinto, sexto, séptimo y octavo cilindro arrancador; V, X, Z, b, o, q, s, u: primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, sexto, séptimo y octavo cilindro trabajador; c, v: cilindro estirador; d, w: "fancy"; e, x: arrancador del "fancy"; f, y: primero y segundo "doffer".

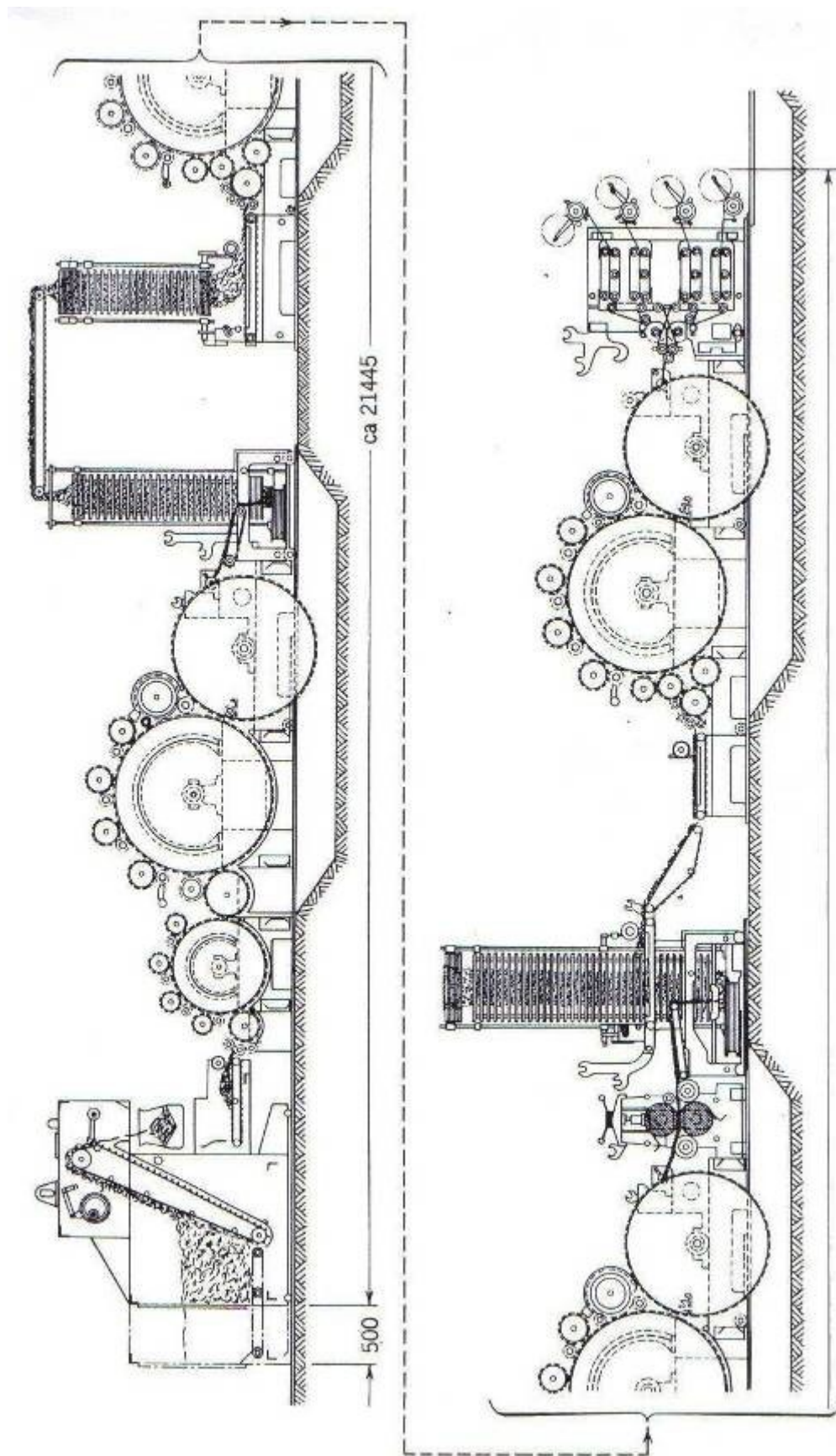


Figura 17: Típica carda continental de tres cilindros para hilatura cardada (woollen system) (von Bergen, 1969). Está compuesta por tres cilindros o grandes tambores ("swifts"); dos alimentadores intermedios ("band feeders") y, antes del segundo alimentador, un Peralta (Figura 22). El peine vibrador a la salida descarga a un divisor ("tape condenser") de cuatro niveles, dotado a su salida de un solo sistema de manchones frotadores condensadores (Figura 19).

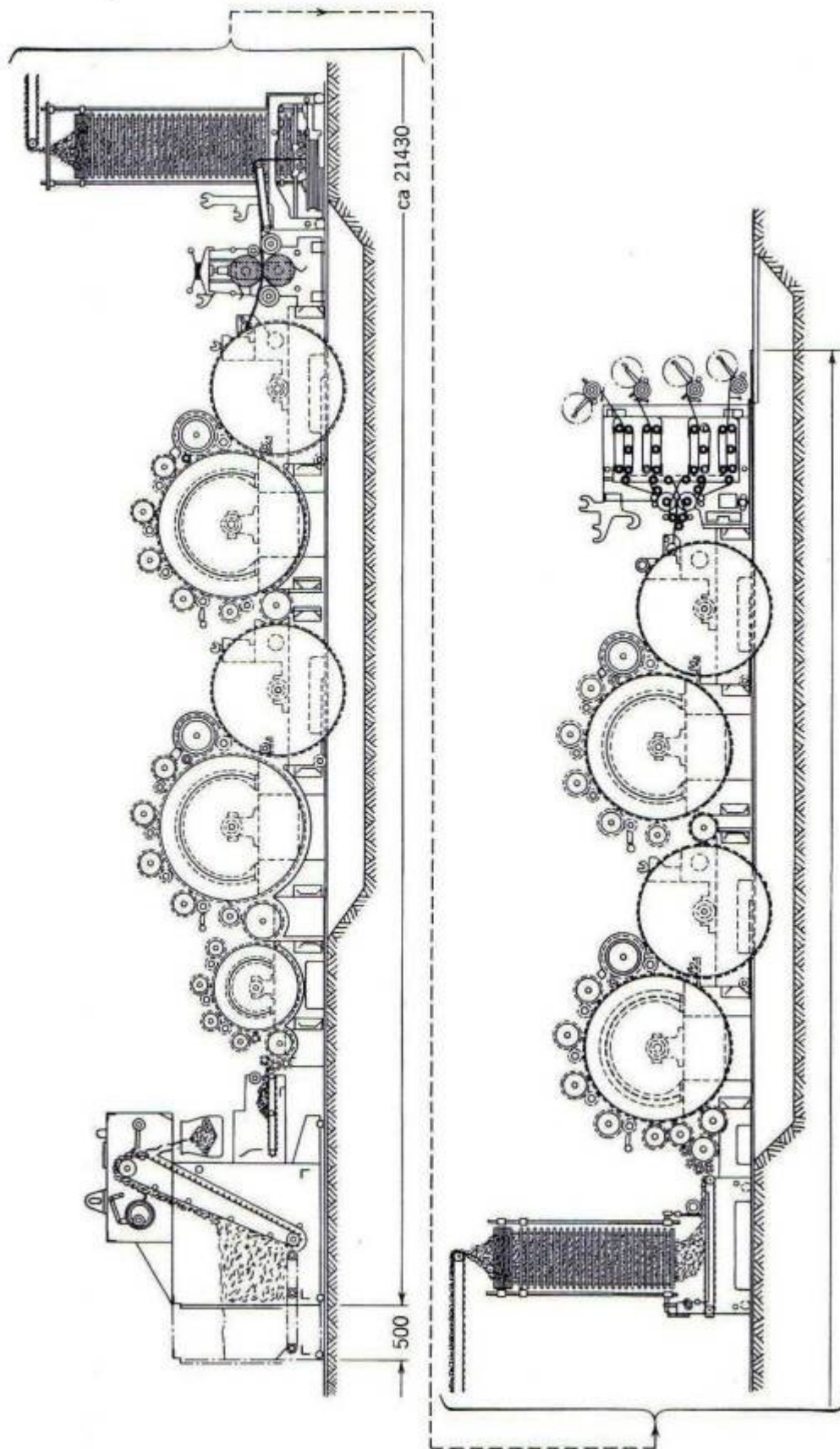


Figura 18: Carda de hilatura cardada de cuatro cilindros montada en dos tandems (von Bergen, 1969). Está compuesta por cuatro cilindros o grandes tambores ("swifts"); un solo alimentador intermedio ("band feeder"), antes del cual se ubica un Peralta (Figura 22). El peine vibrador a la salida descarga a un divisor ("tape condenser") de cuatro niveles, dotado a su salida de un solo sistema de manchones frotadores condensador (Figura 19)

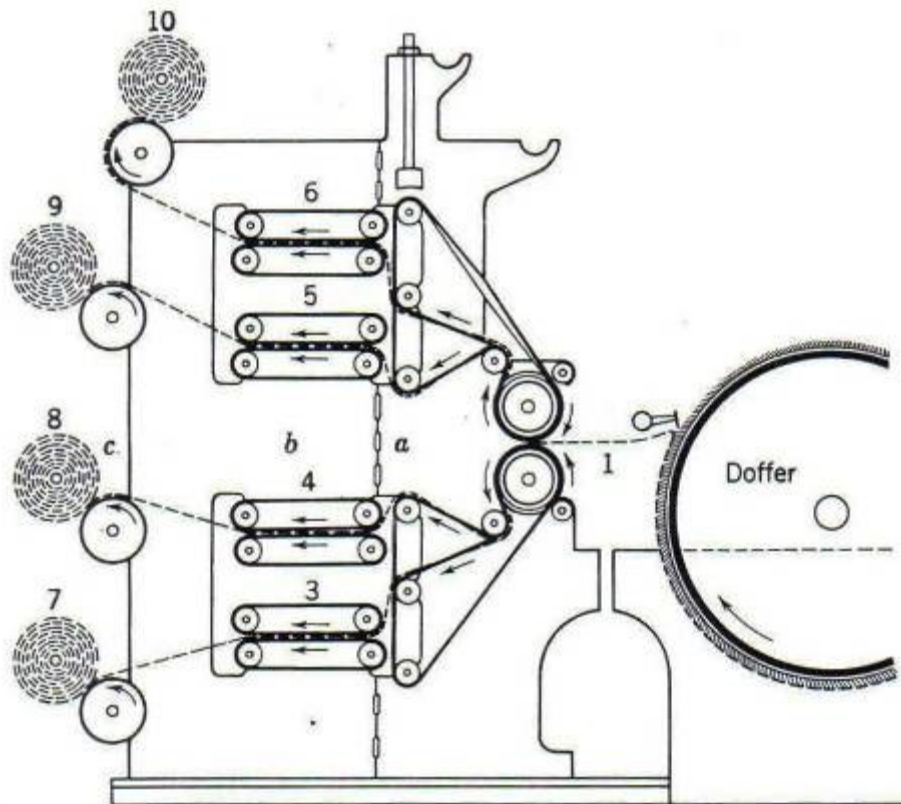


Figura 19: Divisor ("tape condenser") con condensador frotador de manchón simple⁷ de cuatro niveles (3, 4, 5 y 6) (von Bergen, 1969). (1) el peine vibrador limpia de lana el último cilindro de la carda ("doffer" o desprendedor); (a) la napa de fibra ingresa a un sistema de correas dotados de guarniciones flexibles que separan la napa en cintas finas; (b) las cintas ingresan al condensador que les da cohesión mediante un sistema de frotación recíproco con manchones de cuero o sintético; (c) el condensador trabaja en cuatro niveles (3, 4, 5, 6) de manera envolver en cilindros de madera (7, 8, 9, 10) las cintas cohesionadas en forma de cinta o mecha y ya listas para alimentar a la continua de hilar de cardado. Son estos cilindros de madera con la mecha enrollada alrededor de ellos con que se alimenta la continua de cardado para el estirado y retorcido de la mecha al título de hilado deseado (Figuras. 26, 27 y 28).

8.1. Guarniciones.

Las guarniciones que cubren los cilindros de cardado son de dos tipos: *i*) flexibles (Figuras 20a y 20b) y *ii*) rígidas (Figura 21): las flexibles están compuestas por bandas de un sustrato de textil o cuero en el que sobresalen alambres de diferentes calibres --según la numeración de la guarnición--, los que pueden estar derechos o doblados a diferentes ángulos y tener diferentes largos, según la función a cumplir durante el cardado. Las guarniciones rígidas son cortadas de tiras metálicas para dotarlas de dientes de diferentes ángulos, formas, alturas, y anchos, según la función a cumplir en el cardado. En este tema, nuevamente, las opiniones de los entendidos no son coincidentes. Townend (1982) ofrece una aleccionadora introducción al tema (Tabla 8 en el **Anexo III**). Tanto las guarniciones flexibles como las rígidas son enrolladas alrededor de los cilindros de la carda cubriendo toda su superficie. **Cabe mencionar que una óptima calidad de cardado (fibras bien paralelizadas con mínima rotura de fibras) requiere guarniciones en perfecto estado: no puede haber cilindros con partes de la superficie en que falta la guarnición o que esta esté desafilada.**

En las cardas de cardado se puede observar un juego de cilindros lisos y carentes de guarniciones conocidos como Peralta (Figura 22). Su única función es triturar mediante presión el contaminante vegetal del velo de fibra que pasa entre los cilindros. Posteriormente, la acción del cardado hace caer las partículas de vegetal junto al bajo carda (este subproducto está conformado por contaminante mineral y vegetal, y fibras gruesas).

⁷ A veces se utiliza un doble juego de manchones frotadores, uno a continuación del otro, que convierten las cintas en una mecha todavía más cohesionada.

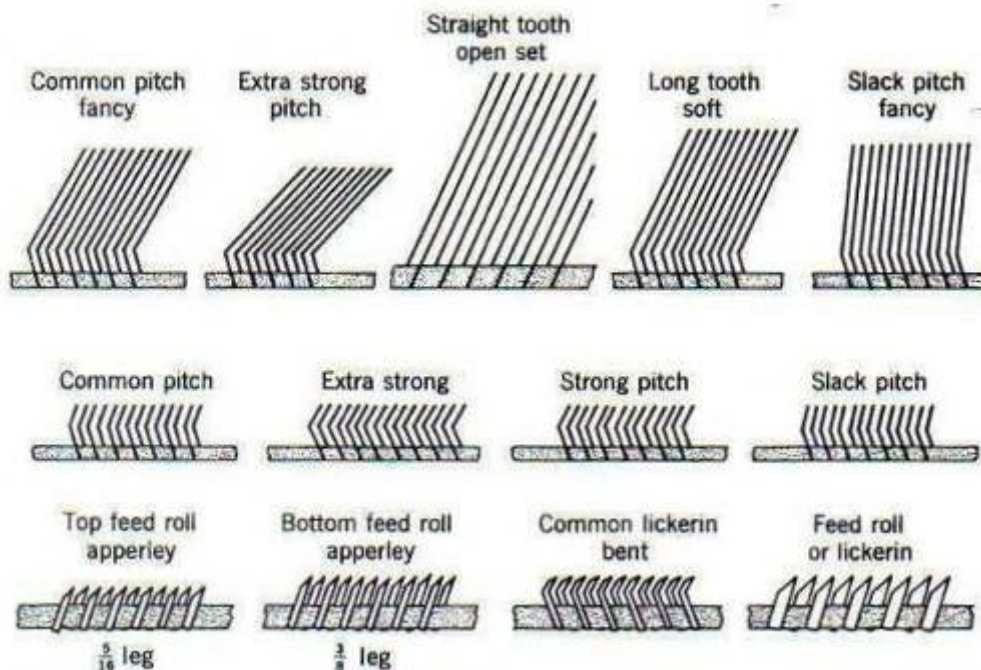


Figura 20a: Diferentes tipos de guarniciones flexibles (von Bergen, 1969). "Common pitch fancy": alambre de ángulo común para "fancy" (cilindro levantador de fibra); "Extra strong pitch": alambre con un mayor ángulo que el común; "Straight tooth open set": alambre derecho y de menor densidad; "long tooth soft": alambre largo flexible; "Slack pitch fancy": alambre de menor ángulo para el "fancy"; "Common pitch": alambre con ángulo tradicional; "Extra strong": alambre con ángulo más pronunciado; "Strong pitch": alambre con ángulo muy pronunciado; "Slack pitch": alambre con menor ángulo o ángulo suave; "Top feed roll apperley", "Bottom feed roll apperley", "Common lickerin bent", "Feed roll or lickerin": el grosor del alambre de estas guarniciones y, por lo tanto, su falta de flexibilidad nos señala que están diseñadas para el guarnido de los primeros cilindros de la carda que son los que cargan con el peso de la apertura de la fibra y, en particular, de los fieltros creados por el lavadero o un mal manejo animal. Son muchas más que las aquí expuestas las formas que pueden tomar las guarniciones flexibles, lo que da una idea de las diferentes concepciones tecnológicas que el tema presenta.

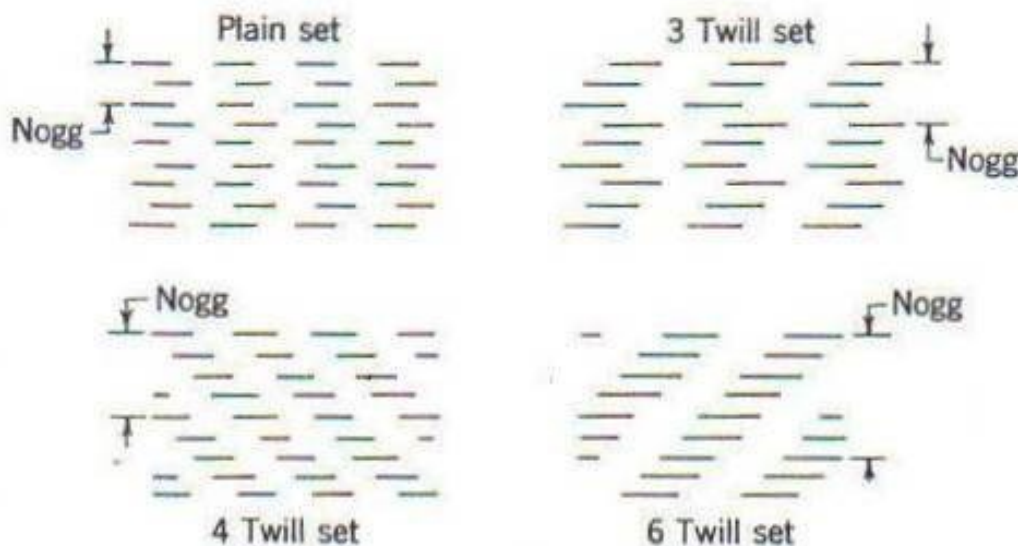


Figura 20b: Vista posterior de la colocación de los alambres en el sustrato de las guarniciones flexibles (von Bergen, 1969): los alambres son colocados de manera de perforar el sustrato de la guarnición para que sobresalgan del lado cardante. Estos alambres tienen la misma forma que los broches usados para abrochar hojas de papel. "Plain set": distribución ligamento tropical o 1/1; "3 Twill set": distribución ligamento sarga 3/3; "4 Twill set": distribución ligamento sarga 4/4; "6 Twill set": distribución ligamento sarga 6/6. El término "Nogg" se refiere a la distancia dejada entre los alambres que se repiten ("raport"). Son muchas más que las aquí expuestas las formas usadas para clavar las guarniciones flexibles en el sustrato, lo que da una idea de las diferentes concepciones tecnológicas que el tema presenta.






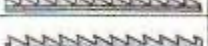










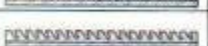




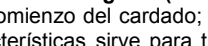
Sample	Size	Style of wire	Size of wire	Thick-ness .000	Feet per lb	Threads per inch			
	#1	Lickerin wire	#6	.080	28	4 5			
	1A	Lickerin wire	6	.080	27	4 5			
	2	Lickerin wire	10	.055	49	5 8			
	3	Lickerin wire	11	.043	66	8	9	10	12
	4	Lickerin wire	12	.035	93	12 14			
	5	Lickerin wire	14	.028	141	14			
	6	Lickerin wire	15	.020	186	16 18			
	7	Lickerin wire	15	.017	233	18			
	2	Bur wire ^{Short top}	10	.055	44	5 8			
	3	Bur wire	11	.043	60	8	9	10	12
	#3A	Bur wire ^{Short top}	11	.043	60	8	9	10	12
	4	Bur wire	12	.035	80	12 14			
	6	Bur wire	14	.020	155	16 18			
	2	Bur wire ^{Long top}	10	.055	40	5 8			
	3	Bur wire	11	.043	55	8	9	10	12
	4	Bur wire	12	.035	75	12 14			
	6	Bur wire	14	.020	147	16 18			
	10	Bur wire	13	.033	73	14			
	10A	Bur wire	15	.039	106	14			
	1	V wire	6	.080	22	4 5			
	2	V wire	10	.055	54	5 8			
	3	V wire	11	.043	70	10 12			

Figura 21: Detalle de guarniciones rígidas (von Bergen, 1969). “Lickerin wire”: guarnición del lickerin (cilindro a cargo de la apertura mas exigida de la fibra al comienzo del cardado; “Burr wire”: guarnición para cilindros desabrojadores; “V wire”: guarnición de ángulo negativo que por sus características sirve para trabajar la fibra con una rotura mínima (de ahí el uso de un ángulo negativo en la conformación de la guarnición). La guarnición rígida ha ido sustituyendo a la guarnición flexible en aquellos cilindros de la carda donde hasta hace unas décadas se usaba solo guarniciones flexibles. La razón es la mayor vida útil de las rígidas y el hecho de no necesitar ser afiladas periódicamente, como es el caso con las flexibles. Dado el año en que von Bergen publicó esta tabla, las guarniciones rígidas descritas son las utilizadas en la primera parte de la carda, que es la que tiene que lidiar con el duro trabajo de abrir los enriedos de fibra y fieltros producto del deficiente manejo animal o lavado. Las guarniciones flexibles continúan siendo utilizadas para trabajar las fibras mas finas, en particular en la hilatura cardada de títulos de hilado muy finos (**un clásico dicho sajón que conviene respetar afirma: “the finer the fiber, the finer the wire” o “cuanto mas fina la fibra, mas fina la guarnición”**).

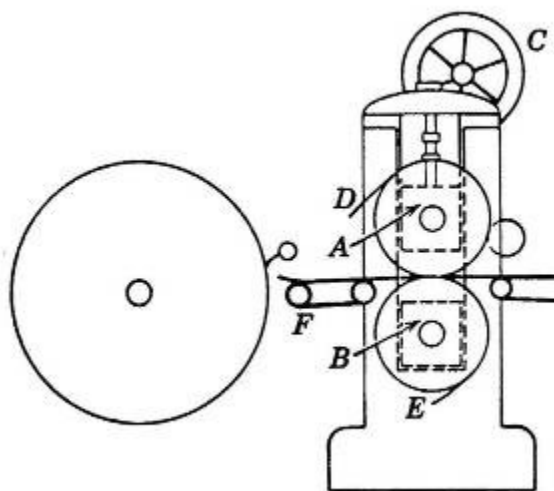


Figura 22: Juego de cilindros Peralta (von Bergen, 1969). El peine vibrador retira del “doffer” (izquierda del dibujo) la fibra en forma de velo. El velo es conducido por la telera (F) entre los cilindros lisos (A y B) del Peralta. Estos cilindros trabajan a una presión elevada (en este caso mecánica). En los más modernos se utilizan sistemas de presión neumática o hidráulica. La presión tritura el contaminante vegetal que contiene el velo. **El Peralta no es 100% eficiente: esta es la razón por la que en los hilados de calidad se parte de lanas prácticamente limpias de vegetales, para lo cual, a veces (en los hilados mas caros), se parte de lanas previamente peinadas (“open top” y “broken top”).**

La función de los diferentes cilindros de la carda depende de: *i)* la dirección de giro; *ii)* la orientación de las puntas de la guarnición; y *iii)* y la relación de la velocidad tangencial de los cilindros que trabajan mancomunadamente. Tres diferentes comportamientos pueden lograrse alterando estas variables: *a)* Cardado (“*carding*”) (Figura 23): se obtiene cuando las puntas del cilindro principal o gran tambor (“*swift*”), desplazándose a alta velocidad, coloca la fibra en contacto con las puntas de los más lentos cilindros trabajadores (“*workers*”) y “*doffers*”⁸. Este efecto es esencial para la apertura y paralelización de las fibras; *b)* Arrancado (“*stripping*”) (Figura 24): se logra cuando los alambres de los trabajadores (“*workers*”) se encuentran con la parte trasera de los de los arrancadores (“*strippers*”). Esta combinación permite retirar la fibra de los trabajadores y depositarla en los alambres del cilindro principal o gran tambor (“*swift*”); y *c)* Elevado (“*raising*”) (Figura 25): este efecto se produce cuando los alambres largos del “*fancy*” se meten dentro de los alambres cortos del cilindro principal o gran tambor (“*swift*”) de manera de elevar la fibra a la superficie del cilindro principal o gran tambor para facilitar que el “*doffer*” la retire. En esta acción la parte trasera de los alambres gira a alta velocidad.

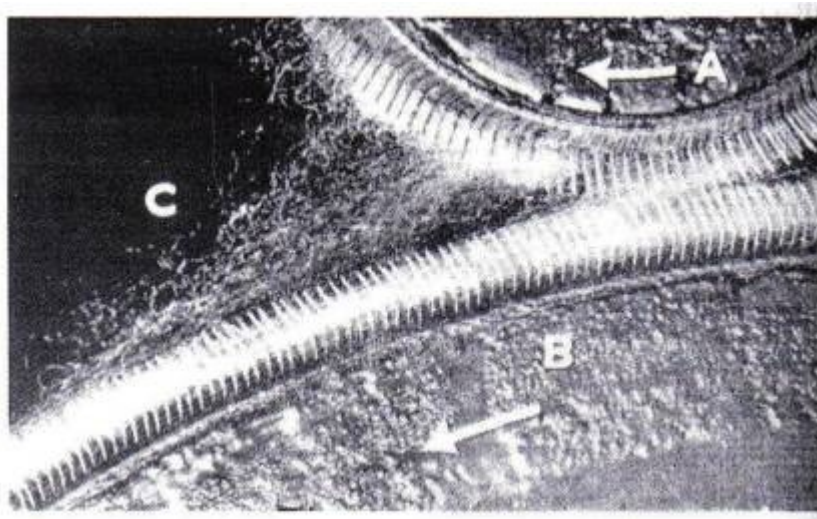


Figura 23: Acción “punta contra punta” (“points against points”) entre la guarnición del trabajador (“worker”) y la guarnición del gran tambor o cilindro principal (“swift”) (von Bergen, 1969). Los británicos denominan a esta función del cardado como “*working*”. Se trata de una acción de apertura y paralelización resultado de pasar lana entre cilindros en donde las puntas de los dientes de las respectivas guarniciones se encuentran enfrentadas.



Figura 24: Acción punta contra espalda (“point to back”) entre la guarnición del arrancador (“stripper”) y el cilindro trabajador (“worker”) (von Bergen, 1969). Los británicos denominan a esta función del cardado como “*stripping*”. Se trata de una acción de transferencia de fibra de un cilindro a otro. Es el resultado de la acción de pasar lana entre cilindros en donde la punta de los dientes de la guarnición de un cilindro apunta a la parte trasera de la guarnición del otro. La transferencia de lana de un cilindro a otro también se produce durante el trabajado o cardado (“*working*”), de todas maneras, esta acción no es considerada como un arrancado (“*stripping*”).

⁸ El término inglés “*doffer*” puede traducirse como levador o retirador.

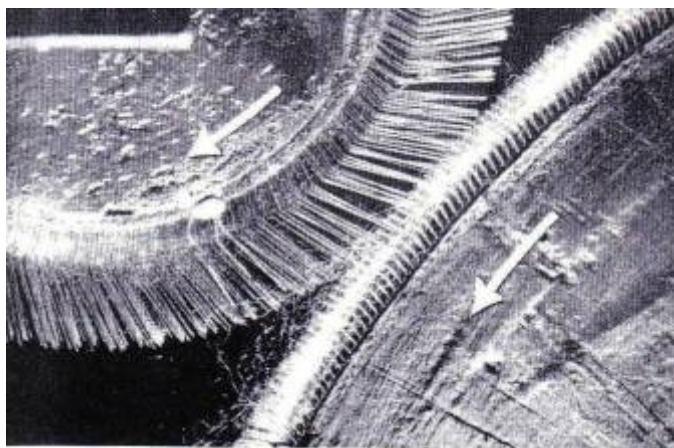


Figura 25: Acción de la guarnición del “fancy” o levantado espalda contra espalda (“back to back”-raising) (von Bergen, 1969). El “fancy” es el único cilindro que cumple con esta función. La parte de atrás de los largos alambres de su guarnición cepillan la parte trasera de los dientes de la guarnición del gran tambor o cilindro principal (“swift”). Esta acción le facilita al “doffer” retirar la lana del “swift”.

Otras funciones que uno encuentra en la carda, en particular en las más antiguas, son las siguientes (Griffin, 1957): *i)* condensado o apretado (“Tightening”): “Esta acción puede observarse en la entrada de las cardas Tipo Bradford (Figura 15) usadas, mayormente, para Merinos finos. Los rodillos de condensado trabajan debajo del segundo y cuarto licker-in, introduciendo la fibra dentro de la guarnición de estos cilindros de manera que no sea arrastrada por los desabrojadores”; *ii)* Cepillado (“Brushing”): “la acción de cepillado es usada conjuntamente con los cilindros Morel. Un cilindro recubierto con un cepillo de pita empuja la lana dentro de los dientes del cilindro Morel. Cumple la misma función que el cilindro de condensado”; *iii)* Desabrojado (“Beating”): “un cilindro con aletas sobresalientes todo a lo largo gira velozmente en dirección a las puntas de la guarnición de un cilindro, arrastrando los abrojos que por su tamaño no han podido ingresar en ella [Figura 21: “Bur wire”: la forma de esta guarnición rígida hace que los abrojos queden sujetos a su superficie, de manera que el desabrojador pueda golpearlos y eliminarlos proyectándolos a una telera que los retira hacia un costado de la carda]”. Se trata de una técnica que dista de ser exhaustiva; y *iv)* Triturado (“Crushing”) / Peralta (Figura 22): “El objeto de esta acción es el triturado del contaminante vegetal para que pueda desprenderse de la lana y caer como resultado de la acción mecánica de la carda o ser mas facilmente removido por el peinado” [se puede diferir con esta última apreciación: cuanto mas pequeño sea el vegetal, mas posibilidad hay de que atraviese el peine circular y el peine fijo de la peina. Es por ello que rara vez se ve un Peralta en una carda de peinado].

Respecto la relación en la dirección de rotación de los cilindros que trabajan mancomunados, hay dos tipos de acciones (Griffin, 1957): “Una en la que los dos rodillos giran en la misma dirección como, por ejemplo, entre el trabajador (“worker”) y el gran tambor (“swift”), y otra en que los cilindros giran en direcciones opuestas como, por ejemplo, entre el licker-in y el cilindro divisor. El primer tipo de acción se da todo a lo largo de las cardas Continentales y, el segundo, solo en la sección del Gran Tambor (“swift”) de las cardas Inglesas (“Bradford card”). Se deduce del comentario de Griffin que las diferencias entre Gran Bretaña y el Continente Europeo no son solo políticas. Los defensores de cada una de estas posiciones tecnológicas sostienen que la suya es la que menos fibra rompe.

A continuación nos referiremos a una típica apreciación errónea sobre el Sistema de Hilatura Cardada (“Woolen System”): el sistema habilita hilar fibras extremadamente cortas que no serían hilables en el sistema peinado. Por lo tanto, en no pocas ocasiones, se lo utiliza para hilar fibras de inferior calidad, así como fibra recuperada. El desperdicio de hilado y tejidos, así como las prendas usadas, son garnetizadas⁹ de manera de romper su estructura y recuperar la fibra para la producción de hilados, tejidos y prendas de buena apariencia pero muy mala “calidad al uso” o “calidad de vida”. Se trata de una materia corta, físicamente dañada y debilitada. Que se pueda trabajar este tipo de fibras, no implica que no se pueda hacer lo mismo con las fibras más largas y valiosas. Algunos de los mejores hilados cardados son manufacturados a partir de “open top” y “broken top”¹⁰. En los títulos mas finos (dentro del limite máximo que impone el sistema de hilatura cardada), a igual título es mas caro un hilado cardado que uno peinado.

El cardado es la principal fuente de un defecto denominado “nep” (Townend, 1982): “se define al “nep” como a un enredo de fibras que no puede abrirse con una aguja durante el examen del velo de carda, una mecha de carda o un top”. En la Tabla 8 del Anexo III hemos resumido la información aportada por

⁹ El “garnet” es un tipo de carda extremadamente robusta a la que se alimenta desperdicio de hilado y tejido, así como ropa vieja. Estas materias previo a ser alimentadas al garnet son cortadas en trozos pequeños con una máquina cortadora.

¹⁰ Para confeccionar un “open top” o “broken top”, se peina primero la lana y luego se deshace el top para poder alimentar la fibra a la carda de hilatura cardada. En el “broken top”, el top se rompe en trozos cortos de mecha y, en el “open top”, se pasa el top por un ventilador de manera de que no quede vestigio de fibras paralelas.

Townend respecto a un tema clave para la calidad del textil como son los neps. El peinado elimina prácticamente todos los “neps”.

9. Hilatura por el Sistema Cardado.

En el hilado cardado, las fibras están menos paralelizadas que en el peinado, lo que le otorga un mayor volumen y un tacto diferente¹¹. Describiremos dos sistemas de hilatura cardada. En ambos casos se los alimenta con los rodillos de madera en que se enrollan las finas cintas o mechas de fibra a la salida del divisor de la carda. Nos vamos a referir a: *i*) la mula o “self acting” (Fig. 26 y 27); y *ii*) la continua de cardado (“ring spinning”) (Fig. 28). En ambos casos el proceso consiste en: *a*) un estirado de la cinta o mecha de fibras de manera de llevar su calibre al título deseado (“drafting”); *b*) el retorcido a la salida del estirado de la cinta o mecha ya afinada (“twisting”); y *c*) el enrollado del hilado obtenido en una canilla (“pirn”) de hilatura de cartón, aluminio o plástico (“winding”).

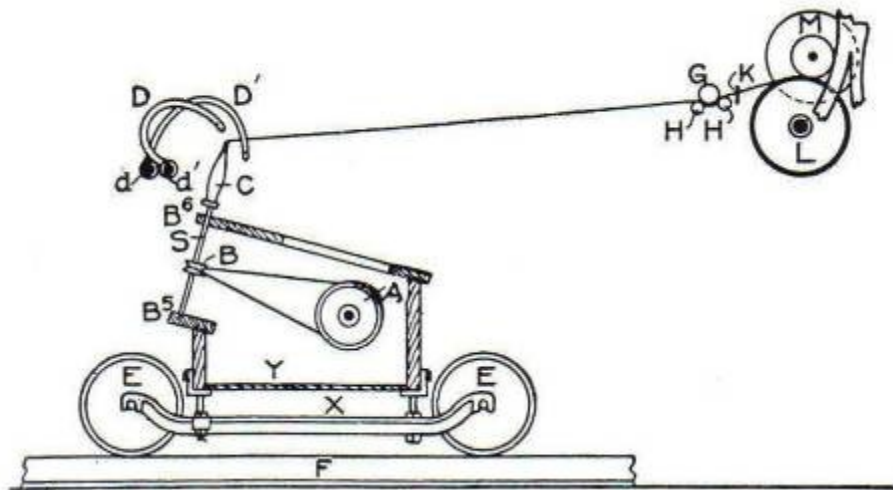


Figura 26: Corte transversal de las partes principales de una “mula” o “self acting” de hilatura cardada (von Bergen, 1969)¹².

i) L: rodillo de madera en que se enrollan las mechas de fibra salidas del divisor de la carda; *ii*) M: cilindro de presión que acciona a L de manera de hacerlo girar y alimentar mecha a los cilindros de entrega (H-G-H) a través de la guía K; *iii*) H-G-H: cilindros de entrega de la mecha. Trabajan intermitentemente entregando un largo predeterminado de mecha del rodillo L a cada huso S del carro móvil X; *iv*) S: durante esta parte del proceso, el huso se distancia de los cilindros de entrega H-G-H a la misma velocidad que recibe la mecha, por lo que no hay estiraje. Los husos giran a una velocidad constante y, por lo tanto, imparten torsión a la mecha que se les entrega. Cuando la cantidad de mecha predeterminada ha sido entregada, la alimentación se detiene y el carro X continúa alejándose de ella mientras los husos S continúan girando. Es en esta etapa del proceso que la mecha se estira y se reduce su calibre de manera de alcanzar el título deseado. A esta etapa del estirado de la mecha se la conoce como de “estirado de huso” (“spindle drafting”). Las fibras soportan la tensión del estirado y se mantienen bajo control en esta etapa debido a la fuerza de cohesión entre fibras y la presión radial introducida por la torsión [cabría agregar el efecto cohesionante del ensimaje]. Si bien el carro X se detuvo, el huso S continúa girando hasta darle al hilo la torsión predeterminada requerida para dotarlo de la tenacidad y elasticidad necesaria para los procesos textiles siguientes, fundamentalmente, el tisaje; *v*) S: el huso S está colocado en un ángulo que le habilita no retener el hilado permitiendo que este se deslice por su punta. Cada revolución del huso le otorga al hilado una vuelta de torsión. Esta torsión extra incrementa marcadamente la tensión a que está expuesto el hilado y, si no fuera que el carro X retrocede unas pocas pulgadas, el hilado se rompería. El retroceso del carro le permite al hilo contraerse. Este movimiento es conocido como “jacking-in”. Habiéndose completado el retorcido del tramo hilado, los husos S son detenidos y luego girados unas pocas vueltas en dirección opuesta, de manera de liberar el hilo enrollado alrededor de la parte libre del huso [se la puede ver por arriba de la canilla C en que está enrollado el hilado]. Esta acción es conocida como “backing-off”. El carro X retrocede de manera que el trozo hilado pueda enrollarse de forma cónica en la canilla C que se encuentra inserta en el huso S. Esta función se logra rotando el huso S muy lentamente a medida que el carro X retrocede. La guía (“faller”) D y la contra guía D’ (“counter-faller”), mientras tanto, entran en acción y guían el hilo de manera de formar en la canilla de cada huso un paquete de hilado con la forma cónica deseada. El paquete de hilado C es cónico y se lo construye alrededor de la canilla. Esta disposición se construye sobre la canilla superponiendo una serie de conos de hilado interpenetrados. Como la velocidad lineal de enrollado del hilado es prácticamente constante (es dictada por la velocidad constante del carro X) la velocidad del huso S debe variarse continuamente durante el retroceso del carro X de manera de enrollar el hilo uniformemente en la canilla. La variación en la rotación del huso durante la hilatura complica la mecánica de la “mula” notablemente. Está de mas decir que la mula es una maquina mecánicamente compleja; *vi*) El carro X se desplaza por la guía F sobre las ruedas E; *vii*) Las poleas A, vía la polea B, hace girar los husos S; *viii*) La bancada B5 y B6 soporta los husos S; *ix*) los ejes d y d’ accionan la guía D (“faller”) y la contra guía D’ (“counter-faller”) de manera de conducir el hilado durante su enrollado en la canilla; y *x*) una vez que las canillas se llenan con hilo, el operario las retira (leva) y procede a colocar en los husos canillas vacías para reiniciar nuevamente el proceso de hilatura. Esta compleja tecnología continua siendo usada por la industria, en particular, para la producción de hilados de calidad superior.

¹¹ la diferencia entre un hilado cardado y uno peinado puede detectarse quitándole la torsión con los dedos y observando la paralelización de las fibras que lo componen.

¹² “Spinning Jenny”, inventada por James Hargreaves en 1764. Este genial desarrollo es uno de los detonantes de la Revolución Industrial.

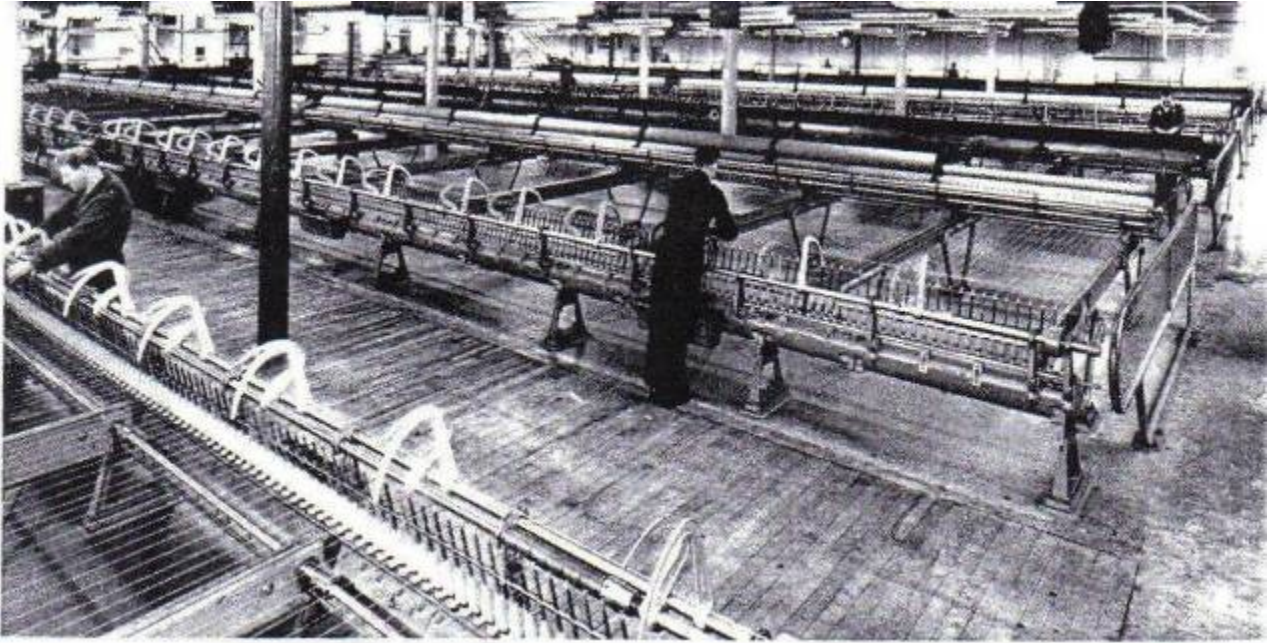


Figura 27: Salón de hilatura cardada equipado con mulas alemanas marca Mak (von Bergen, 1969).

Este sistema resulta en un hilado particularmente voluminoso y de tacto superior. Se lo continúa usando para hilos de gran calidad. Es un sistema de hilatura discontinuo. A igual título y regularidad de hilado, es más valioso un hilo producido en una “mula” que uno proveniente de una continua de hilar.

En la continua de cardado¹³, como en la mula o “*self acting*”, la cinta o mecha de fibras proveniente de la carda de cardado es estirada hasta llegar al título deseado y luego retorcida para darle tenacidad al hilado resultante. **Al revés de lo que ocurre en la mula, el proceso de hilatura en la continua de aro es continuo: hasta que la canilla de cartón, plástico o aluminio insertada en cada huso no se encuentra llena, la continua de hilar no deja de alimentar mecha de carda al estirado, el estirado no deja de estirar la mecha y el huso no deja de rotar de manera de darle torsión al hilado.** Una vez que las canillas de hilado están llenas, el operario las retira (leva) y las sustituye por canillas vacías para dar nuevamente inicio al proceso de hilatura.

Las torsiones a dar a un hilado, tanto en una mula como en una continua de cardado o peinado, es un tema sujeto a un interminable debate en el que la nacionalidad de los tecnólogos juega un papel clave. Solo diremos que las torsiones por metro se calculan multiplicando una constante denominada alpha por la raíz cuadrada del título Métrico del hilado. Difícilmente lleguemos a ponernos de acuerdo sobre el alpha ideal para el destino del hilado (urdimbre, trama, bonetería, etc.).

¹³ El “Water frame”, que es como se llamó a la continua de aro en un inicio por estar accionada por el movimiento mecánico de un molino de agua, fue inventada por Richard Arkwright en 1769. Este genial desarrollo es uno de los detonadores de la Revolución Industrial.

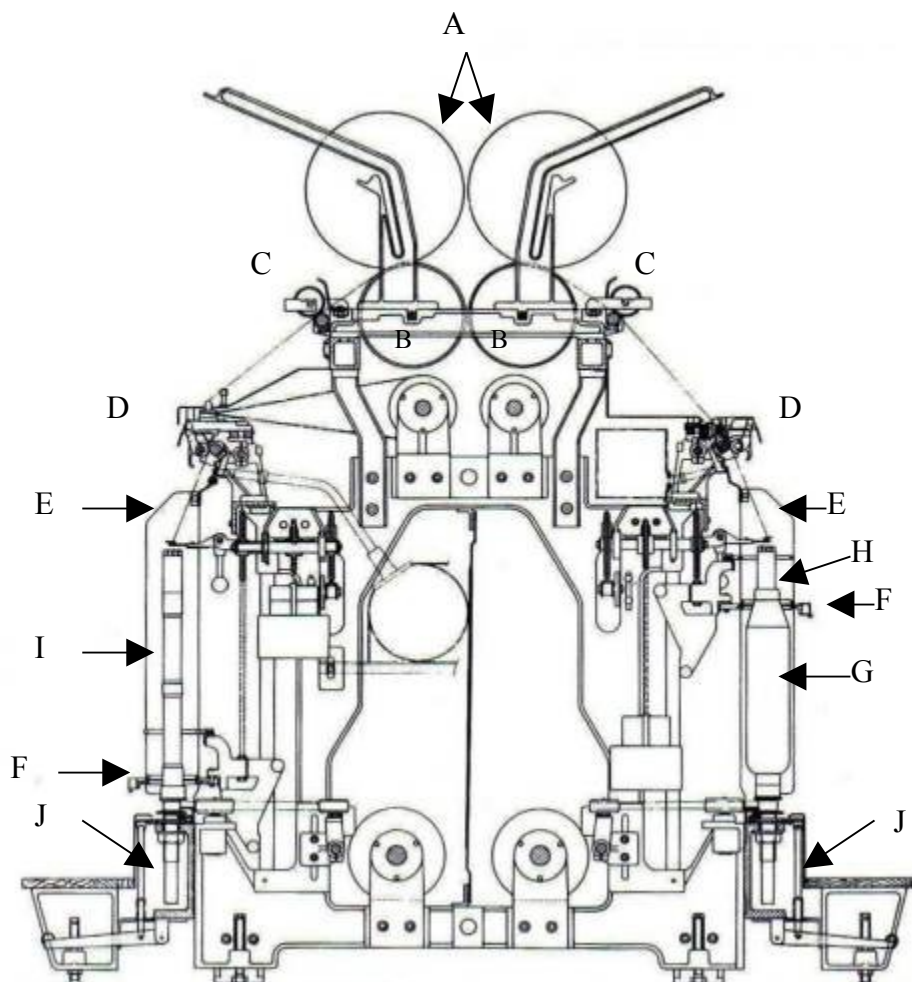


Figura 28: Corte transversal de una continua inglesa de dos lados de hilatura de aro para cardado MRW 5 Platt (Cortesía de Atkinson, Haserick & Co. Inc, U.S.A.) (von Bergen, 1969). *i)* A: rodillo de madera con las cintas o mechas de fibra finas salidas del divisor de la carda enrolladas alrededor; *ii)* B: cilindro de presión que hace girar a (A) para alimentar mecha a los cilindros alimentadores (C); *iii)* C: cilindros alimentadores de la mecha al tren de estirado; *iv)* D: cilindros estiradores o entregadores. En la continua de aro los cilindros alimentadores (C) suministran mecha al estiraje de manera continua. El estirado es efectuado por los cilindros estiradores o entregadores (D). El grado de estiraje esta dado por la relación entre las velocidades tangenciales de los cilindros estiradores y los cilindros alimentadores; *v)* E: guía hilos cola de chancho: la mecha ya estirada es entregada por los cilindros estiradores o entregadores (D) y conducida por el guía hilos (E) al cursor que gira alrededor del aro (F). Ni bien la mecha sale de los cilindros entregadores comienza a recibir torsión; *vi)* F: el aro puede tener diferentes diámetros. Cuanto mas fino es el título a hilar, menor es el diámetro del aro, de manera de minimizar la fuerza que ejerce la rotación sobre el hilado y, por lo tanto, las roturas de hilo (a mayor cantidad de roturas, menor productividad maquina y operario). El aro esta hecho de aleaciones metálicas de alta resistencia y dispone de una mecha que lo circunda y lo mantiene lubricado en todo momento, ya que en el gira un cursor (en F, dado el tamaño del cursor, no es observable en el plano de maquina. Es de metal o plástico de alta resistencia. Se puede ver el cursor montado en el aro en la Fig. 38). El hilo pasa por el cursor que lo va depositando sobre la canilla de hilatura (H) inserta en el huso (J). El aro en que gira el cursor se desplaza programadamente hacia arriba y abajo llenando la canilla con hilado dispuesto en forma cónica (G). Esta disposición se construye sobre la canilla superponiendo una serie de conos de hilado interpenetrados; *vii)* J: huso. El huso es rotado mediante poleas. El grado de torsión (Torsiones por Metro: TPM) que recibe el hilado esta dado por la relación entre la velocidad tangencial de los cilindros estiradores y las R.P.M. a que rota el huso, por lo tanto, la velocidad del huso puede modificarse mediante un cambio de engranajes (en las continuas mas antiguas) o un motor de velocidad variable; *viii)* I: canilla vacía con el aro en su base listo para iniciar el proceso de hilatura (la continua de hilar acaba de ser levada); y *ix)* H: canilla llena con hilado (G) y el aro (F) en su parte superior en señal de que el ciclo de hilatura se completó. El operario acciona mecánicamente la plancha en que están montados los aros conduciéndola a la base de la canilla de manera de poder extraer las canillas llenas (Levar: cada cambio de canillas llenas por canillas vacías es conocido como una levada) y sustituirlas por vacías para así poder reiniciar el ciclo de hilatura. **La productividad maquina y operario de esta tecnología es muy superior a la de la mula o "self acting".**

Resumiendo, el proceso de hilatura cardada está compuesto por solo dos etapas: *i)* la carda que sale a un divisor donde se transforma el velo o napa de carda en una serie de cintas o mechas finas cohesionadas mediante frotado, previo a ser enrolladas en un cilindro para su alimentación a la continua; y *ii)* la continua de hilar de cardado de la que se extrae el hilo cardado enrollado en forma cónica en canillas de hilatura.

10. Hilatura Peinada.

10.1. Prepeinado.

La mecha salida de la carda de peinado recibe tres pasajes de “intersecting” (Ver Fig. 29 y 30) antes de ser alimentada a la peinadora. En cada uno de estos “intersectings” ingresan, paralelas una a otra, tantas mechas (doblado) como aproximadamente se estira en la cabeza estiradora, de manera que el grosor de la mecha de salida se mantenga prácticamente constante. La cabeza de estirado de estos pasajes esta conformada por: *i*) un par de cilindros de alimentación (3 y III) seguidos de; *ii*) dos campos rotativos opuestos de peines (barretas dotadas de púas) que se intersectan (las mechas pasan entre ellos siendo intersectadas por las púas de los peines); y *iii*) tres cilindros estiradores (1, II y III) que entregan la mecha de salida directamente a un tacho [Fig. 29 (intersecting alimentado con bobinas) y 30 (intersecting alimentado con tachos)] vía un “coiler” (guía mecha accionada de acuerdo a una figura geométrica para darle a la mecha dentro del tacho el ordenamiento deseado y la mayor densidad posible). La velocidad tangencial de los cilindros estiradores es tantas veces más elevada que la de los alimentadores según la cantidad de mechas alimentadas, de manera de mantener el grosor de las mechas de entrada y salida relativamente constante (si se alimentan siete mechas se estira, aproximadamente, siete veces). Los dos campos de peine avanzan a una velocidad superior a la de los cilindros alimentadores, pero inferior a la de los estiradores, de manera de acompañar el estirado, manteniendo las fibras bajo control, colaborando al mismo tiempo en el paralelizado de las fibras. La función de los pasajes “intersecting” es la de: *i*) regularizar la mecha como resultado de los reiterados doblados y estirados; y *ii*) paralelizar las fibras como producto del trabajo de los campos de peines y el estirado. El primer pasaje es alimentado con bobinas (Fig. 29) o tachos según el tipo de salida de que dispone la carda (a bobina o a tacho: las cardas modernas, dada su mayor velocidad y producción, salen a tachos). En el segundo y tercer pasaje se alimenta con tachos y se sale a tachos. En el tercer pasaje se sale a un tacho con dos mechas para poder alimentar a la peinadora con alrededor de doce tachos de dos mechas cada uno (un doblaje de 24). En el pasado, en estos pasajes se solía salir también a bobinas. Hay quienes todavía prefieren alimentar las peinadoras con bobinas en vez de tachos (eg, 24 bobinas: resultaría en un mayor largo de fibra promedio y un menor porcentaje de blousse). El pasaje de la Fig. 30 dispone de un “autoleveler” o autorregulador entre los cilindros estiradores y el tacho: en este mecanismo de retroalimentación un sensor mecánico o electrónico mide el calibre del conjunto de mechas a la entrada y corrige la variación de peso que pueda presentar aumentando o disminuyendo la velocidad de los cilindros estiradores, es decir variando el estirado. De esta manera se garantiza la regularidad de la mecha a la salida. Generalmente es el segundo pasaje de prepeinado el que está así equipado.

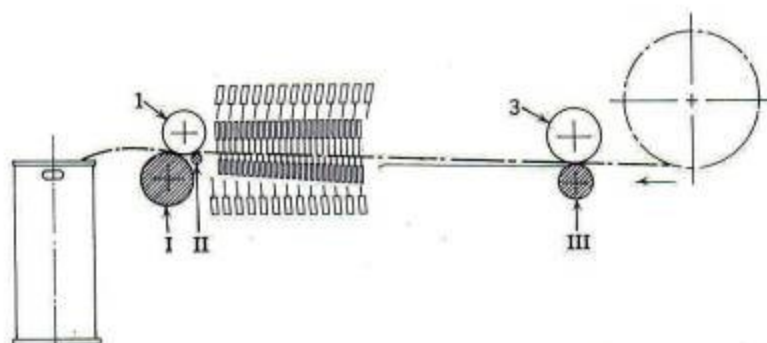


Figura 29: “Intersecting” Warner Swasey (EE.UU.) (von Bergen, 1969). Alimentado con bobinas y salida a tacho, con sistema de entrega de tres cilindros: 1, I y II (permite acercar lo mas posible el punto de pinzado de los peines a los cilindros alimentadores: superior control de la fibra)

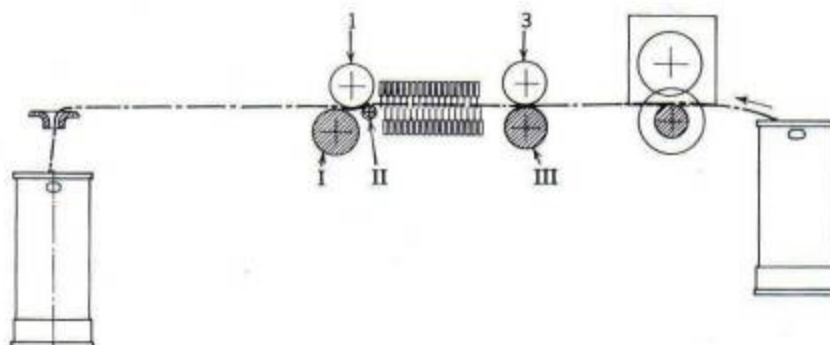


Figura 30: “Intersecting” Prince, Smith & Stells (Inglaterra) (von Bergen, 1969). Alimentado a tachos con salida a tacho, dotado de un “autoleveler” marca Raper entre los tachos de alimentación (en el dibujo solo se ve uno) y los cilindros alimentadores 3 y III.

10.2. Peinado.

Como ya dijéramos, la peinadora moderna es generalmente alimentada con alrededor de doce tachos de dos mechas cada uno (o 24 bobinas), es decir con un total de 24 mechas en paralelo. La función de la peinadora es la: *i*) eliminación de las fibras cortas ("blousse"/"noils"); y *ii*) la eliminación de los vegetales remanentes del cardado¹⁴. En la Fig. 31 se puede observar el esquema de una Peinadora Rectilínea, también llamada Francesa o Heilmann (su inventor). Este tipo de peinadora sustituyó a la Peinadora Circular Noble desarrollada por los ingleses.

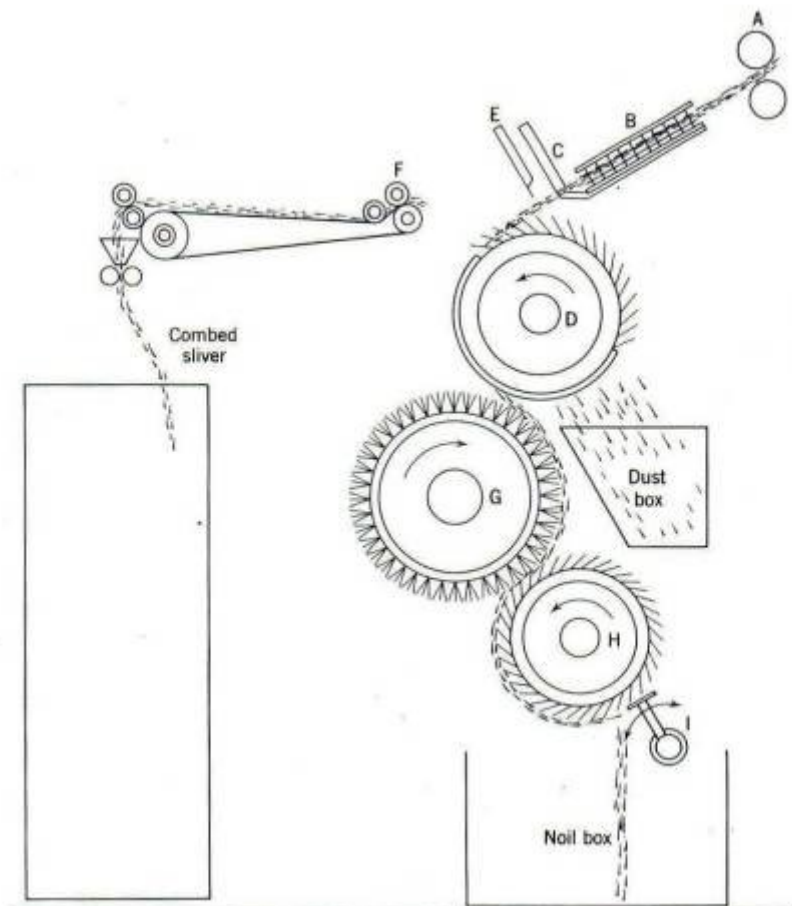


Figura 31: Peinadora Rectilínea, también conocida como Francesa o Heilmann (von Bergen, 1969). Está conformada por: *i*) un juego de cilindros de alimentación (A); *ii*) una parilla empuada de alimentación (B); *iii*) una mordaza de alimentación (C); *iv*) un cilindro peinador (D); *v*) un peine fijo (E); *vi*) un juego de cilindros arrancadores (F); *vii*) un cilindro limpiador del peine circular (G); *viii*) un segundo cilindro limpiador (H) del (G); y *ix*) un peine vibrador para la recolección del blousse del cilindro limpiador (H). "Dust box": caja para la tierra; "Noil box": caja para el blousse; "Combed sliver": mecha peinada.

Trabajando con los cilindros arrancadores (F) se puede observar el manchón sin fin (antes se hacían de cuero y hoy, mayormente, de un material sintético: se lo enhebra alrededor del cilindro arrancador inferior) sobre el que se va depositando intermitentemente la fibra peinada y de donde es retirada por un juego de cilindros que la alimentan a un "coiler" (guía mecha accionado según una figura geométrica para darle a la mecha el orden deseado y la mayor densidad posible dentro del tacho) donde recibe falsa torsión para cohesionarla en forma de mecha y depositarla en el tacho. **En los últimos años se comenzó a utilizar el sistema de hilatura peinado algodónero para peinar e hilar las fibras animales cortas (Vicuña, Guanaco, Cashmere,...).**

El funcionamiento de la peinadora se basa en una tecnología intermitente: *i*) En la Figura 32 observamos que los cilindros de alimentación (A) impulsan hacia adelante un largo predeterminado de fibra (no se los ve en el diagrama); *ii*) La fibra es sujeta por la parrilla empuada de alimentación (B) que la conduce a la mordaza de alimentación (C); *iii*) En la Fig. 33, la mordaza de alimentación (C) se cierra y la parrilla empuada de alimentación (B) se abre para retroceder nuevamente hacia los cilindros de alimentación (A), quedando lista para el próximo ciclo de peinado; *iv*) el cilindro peinador (D) peina la fibra que sobresale de las mordazas de alimentación (C); *v*) En la Figura 34, una vez que el cilindro peinador (D)

¹⁴ De todas maneras algunos pocos vegetales sobreviven a este proceso y llegan a la tela, convirtiéndose en un defecto que hay que corregir pinzándolo manualmente ("burling") o carbonizando la tela con ácido sulfúrico (en el caso de los tejidos oscuros donde el contraste hace que el vegetal se note).

limpió de vegetales y fibras cortas a la fibra sobresaliente, la mordaza de alimentación (C) se abre, los cilindros arrancadores (F) se adelantan para pinzar la fibra ya peinada. Una vez pinzada la fibra, los cilindros arrancadores (F) retroceden y el peine fijo (E) baja para peinar la cola de la fibra; vi) los cilindros arrancadores (F) giran superponiendo parcialmente la fibra recientemente peinada sobre la peinada en el anterior ciclo que se encuentre sobre el manchón de la peinadora; vii) el ciclo de peinado recomienza.

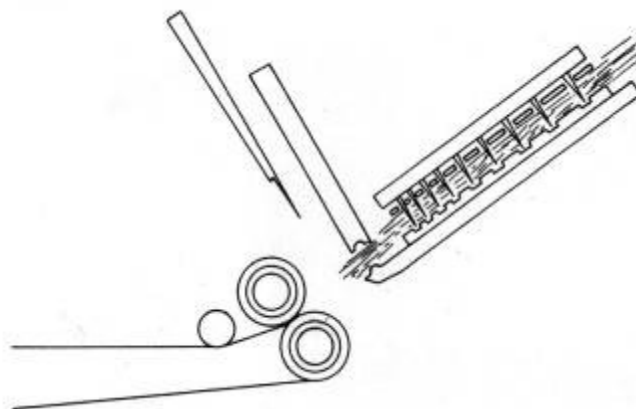


Figura 32: Comienzo del ciclo de peinado (von Bergen, 1969). Los cilindros de alimentación impulsaron un largo predeterminado de fibra hacia adelante (no se los ve en el dibujo). La fibra está sujeta por la parrilla empuada de alimentación que la conduce a la mordaza de alimentación que se encuentra abierta.

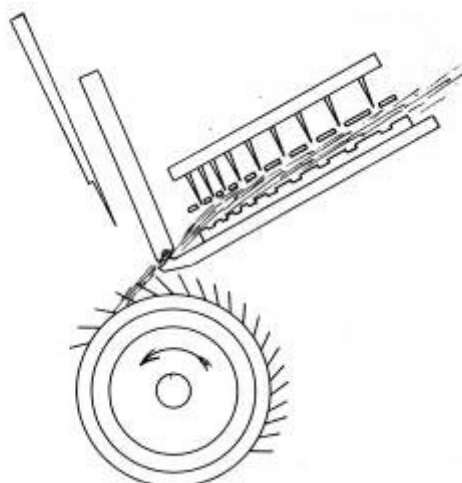


Figura 33: Inicio del peinado (von Bergen, 1969). La mordaza de alimentación se cierra sobre la fibra y la parrilla empuada de alimentación se abre para retroceder nuevamente hacia los cilindros de alimentación, quedando lista para el próximo ciclo de peinado. El cilindro peinador peina la fibra que sobresale de las mordazas de alimentación.

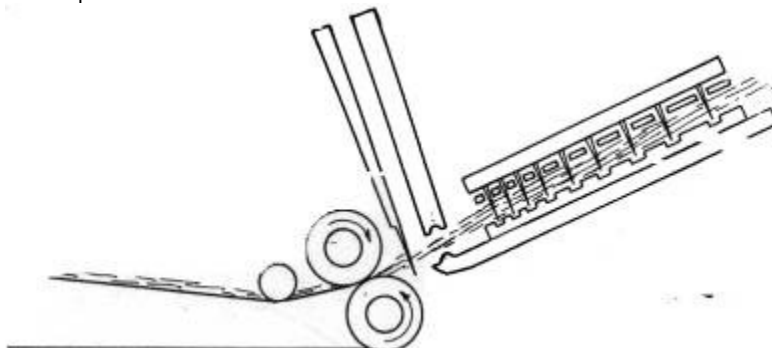


Figura 34: Final proceso de peinado (von Bergen, 1969). Una vez que el cilindro peinador limpió la fibra sobresaliente de vegetales y fibras cortas, la mordaza de alimentación se abre y los cilindros arrancadores se adelantan para pinzar la fibra que ha sido peinada. Una vez que la fibra ha sido pinzada, los cilindros arrancadores retroceden y el peine fijo baja para peinar la cola de la fibra. Los cilindros arrancadores giran superponiendo parcialmente la fibra recién peinada sobre la anteriormente peinada que se haya sobre el manchón de la peinadora. El ciclo de peinado recomienza. La napa de fibra peinada a la salida del manchón pasa por un "coiler" que le da falsa torsión para formar la mecha y depositarla en un tacho de acuerdo a una figura geométrica mecánicamente predeterminada.

La napa de fibra peinada a la salida del manchón pasa por un juego de cilindros arrastradores que la conducen a un "coiler" que le da falsa torsión para formar la mecha y darle resistencia, y luego depositarla de acuerdo a un orden geométrico mecánicamente predeterminado en el tacho. El enpuado del peine circular (D) y fijo (E) es modificado de acuerdo a la finura de la fibra a peinar. Cuanto mas fina es la fibra, mas finas son las púas de estos peines y mayor la densidad de enpuado.

Para llegar al "top" (bobina o "bump" de mecha peinada) se le da a la mecha salida de la peinadora un par de pasajes de intersecting adicionales, doblando y estirando nuevamente alrededor de 7-8 mechas. El primer pasaje (pasaje vacía tachos) es alimentado a tachos de peinadora y sale a tacho. El segundo y último pasaje dispone de un autorregulador y sale a bobina o, si se busca producir "bumps", a un tacho con falso fondo para que la prensa de "bumps" pueda actuar. De esta manera se regulariza la mecha peinada y elimina el entrecortado producto del carácter intermitente del peinado. El "bump" posee una densidad superior a la de la bobina facilitando el teñido. Cuanto mas denso es un paquete de teñido --fibra suelta, tops, bumps, conos y bobinas de hilado-- mas homogéneo es el teñido y menor la posibilidad de que se formen barraduras (zonas donde la fibra o el hilado absorbió menos anilina).

10.3. Preparación Hilatura & Hilatura.

El top (en forma de bobina o "bump") puede ser teñido y luego hilado o directamente hilado crudo. En ambos casos se repeina nuevamente, es decir que el proceso descrito para el peinado es nuevamente ejecutado. Antes de repeinar, se le da de nuevo a las mechas de fibra tres pasajes de intersecting. Una vez repeinada la mecha, se pasa a la preparación de hilatura.

La preparación de hilatura esta compuesta por tres pasajes intersecting como los descritos. Nuevamente se busca estirar en relación directa a la cantidad de mechas alimentadas. En el primer pasaje, se entra con bobinas o bumps y se sale a un tacho de una sola mecha. En el segundo, se entra con tachos de una sola mecha y se sale a un tacho de dos mechas, por lo que el grosor de la mecha de salida se reduce a la mitad. Este pasaje cuenta con un autorregulador. En el tercer pasaje, se alimenta con tachos de dos mechas cada uno y se sale a dos tachos, también de dos mechas cada uno, es decir que el grosor de la mecha ha sido reducido a una cuarta parte del que originalmente poseía. La mecha ha sido lo suficientemente afinada como para ahora llevarla a la última etapa de la preparación de hilatura: el "finisseur" (Fig. 35) o la mechera (banco de aletas, "roving frame") (Fig. 36).

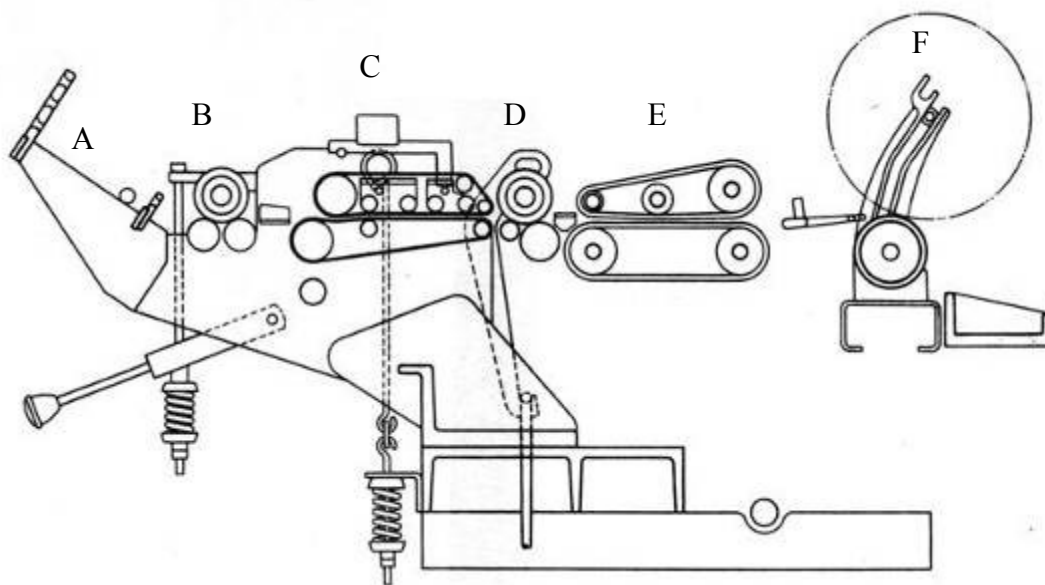


Figura 35: Corte longitudinal de un "finisseur" FM-NSSC (Cortesía de N. Schlumberger & Co., Francia¹⁵) (von Bergen, 1969).

¹⁵ Este tradicional y paradigmático fabricante de maquinaria es el inventor de esa revolución tecnológica que fue la peinadora rectilínea.

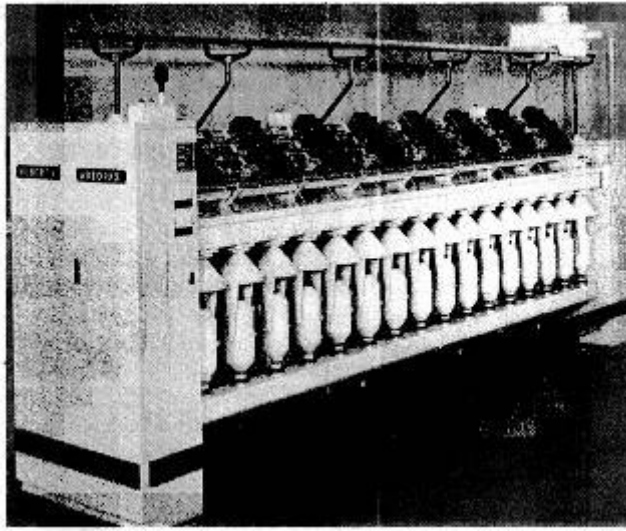


Figura 36: Mechera o banco de aletas Autopax (Cortesía de Roberts Co. de los EE.UU.) (von Bergen, 1969).

El funcionamiento del “finisseur” puede observarse en la Fig. 35: *i*) la mecha del tercer pasaje de preparación (A: no se ven los tachos de mecha en el diagrama) es alimentada a un juego de cilindros alimentadores (B), para luego pasar por un juego de manchones (C) que controlan las fibras durante el estirado por los cilindros estiradores (D). La velocidad tangencial de los manchones (C) es superior a la de los cilindros alimentadores, por lo que se genera un estiraje gradual: este tren de estiraje reduce el grosor de la mecha al calibre o título requerido por el tren de estiraje de la continua de hilar. A la salida del tren de estiraje del “finisseur” la mecha pasa entre un par de manchones frotadores sintéticos (E) que la cohesionan como paso previo a su enrollado en una bobina de preparación (F) para su alimentación a la continua.

En La Fig. 36 se puede observar una mechera o banco de aletas con un tren de estiraje idéntico al del “finisseur”. La diferencia entre ambos tipos de equipo reside en que en la mechera (Fig. 37), a la salida del estiraje, la mecha recibe torsión de parte de una aleta giratoria (de ahí el término banco de aletas) que le da resistencia a la tracción para luego ser enrollada en una bobina de mechera. La ventaja de la bobina de mechera sobre la de “finisseur” pasa por que la primera, dada su mayor densidad, contiene mayor cantidad de mecha como resultado de la torsión recibida, disminuyendo de esta manera el tiempo de recambio de la alimentación en las continuas y, por lo tanto, incrementando la productividad. Por cada revolución de la aleta, la mecha recibe una torsión.

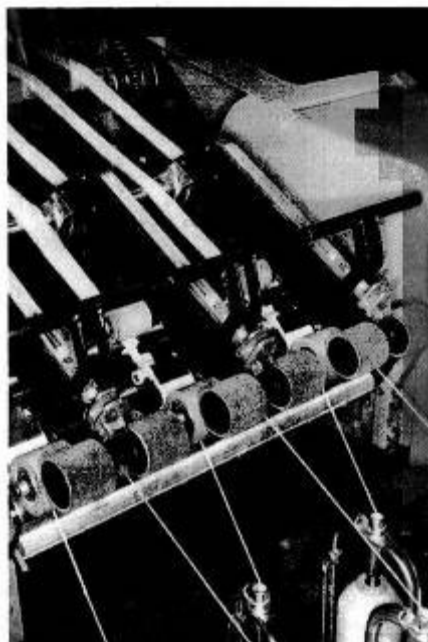


Figura 37: Sistema de estiraje de una mechera (“roving frame”) Quick-Set (Cortesía de Machine Works Inc. de los EE.UU.) (von Bergen, 1969). Se puede observar el funcionamiento de las aletas de rotación y la torsión dada a la mecha antes de ser envuelta en la bobina de mechera.

La Fig. 38 contiene el esquema de una continua de hilar: *i)* la mecha de preparación (no se ve si se trata de una bobina de mecha de finisseur o mechera) alimenta el tren de estiraje (A) conformado por cuatro juegos de cilindros [a₁; a₂; a₃; y a₄: en los trenes de estiraje modernos los dos juegos de cilindros centrales (a₂ y a₃) son sustituidos por un juego de manchones superpuestos (ver Fig. 35)]; *ii)* el tren de estiraje estira la mecha al calibre o título deseado; *iii)* a la salida de los cilindros estiradores o entregadores (a₄) la mecha recibe torsión y se transforma en hilo, ganando en resistencia a la tracción; *iv)* el hilado retorcido pasa por un guía hilo (B) y luego por un cursor (C) de metal o plástico de alta resistencia que gira libremente en un aro metálico [D: el aro está enhebrado con una mecha de lana que lo lubrica, caso contrario, cursor y aro se deteriorarían (“quemarían”) por la alta temperatura que se genera por el frote]; *v)* en el centro del aro hay un huso (E) que gira y sobre el cual esta inserta una canilla de cartón, plástico o metal (F) sobre la que se enrolla el hilado (G) en forma cónica. El estiraje que recibe la mecha esta dado por la relación de velocidad tangencial entre el juego de cilindros estiradores o entregadores (a₄) y el juego de cilindros alimentadores (a₁). Los cilindros intermedios (a₂ y a₃) habilitan el control de la fibra durante el estiraje (su velocidad tangencial es creciente: $a_1 < a_2 < a_3 < a_4$). La torsión del hilado (T.P.M.: torsiones por metro) esta dada por la relación entre la velocidad tangencial de los cilindros estiradores (velocidad de entrega) y las revoluciones por minuto del huso de hilatura sobre el cual está inserta la canilla. La torsión puede ser “S” o “Z” (ver Fig. 42), es decir que el huso puede rotar en una o otra dirección de acuerdo a lo programado. Por cada revolución del huso el hilo recibe una torsión.

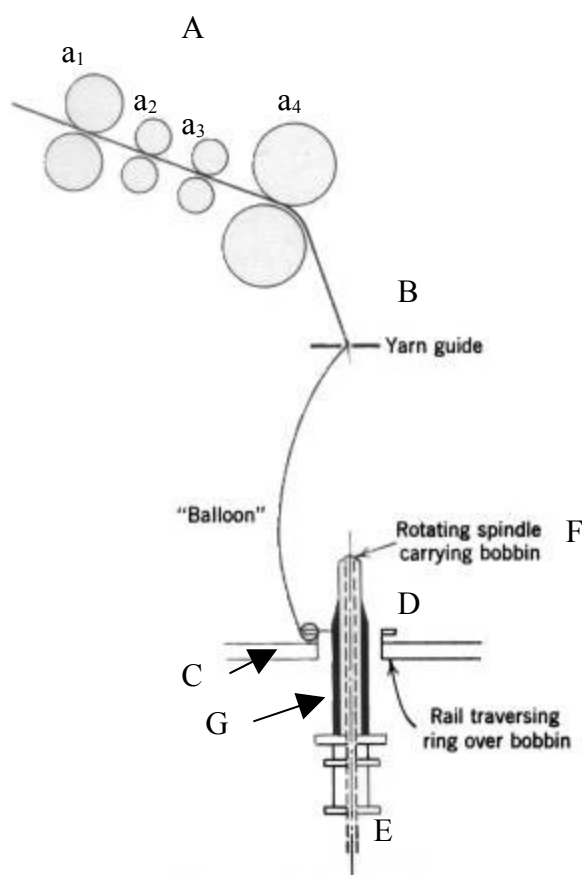


Figura 38: Esquema de una continua de hilar [Cortesía de I.W.S., Wool Sci. Rev., 14 (Abril 1955), Inglaterra] (von Bergen, 1969). “Yarn guide”: guía hilo; “Balloon”: balón¹⁶; Rotating spindle carrying bobbin”: huso rotativo con una canilla de hilatura insertada; “Rail traversing ring over bobbin”: aro alrededor de la bobina con cursor que lo recorre.

¹⁶ En el recorrido que va de la salida del guía hilo hasta que el hilo toma contacto con el cursor, por obra de la fuerza centrífuga se forma un balón que es necesario minimizar para evitar que el hilado quede expuesto a una fuerza que supere su resistencia y se corte.

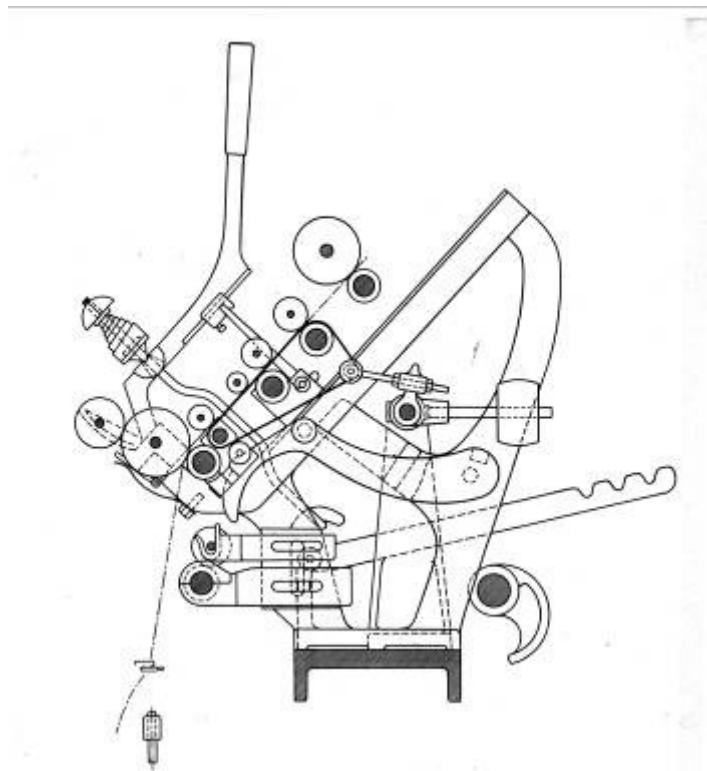


Figura 39: Tren de estiraje de brazo pendular (permite trabajar con mayor presión de pinzado) para niveles de estiraje más elevados (Cortesía de Prince, Smith & Stells Ltd., Inglaterra) (von Bergen, 1969): su funcionamiento es similar al descrito para la Fig. 38. Cuanto mas elevada es la presión a dar a los cilindros de arriba del tren de estiraje, mayor es el nivel de estiraje alcanzable, mejorando de esta manera la regularidad del hilado y la productividad de la preparación de hilatura (se puede trabajar con una mecha de finisseur o mechera mas gruesa).

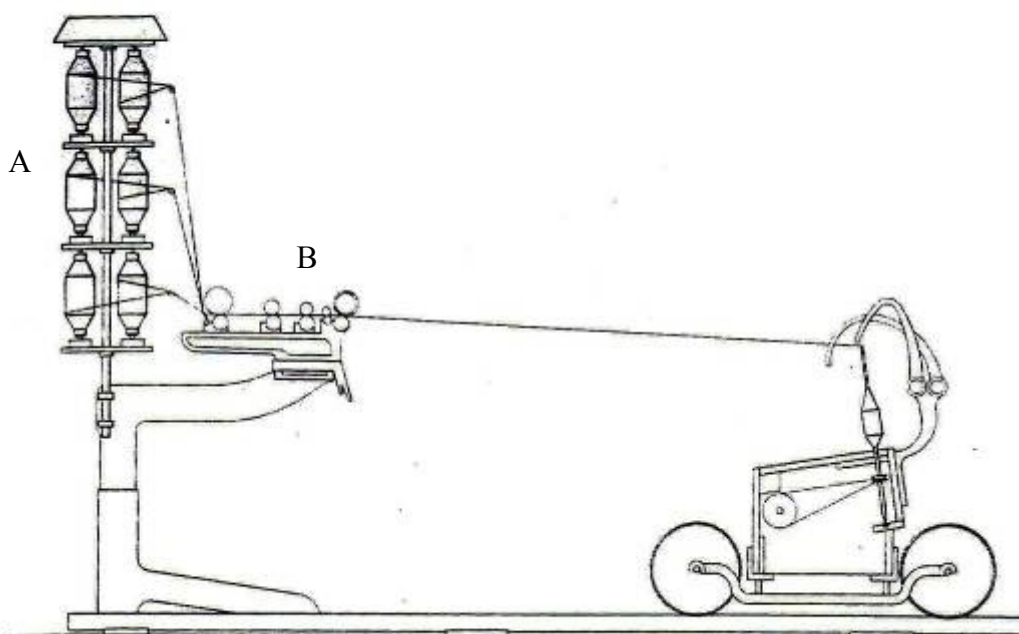


Figura 40: Corte seccional de una mula de hilatura peinada (von Bergen, 1969): este sistema puede ser usado, asimismo, en hilatura de lana peinada. Su funcionamiento es similar al descrito para hilatura cardada (Fig. 26). La diferencia reside en que la mula es alimentada con mecha de preparación de peinado (A): en este caso, de mechera o banco de aletas) y que previo a su estirado por la mula recibe un primer estiraje de un tren de estirado (B). Von Bergen es definitorio respecto las bondades de este tipo de hilatura respecto la continua de hilar de aro: “en la mula de hilatura peinada, se obtiene un hilado suave y de tacto lleno [“soft yarn with a full handle”] no fácil de superar [...]”

10.4. Retorcido y enconado del hilado peinado y cardado.

El hilado salido de la continua o mula de hilar --cardado o peinado-- puede tejerse tanto a un cabo como retorcido a dos o más cabos. En el caso del tejido plano o de lanzadera, cuando se trabaja con hilado a un cabo se suele encolar la urdimbre¹⁷. Cuantos mas cabos tiene un hilado, mayor es su tenacidad y superior la "calidad de vida" o "calidad al uso" de la prenda hecha con el. La retorcedora tradicional es una maquina similar a la continua de hilar pero carente de tren de estiraje. El hilado, doblado a dos o más cabos en una acopladora¹⁸, es alimentado por un juego de cilindros alimentadores o entregadores a un guía hilo que lo conduce al cursor que gira alrededor del aro para, luego de recibir la torsión requerida, es envuelto en forma cónica en una canilla de retorcido (si al diagrama de la Fig. 38 se le eliminan los cilindros a1, a2 y a3 pasamos a estar frente a una retorcedora). En la actualidad suele retorcerse en retorcedoras de doble torsión (Fig. 41) donde, por cada revolución del huso, el hilado recibe dos torsiones (el hilado resultante es mas peludo). La torsión puede ser "S" o "Z" (ver Fig. 42), es decir que al huso se lo puede hacer rotar en una u otra dirección.

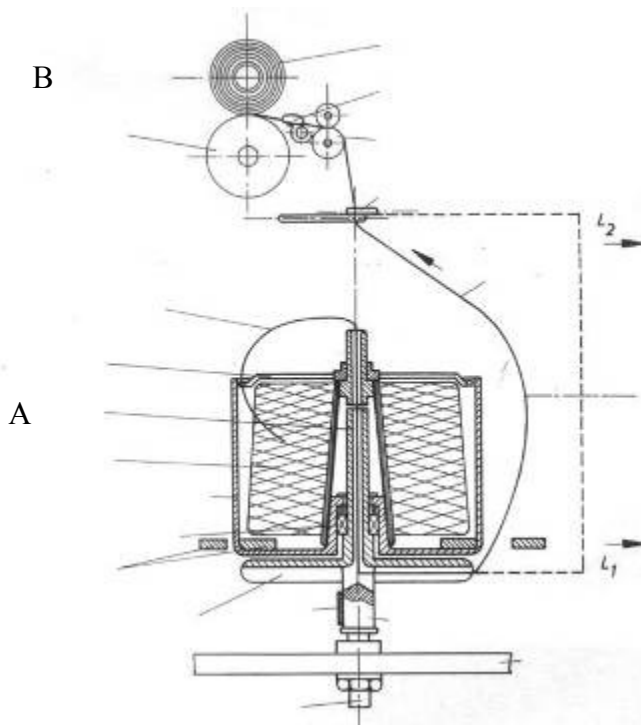


Figura 41: Retorcedora de doble torsión (Cortesía de Volkmann & Co. de Alemania) (von Bergen, 1969). La bobina conteniendo dos o más cabos acoplados es cargada en el tacho de retorcido (A). En el caso de tener que retorcer solo dos cabos, el tacho de retorcido puede cargarse con dos bobinas cilíndricas con un cabo de hilo en cada una, eliminando de esta manera el acoplado previo. Como se puede observar en el dibujo, los cabos a retorcer son enhebrados a través del huso de una manera que les habilita recibir dos vueltas de torsión por cada giro del huso. El hilado, una vez retorcido, pasa a ser enrollado en una bobina (B).

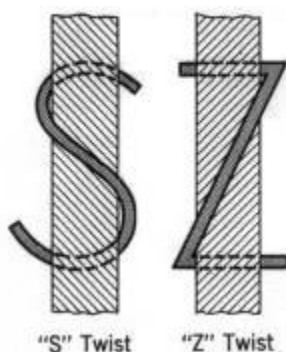


Figura 42: Dirección de torsión ("twist"): "S" (de izquierda a derecha) y "Z" (de derecha a izquierda) (von Bergen, 1969).

¹⁷ Al hilado de urdimbre se le aplica un apresto (pegamento eliminable luego del proceso de tejido) en un equipo denominado encoladora (de cilindros o cámara) con el fin de aumentar su resistencia a la tracción y eliminar su posible desfibrado durante el tisaje.

¹⁸ En la acopladora se juntan en paralelo la cantidad de cabos a retorcer y se los enrolla en una bobina cilíndrica cuya forma y dimensiones depende de si va a alimentarse a una retorcedora de aro tradicional o de doble torsión.

Como las canillas de hilatura contienen unos pocos cientos de gramos de hilo, se las pasa a conos (paquete de hilado enrollado sobre una bobina de cartón, plástico o metal de forma cónica) de más de un kilo. La terminación del hilo de cada canilla es empalmada con un nudo o "splice"¹⁹ con el inicio del hilo de la siguiente canilla. El enconado es un proceso altamente automático, donde mediante purgadores electrónicos²⁰ --ópticos o de capacitancia-- se eliminan los defectos que puede contener el hilado y se los substituye por un nudo o "splice".

El hilado a un cabo o retorcido a varios cabos debe ser vaporizado (Fig. 43) para librarlo de las tensiones estructurales acumuladas durante la hilatura y retorcido, permitiendo, de esta manera, que pueda ser trabajado en los procesos siguientes. En el autoclave de vaporizado se utiliza una combinación de vacío, temperatura y humedad para estabilizar el hilado.

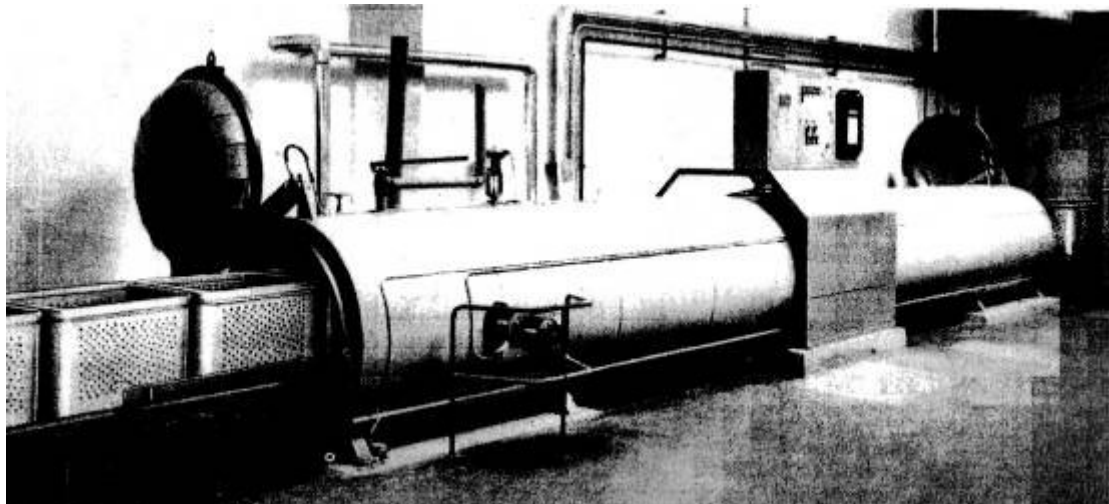


Figura 43: Autoclave de vaporizado. (von Bergen, 1969): se pueden observar los canastos de aluminio perforado conteniendo las canillas de hilatura o retorcido (en este caso se trata de canillas, pero muy bien podrían ser conos salidos de la retorcedora de doble torsión) siendo alimentados al autoclave como paso previo a su cierre e inicio del proceso de vaporizado.

11. Titulación y regularidad del hilo.

A lo largo de la historia de la Industria Textil, que es como decir la historia de la Revolución Industrial, han sido numerosos los sistemas usados para designar el título de un hilo (su grosor o calibre). Estos pueden clasificarse en dos grupos: Sistemas Directos e Indirectos. En el Sistema Directo la masa se divide por la unidad de largo del hilo (masa/unidad de largo), y en el Indirecto el largo del hilo por la unidad de masa (largo/unidad de masa). Como ayuda memoria cabe recordar que en los Directos cuanto mayor es el título mayor es el grosor del hilado, y en los Indirectos cuando mayor es el título mas fino es el hilado. La Tabla 6 contiene los sistemas de titulación más usados en la actualidad (los intentos de imponer el Sistema Tex, que sería el mas sensato, no han sido del todo exitosos).

Tabla 6: Sistemas de Titulación Más Usados

Sistema de titulación / "Yarn number system"	Abreviación simbólica	Formula
Sistemas Directos		
Tex	Tt	g/Km
Denier ²¹	Td	g/9000m
Sistemas Indirectos		
Cotton (Inglés)	Nec	840 yd/lb
Métrico	Nm	m/g
Worsted	New	560yd/lb

¹⁹ Históricamente se usaron nudos para empalmar el hilado de las diferentes canillas de hilatura o retorcido y así poder formar en la enconadora paquetes más grandes de hilado para alimentar los siguientes procesos y ganar en productividad. En un tejido plano o prenda de punto un nudo no deja de ser un "defecto menor", siendo necesario que una operaria lo empuje manualmente a la parte de atrás del tejido o prenda, con el correspondiente costo. Hace pocas décadas se comenzó a substituir el nudo por el "splice". En esta tecnología se le quita la torsión a las terminaciones de los hilos a unir y las fibras, una vez sueltas, son retorcidas nuevamente generándose un empalme que pasa desapercibido en el tejido o prenda.

²⁰ Se programa en el purgador electrónico los defectos a eliminar y, cada vez que el purgador detecta uno en el hilado que pasa a través de él, se lo corta y substituye por un nudo o "splice".

²¹ Empleado fundamentalmente en la numeración de la seda, las fibras artificiales y sintéticas.

En Argentina para las fibras animales se utiliza el Sistema Indirecto Métrico. Nos circunscribiremos a este para los próximos cálculos. Un título de hilado 1/24 Nm (24 metros de hilado por gramo) es el doble de grueso que un 1/48 Nm (48 metros de hilado por gramo). El número uno delante del título nos indica que se trata de un hilo a un cabo y que, consecuentemente, no ha sido retorcido con otro o más cabos. Un 2, 3, etc., delante del título nos señala cuantos cabos han sido retorcidos juntos. Se deduce, por lo tanto, que un 3/24 Nm (8 metros de hilado a tres cabos por gramo) equivale a la misma cantidad de metros de hilado que entran en un gramo de un título 1/8 Nm (8 metros de hilado a un cabo por gramo). Normalmente, cuando el artesano se acerca a solicitar colaboración del técnico se refiere al hilado que necesita en términos que nada tienen que ver con algún sistema de numeración: “grueso”, “muy grueso”, “poco grueso”, “fino”, “delgado”, “no tan fino”, etc. El desconocimiento del Sistema Indirecto Métrico de numeración dificulta la comunicación, volviéndola estéril en algunos casos. Las torsiones por metro (T.P.M.) requeridas por el hilado a utilizar es otro misterio a descifrar: “más fuerte”, “más voluminoso”, “no tan duro”, etc. Esta negativa situación puede solucionarse con un sencillo folleto explicativo.

La finura promedio de una fibra (μm) es fundamental en la determinación del título mas fino que se puede hilar con ella (von Bergen, 1969): **“Como la hilabilidad está gobernada por la finura o diámetro de la fibra de lana, el número de fibras en la sección de un hilo peinado (“worsted system”) puede utilizarse como una medida de la capacidad de hilatura de la fibra. Durante años, el número mínimo de fibras en la sección para hilar el título peinado mas fino era 30. Sin embargo, muchos hilanderos descubrieron que el límite máximo económico se alcanza con un mínimo de 40 fibras en la sección del hilo [en hilatura cardada se busca contar con unas 120 fibras en la sección del hilo]”**. El cálculo de la cantidad de fibras en la sección de un hilo es, por lo tanto, una de las herramientas más importantes con que cuenta el hiladero. En la Tabla 7 se ilustran las fórmulas que permiten este cálculo.

Tabla 7: Fórmulas para el Cálculo de la Cantidad de Fibras en la Sección de un Hilo

Sistema Indirecto	Sistema Directo
$F_n = [C/(N \times D_2)] \times 10^5$	$F_n = (C \times D_2)/N$
$N = [C/(F_n \times D_2)] \times 10^5$	$N = (C \times D_2)/F_n$
<p>F_n = Número de fibras en la sección de hilado. N = Título del hilado. D = Diámetro de la fibra en μm. C = Factor = 9,65 para Sistema Métrico</p>	<p>F_n = Número de fibras en la sección de hilado. N = Título del hilado. D = Diámetro de la fibra en μm. C = Factor = para Sistema Tex 0,95 para 30 fibras; 1,7 para 40 fibras; 2,75 para 50 fibras; 15 para 120 fibras; y 42 para 200 fibras.</p>

Veamos un par de ejemplos usando el Sistema Métrico de titulación:

i) ¿Con una lana de 22 μm , cuantas fibras va a tener la sección de un hilo de título 48 Nm?:

$$F_n = [9,65/(48 \times 22_2)] \times 100.000 = 41,53 \text{ fibras en la sección.}$$

ii) ¿Con una lana de 22 μm , si queremos una sección de hilado con 40 fibras, que título vamos a poder hilar?:

$$N = [9,65/(40 \times 22_2)] \times 100.000 = 49,84 \text{ Nm.}$$

La Figura 44 muestra la cantidad de fibras en la sección de un hilo de título 22,1 Tex (45,25 Nm). Las mismas formulas y factores le aplican a la hilatura cardada. **En la hilatura cardada se busca contar con 120 fibras en la sección. De todas maneras cuando se trabaja con fibras muy lisas como el Mohair, Alpaca o Llama puede ser conveniente trabajar con 200 fibras.** Si respetamos las reglas expuestas para la cantidad mínima de fibras en la sección del hilado peinado o cardado vamos a ganar en productividad de hilatura²², y en la regularidad y resistencia a la tracción del hilado. Todas estas variables hacen a maximizar el valor del hilado. La cantidad de fibras especificadas para la sección de los hilados peinados y cardados fueron determinadas empíricamente. **La formula matemática de la Teoría de Martindale habilita, asimismo, el calculo del "limite de regularidad" o "regularidad ideal" y, por lo tanto, el número de fibras en la sección necesarias para alcanzarlo.**

²² Roturas de hilado en continua por mil husos hora.

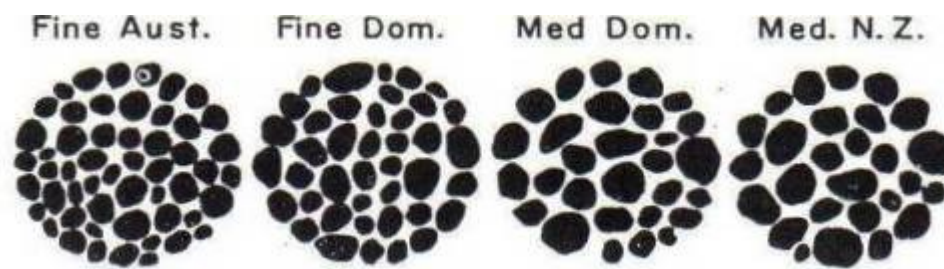


Figura 44: Sección transversal de diferentes hilados (von Bergen, 1969). Un hilado 1/22,1 Tex (1/40 New o 1/45,25 Nm) producido a partir de cuatro diferentes finuras de fibra y, consecuentemente, con diferente cantidad de fibras en la sección: Lana Australiana Fina ("Fine Australian Wool": 19,8 μ m y 53 fibras en la sección); Lana Doméstica Fina ("Fine Domestic Wool": 21,6 μ m y 41 fibras en la sección); Lana Media Doméstica ("Medium Domestic Wool": 26,1 μ m y 29 fibras en la sección); Lana Media Neozelandesa (Medium New Zealand Wool: 26,1 μ m y 27 fibras por sección) Es evidente que las lanas medias Doméstica y Neozelandesa no proporcionan la cantidad de fibras mínimas requeridas en la sección del hilado, por lo que la productividad del proceso de hilatura y la calidad del hilado va a ser necesariamente deficiente. Es evidente que el Coeficiente de Variación de finura hace a la cantidad de fibras que se puede llegar reunir como promedio en la sección del hilo.

Se entenderá ahora por que "El valor de una fibra textil está dado, fundamentalmente, por su finura promedio". Se entiende también la razón por la que hasta hace poco más de medio siglo se hablaba de la finura de la lana en función del título hilable con ella con productividad y calidad óptima. En la Tabla 9 del Anexo IV, en las columnas correspondientes a los Estados Unidos de Norte América e Inglaterra, se puede observar esta tradición. La numeración a que se hace referencia en dichas columnas es el Sistema Indirecto Worsted.

12. Valorización de las Fibras Animales.

El valor de una fibra textil está dado, fundamentalmente, por su finura promedio. Otras propiedades que hacen a establecer su cotización son: *i)* el Índice de Confort ("Prickle Factor": porcentaje de fibras de más de 32 μ (Naylor and Phillips, 1995); *ii)* la presencia o ausencia de medulación; *iii)* el crimpado; *iv)* la forma y altura de las escamas; *v)* el largo; *vi)* ciertas características particulares como la "cremosidad" (Mack, Liang and Niven, 1995) y el color natural; *vii)* el rinde al lavado; *viii)* el rinde al descerdado en fibras de especies doble capa y, por último, pero no por ello menos importante, *ix)* su identificación con un estilo de vida²³. Estas variables se complementan con la difusión e imagen que el industrial y/o comerciante le da a la fibra ("marketing"). Las fibras de los Camélidos Sudamericanos se destacan de otras materias textiles por el nivel de excelencia ocupado en todas estas propiedades. Tanto el Guanaco como la Llama nunca han sido expuestos a las técnicas del marketing.

Las fibras de Vicuña, Guanaco, Llama Fina/Superfina/Ultrafina y Cashmere Nacional facilitan el ingreso del diseño y la industria textil Argentina a los nichos comerciales de más alto poder adquisitivo del mercado internacional. Lo mismo ocurre con la Llama Mediana/Gruesa y el Mohair descerdado. Las fibras analizadas le ofrecen al diseño e industria Argentina materias primas con que entrar al mundo de las grandes marcas internacionales, o, más interesante todavía, desarrollar marcas propias para ese mercado. Es hora que el Diseño Argentino ocupe el lugar que, por mérito propio, le corresponde en ese nicho comercial. Lo mismo ocurre con nuestra industria textil: cuenta para ello con una creatividad nata y una excelente formación profesional, mano de obra superior y algunas de las materias textiles más apreciadas del planeta.

Dado el valor de las materias consideradas y nuestra actual situación socioeconómica, el mercado interno para prendas manufacturadas con estas fibras es reducido (se lo estima en miles de prendas). La perspectiva comercial se revierte notablemente cuando se mira al exterior: el mercado para prendas de lujo y alto valor es creciente. Es a ese nicho de alto poder adquisitivo que debería apuntar la exportación de materias descerdadas, y tejidos y prendas manufacturados a partir de ellas. Penetrar en ese mercado es el principal desafío.

²³ En el film "Matchpoint" (2006), Woody Allen, su director y guionista, utiliza la Vicuña para ejemplificar de manera magistral esta situación.

13. **Bibliografía.**

- Anonymous. 1952a.** The Scientist Looks at the Wool Industry: scouring II. Wool Science Review. 9: 30-43.
- Anonymous. 1952b.** The Scientist Looks at the Wool Industry: carding I. Wool Science Review. 9: 3-14.
- Anonymous. 1955.** Physical properties of wool fibres and fabrics. In: Wool Research, Vol. 2 . Ed. WIRA, pp. 205-207)
- Bateup, B. O. 1986.** Optimization of the Aqueous Scouring Process. Wool Scouring and Worsted Carding: New Approaches. CSIRO Division of Textile Industry Symposium, Geelong, Australia: 8-16.
- Bateup, B.O.; Christoe, J.R. y I.M. Russel. 1995.** Scouring wastes: a resource, not a problem. Proceedings of the 9th International Wool Textile Research Conference, Biella, Italia. 1: 171-178.
- Browne, R.J. and R.G.Pearce. 2004.** Investigation into the Basis of Down Production in Cashmere Goats and its Improvement by Genetic Means. In Andrew, J. (Ed). Proceedings Australian Cashmere Workshop, RIRDC Web-only publication no W05/041. pp8-18
- Casa Aruta, F. 1969.** Diccionario de la Industria Textil, Ed. Labor, Barcelona, p.399.
- Frank, E.N. 2001.** Estudio demográfico de los tipos de vellón y fenotipos de color en la población de Llamas argentina. En: Frank, E.N. Descripción y análisis de la segregación de fenotipos de color y tipos de vellón en llamas argentinas. Tesis de doctorado (UBA).
- Frank, E.N. 2008.** Camélidos Sudamericanos. Producción de fibra, bases físicas y genéticas. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 28, 2:119-112
- Frank, E.N., Hick, M.V.H., Prieto, A., Castillo, M.F. y E.G Aisen. 2008.** Caracterización de la calidad textil de la fibra de cabra criolla del noroeste de Neuquén. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 28 (Supl. 1): 203-204.
- Frank, E.N.; Hick, M.V.H. y Ahumada, M.R. 2007.** Clasificaciones de vellones de llamas argentinas en base a regiones corporales identificadas objetiva y subjetivamente. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 27 (Supl 1): 358-359.
- Griffin, T.F., 1957.** Practical Worsted Carding, The National Trade Press Ltd., Londres, pp78-9.
- Harker, R.P. 1959.** Some observations on the mechanism of detergency. J. Text. Inst., 50 (2): 189-222.
- Harrowfield, B.V. y J.R. Eley. 1986.** Fibre-metal tooth interaction. Wool Scouring and Worsted Carding: New approaches, CSIRO Division of Textile Industry Symposium, Geelong, Australia, pp. 44-50.
- Harrowfield, B.V; Plate, D.E.A. y J.R. Eley. 1986.** From raw wool to top. Wool Scouring and Worsted Carding: New approaches, CSIRO Division of Textile Industry Symposium, Geelong, Australia, pp. 33-37.
- Hick, M.V.H., Frank, E.N., Adot, O., Maguirre, A., Seghetti, D. y Fabbio, F. 2005.** Diferenciación de regiones del vellón de Guanaco en base a criterios de calidad textil. Rev. AAPA. Vol. 25 (Supl. 1): 367-368.
- Hick, M.V.H.; Frank, E.N.; Gauna, C.D.; Aisen, E.; Bogado, D. y Castillo, F. 2007.** Caracterización preliminar de la producción de fibra de cabras criollas del norte de la provincia del Neuquén. En: Memorias del V Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. p. 223.
- Hick, M.V.H; Molina, M.G.; Prieto, A.; Castillo, M.F. y E.N. Frank. 2008.** Calidad de lana de majadas ovinas de la Provincia de Córdoba Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 28 (Supl. 1): 201 – 202.
- Hick, M.V.H.; Lamas, H.E.; Echenique, J.; Prieto, A.; Castillo, M.F. y E.N. Frank. 2009.** Estudio demográfico de los atributos morfológicos y productivos en poblaciones de Llamas (Lama glama) de la provincia de Jujuy, Argentina. Animal Genetic Resources Information (AGRI-FAO), 45: 71-78.
- Lipson M. and U.A.F. Black. 1944.** Review of analysis of some Australian fleece wool. J. Proc. Roy. Soc. N.S.W. 78: 84-93.
- Mack Swinburn, D.J., Liang R.M. and B.E. Niven. 1995,** Development of Alpaca and Alpaca/Wool Blend Knitwear Fabrics. Actas del 9th International Wool Textile Research Conference, 2:536-544.
- McGregor, B.A. 2000.** Recent advances in marketing and product development of Mohair and Cashmere. Proc. VII International Conference on Gotas, France: 631–637.
- Naylor, G.R.S. and D.G. Phillips. 1995.** Skin Comfort of Wool Fabrics. Actas del 9th International Wool Textile Research Conference, Biella, Italia. 2: 203-209
- Phan, K.H., Wortmann, F.J. and Arns, W. 1995.** Characterisation of Cashmere. Actas del 9th International Wool Research Conference, Biella, Italia. 2: 571-579.
- PROLANA. 2010.** Sistema de Gestión de Calidad. En <http://www.prolana.gov.ar/> (Consulta 22/04/10).
- Radcliffe, J. W. 1953.** Woolen and worsted yarn manufacture. Emmott & Co. Ltd., 423 p.
- Ross, D.A. 1959.** New Zealand 48s count romney cross-bred wool. N.Z.J. Agric. Res. 2, 214-28.
- Smith, H. B. & Haile, H. 1929.** The sheep and wool industry of Australia and New Zealand. Whitcombe & Tombs, 3rd ed Melbourne, Australia. 215 p.
- Stewart, R. G. 1985.** Wool Scouring and Allied Technology, WRONZ, New Zeland.
- Townend, P.P. 1982.** Nep Formation in Carding. WIRA, Great Britain. 172 p.
- von Bergen, W. 1969.** Wool Handbook, Interscience Publishers, New York, Vol. 2, Part 1, 380 p.

Anexo I

Diccionario términos textiles

Entre comillas se encuentra la terminología utilizada internacionalmente (generalmente se usa una mezcla de inglés y francés):

“Cashmere”: “down” de la cobertura doble capa de una cabra tipo Cachemira. Existen varios tipos de cabras tipo Cachemira por ser varios los tipos de cabra doble capa que producen esta materia de calidad notable.

“Dye bath size” / Tamaño del baño de teñido: el tamaño del baño de teñido determina la cantidad de Kg de la partida de teñido. Por ejemplo, CAPEN está en condiciones de teñir a precio de lista en módulos de 50, 100, 150, 200 y 300Kg. Partidas de 25 Kg a precio de lista mas 10%, de 12 a 15 Kg mas 15%, de 6 Kg mas 20%, y de 1 Kg mas 25%.

“Dyeing” / Teñido: se tife tanto en fibra, como en hilado, tejido y prenda. Para fabricar melanges hay que teñir en fibra.

“Fibre fineness” / Finura de fibra: cuanto mas fina es una fibra, mayor es su valor ya que además de permitir hilar títulos mas finos, resulta en un hilado, y por lo tanto una prenda, con mejor tacto y que en contacto con la piel no genera escozor (**“Prickle Factor”**). La finura de una fibra se mide en micrones (se utiliza el símbolo μm para referirse el micrón. Equivale a la millonésima parte de un metro). En general, la Vicuña (**“Vicuna”**) tiene alrededor de 14 μm ; el Guanaco 16 μm ; el Cashmere 16-18 μm , el Merino Superfino, 17-19 μm , y el Ultrafino <17 μm .

“Melange”: se denomina a un hilado como “melange” cuando su colorido es el producto de la mezcla intima de dos o mas colores de fibra.

“Mohair”: es la fibra de una cabra monocapa llamada de Angora. A pesar de ser monocapa se la puede descender de manera de extraerle la fibra mas gruesa y afinarla.

“Mouline” / Mouline: se denomina a un hilado como **“mouline”** cuando se retuercen dos o mas cabos de diferentes colores. Generalmente los moulines están compuestos por dos cabos de diferente color.

“Solid colour” / color sólido o puro: se denomina un hilado como “solid”, sólido o puro, cuando todas las fibras componentes poseen el mismo color.

“Three ply” / tres cabos, “Four ply” / cuatro cabos, etc.: en el retorcido se pueden retorcer dos o mas cabos: tres cabos (“three ply”), cuatro cabos (“four ply”), etc. Ejemplo: un hilado conformado por tres cabos, cada uno de ellos título 1/24 Nm, es denominado como 3/24 Nm.

“Turns per inch” (t.p.i.) / Torsiones por metro (t.p.m.): en los países de habla castellana las cantidad de torsiones se mide por metro. Los ingleses las miden por pulgada. En general los hilados con destino a tejido plano (“woven fabrics”) llevan mas torsiones que los que tienen por destino el tejido de punto (“knitted fabrics”). Dentro de cierto limites, cuanto mas torsiones tiene el hilado, mayor es su resistencia a la tracción. Cuantas menos torsiones, mas voluminoso es el hilado y mas suave su tacto.

“Two ply” / Dos cabos: este es un hilado conformado por dos cabos retorcidos entre si en un proceso denominado retorcido (“twisting”). Un hilado a dos cabos tiene mas resistencia la tracción que un hilado a un cabo, así mismo, las fibras se encuentran mas blindadas (mas impedidas de migrar), con el resultado de una prenda con mejor “calidad al uso” o “largo de vida”. Una prenda fabricada a partir de un hilado de dos o mas cabos está menos predispueta a hacer “pilling” o a que los codos se pelen y se rompan. Una prenda de lana de calidad, y ni que hablar Cashmere, está tejida a partir de un hilado de dos (“two ply”) o mas cabos. Ejemplo: un hilado conformado por dos cabos, cada uno de ellos título 1/24 Nm, es denominado como 2/24 Nm.

Valorización de una fibra animal: El valor de una fibra textil está dado, fundamentalmente, por su finura promedio. Otras propiedades que hacen a establecer su cotización son: i) el Indice de Confort (“Prickle Factor”: para evitar escozor en la piel hay que utilizar un porcentaje de fibras de mas de 32 μ inferior al 10%); ii) la presencia o ausencia de medulación; iii) el crimpado; iv) la forma y altura de las escamas; v) el largo; vi) ciertas características particulares como la “cremosidad” y el color

natural; vii) el rinde al lavado; viii) el rinde al descordado en fibras de especies doble capa, y, por último, pero no por ello menos importante, ix) su identificación con un estilo de vida (Woody Allen: Match Point). Estas variables se complementan con la difusión e imagen que el industrial y/o comerciante le da a la fibra ("marketing"). Las fibras de Vicuña, Guanaco y Llama se destacan de otras materias textiles por el nivel de excelencia ocupado en todas estas propiedades. Tanto el Guanaco como la Llama nunca han estado expuestos a las técnicas del marketing.

"Virgin fibre / Fibra Virgen Vs. "Recycled fibre" / Fibra Reciclada o Recuperada: las fibras virgen son aquellas que provienen de la esquila del animal. Las recicladas son fibras que ya fueron convertidas en hilado y prendas, y que quienes se dedican a comprar ropa usada o el desperdicio de la industria textil, recuperan dañándolas irremediablemente. Se las detecta fácilmente mediante un microscopio. Un textil o prenda manufacturada a partir de fibra reciclada posee una vida efímera: son sinónimo de textiles de muy mala calidad (en Italia, la ciudad de Prato se especializa en este tipo de textil, en oposición a Biella que está mayormente dedicada al producto de calidad).

"Woolen spinning system" / Hilatura cardada: este es el sistema de hilatura que posee CAPEN. Se pasa de la carda directamente a la continua de hilar, sin previamente peinar la fibra. Consecuentemente, las fibras no están tan paralelizadas como en el sistema peinado, lo que le da mas volumen al hilado. Existe un falso concepto de que el hilado cardado es mas barato que el peinado. Esto no es así, particularmente, en los títulos mas finos. El sistema cardado habilita trabajar con fibras mas cortas, lo que no implica que no se pueda procesar fibras largas. Cuanto mas larga la fibra, mejor es la "calidad al uso" o "largo de vida" de la prenda. Para prendas muy caras se llega a utilizar fibras peinadas: hay que previamente romper o abrir el top ("Broken top" y "Open top").

"Worsted spinning system" / Hilatura peinada: en este sistema luego de cardar la fibra es peinada como paso previo a la hilatura. Como resultado las fibras en el hilado están muy paralelizadas. Necesariamente hay que trabajar con fibras mas largas que en la hilatura cardada. Se alcanzan títulos mas finos que en hilatura cardada.

"Yarn Number" / Título del hilado: el hilado está formado por una mecha de fibras, mas (hilatura peinada) o menos (hilatura cardada) paralelizadas, a la que se le da resistencia a la tracción (fortaleza) retorciéndolas alrededor del eje del hilado. El grosor o calibre del hilado, cuando se trabaja con fibras animales, se mide con el Sistema Métrico ("Metric Number"): por ejemplo, un hilado es denominado 1/24 Nm ("1/24 Mn") cuando 24 metros de hilado pesan un gramo. Si 48 metros de hilado pesan un gramo, se lo denomina 1/48 Nm ("1/48 Mn"). El numero 1 antes del título indica la cantidad de hebras o cabos que contiene el hilado. Los títulos precedidos por el numero 1 son hilados que poseen un solo cabo ("singles yarn").

"Z" and "S" twist / Torsión "Z" y "S": las torsiones pueden ser dadas en dirección de las manillas del reloj ("S" twist) o contrarias a estas ("Z" twist). Generalmente cuando el hilado tiene mas de un cabo, se le da en hilatura una dirección de torsión y en el retorcido la opuesta.

Anexo II

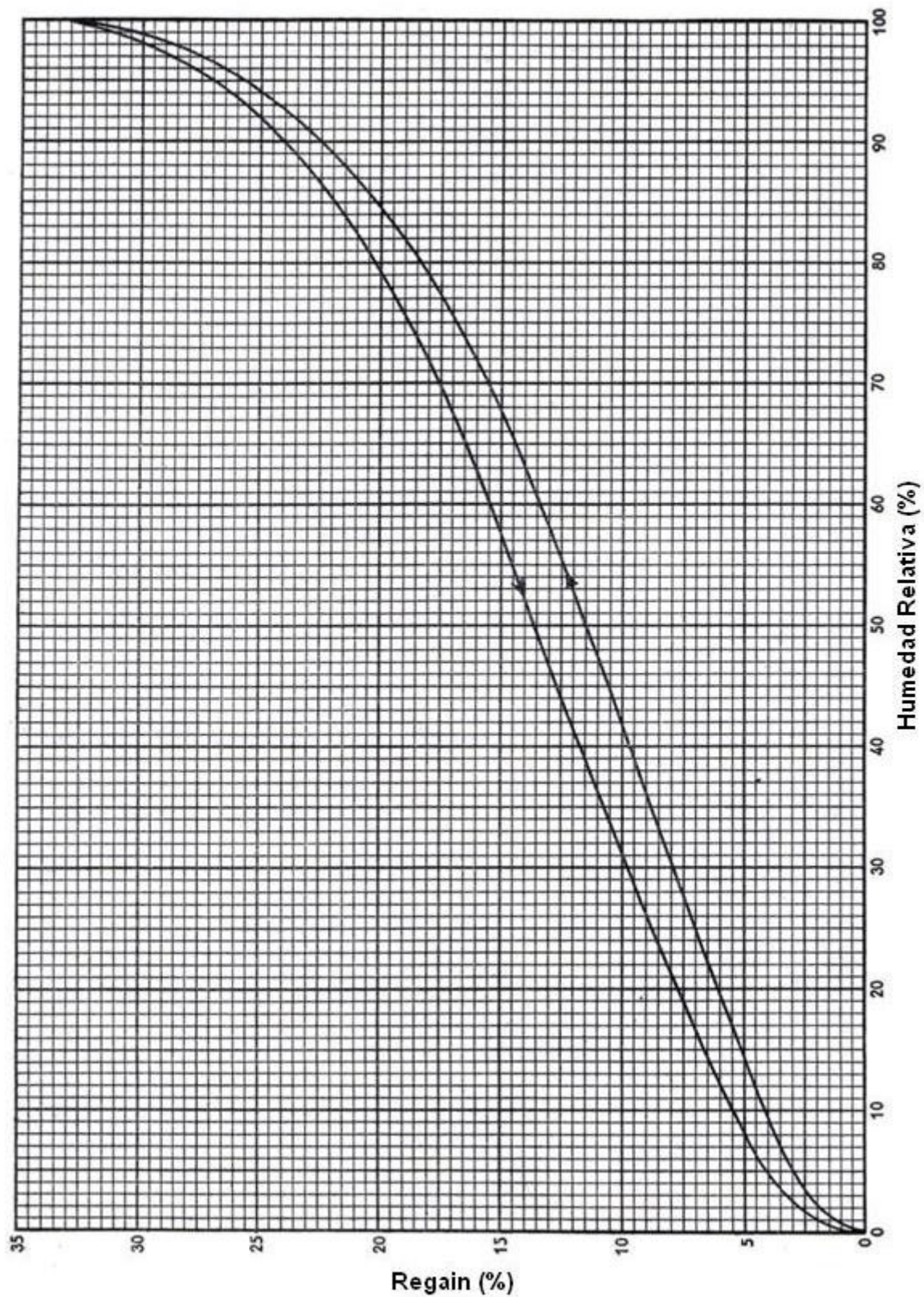


Figura 45: Relación entre la humedad relativa y el regain de la lana a 25°C (77°F) (Wool Industries Research Association (WIRA), Vol. 2 Physical Properties of Wool Fibres and Fabrics, England, 1955, p.205).

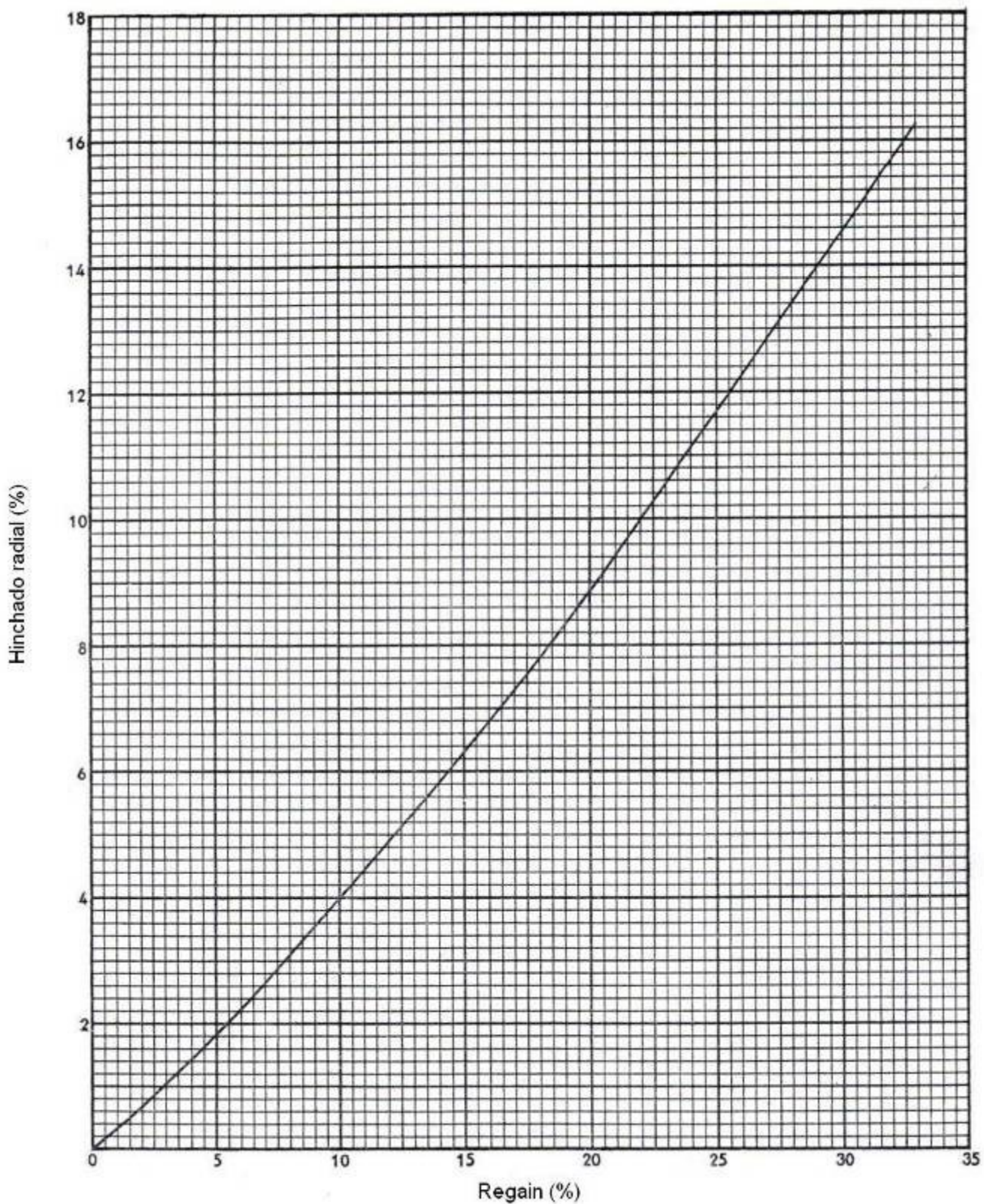


Figura 46: Hinchado radial de la lana ((Wool Industries Research Association (WIRA), Vol. 2 Physical Properties of Wool Fibres and Fabrics, England, 1955, p.207)).

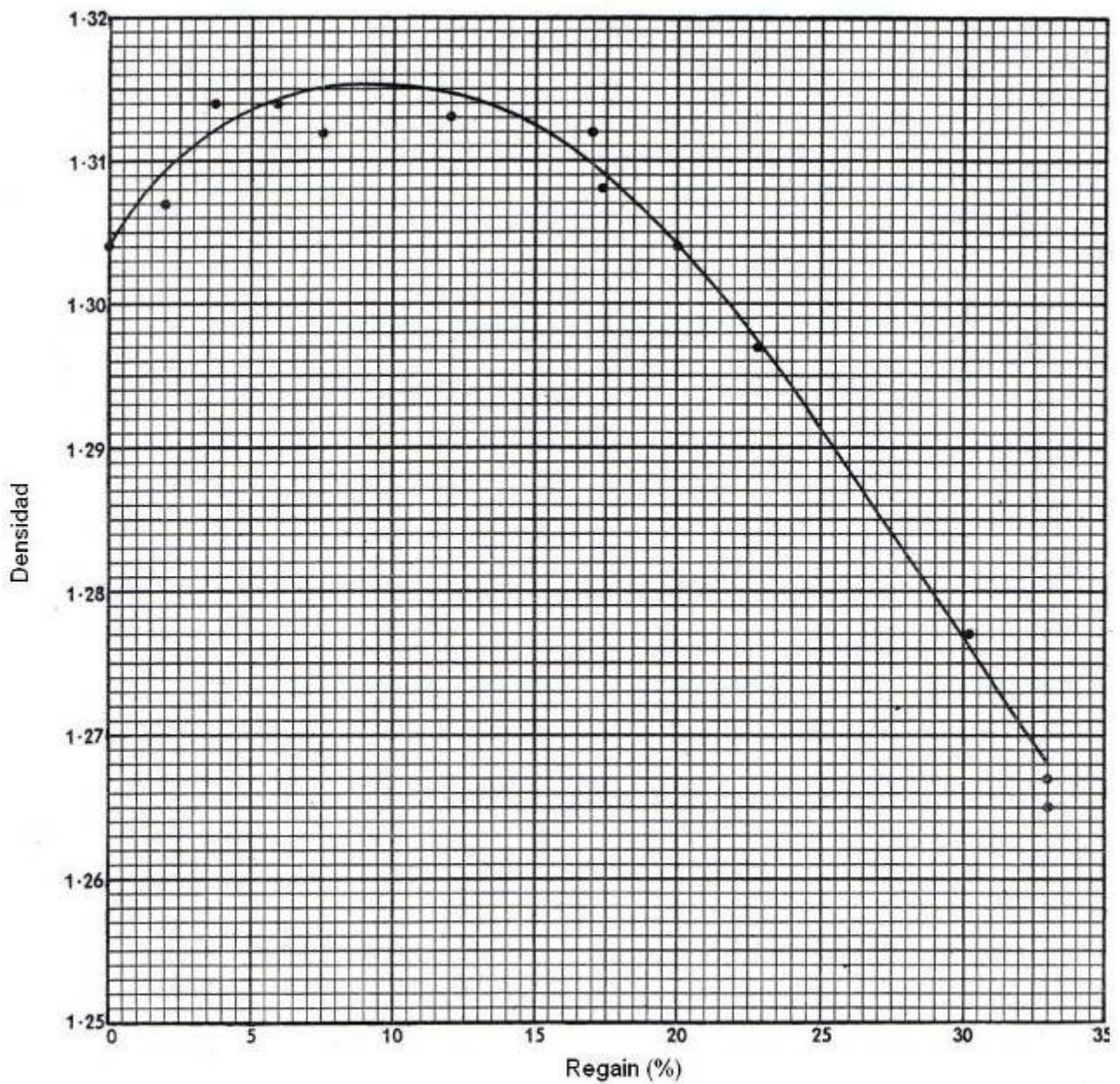


Figura 47: Densidad de la lana para diferentes Regain (%) ((Wool Industries Research Association (WIRA), Vol. 2 Physical Properties of Wool Fibres and Fabrics, England, 1955, p.206)).

Anexo III

Tabla 8: Principios básicos de la producción de “neps” en cardado (Townend, 1982).

TEMA	EXPLICACION	COMENTARIO
1) Tamaño del “nep”	El tamaño del “nep” es determinado por el encartamiento entre el “swift” y los trabajadores y el “doffer”. Cuanto mas cercano es el encartamiento, menor es el tamaño del “nep”.	
2) Origen de los “neps” en la carda	Los “neps” comienzan a formarse antes del primer “swift”. La función de los “swifts” y los trabajadores consiste en reducir su cantidad. Cuanto menor es la carga del “swift”, menor es la cantidad de “neps”.	
3) Largo de fibra	El análisis del largo de las fibras que conforman los “neps” demuestra que el 70% son menores de 20mm. Esto no implica que sea la fibra corta alimentada a la carda la que origina los “neps”. Se piensa que los “neps” se forman en la carda a partir de las fibras largas (ver Teoría de Stenerson).	
4) “Crimp” de la fibra	Cuanto mas “crimp” tiene la fibra, mayor es la propensión a la formación de “neps” (ver Teoría de Stenerson).	
5) Carga del “swift”	Dado un nivel de carga, cuanto mas rápido gira el “swift”, menor es la cantidad de “neps”.	Este principio es fundamental, ya que habilita aumentar la producción de la carda.
6) % de “grasa” residual en la fibra	A partir de un nivel mínimo de “grasa” residual en la fibra (en Manufacturas del Comahue S.A. se trabajaba con 0,3-0,4% de “grasa” residual), a mayor cantidad de “grasa”, mayor cantidad de “neps”.	No debe entrar a fábrica materia donde este parámetro de calidad no haya sido controlado
7) % de Jabón residual en la fibra	Un cierto % de jabón residual en la fibra disminuye la cantidad de “neps”, pero, a medida que aumenta el %, aumentan los “neps”.	<i>Ibid.</i>
8) Ensimajes	Hay un marcado incremento en la cantidad de neps cuando el % de ensimaje supera el 1%	Para poder evaluar la certeza de este principio primero hay que analizar los ensimajes en uso
9) “Regain”	Dentro de ciertos límites, la lana seca genera más “neps” que la húmeda. El “regain” ideal se ubica en el 25-40%.	
10) Teoría de Stenerson sobre la formación de los “neps”	La mayoría de los neps que se forman en la carda se deben a que la fibra es estirada y luego liberada (o rota).	
11) Forma guarnición	Las guarniciones de carda “ordinarias” (punta rectangular) forman con mas facilidad “neps” que las guarniciones de “punta tipo diamante” (punta triangular).	
12) Guarnido	Ashdown: obtiene resultados óptimos con trabajadores densamente poblados y “swifts” y “doffers” menos densamente poblados, es decir, guarniciones más finas en los trabajadores y más gruesas en los “swifts” y “doffers”. Grimshaw: sugiere trabajadores con guarnición flexible y swifts y doffers con guarniciones rígidas En el “doffer” es factible utilizar la guarnición más gruesa que permita una buena limpieza del “swift”. El velo de carda no presenta mayores diferencias cuando en el “swift” se substituye una guarnición mas fina por una mas gruesa.	Mantener reducido el costo de guarnir las cardas hace al negocio.
13) Diámetro alambre	El tamaño del “nep” disminuye a medida que el alambre de la guarnición es mas fino. El efecto negativo de los alambres más gruesos no es remediable en las etapas posteriores con alambres más finos.	El primer principio que uno aprende en la escuela textil sobre guarniciones es: <i>“The finer the fibber, the finer the wire”</i>
14) Rotura de fibras	La densidad de las guarniciones flexibles tiene escaso efecto sobre la rotura de fibras.	

Anexo IV

Tabla 9: Clasificación de lanas y finura de fibras de lana establecidas comparativamente (Casa Aruta, 1969).

Clasificaciones de lanas y finura de fibras de lana, establecidas comparativamente										
Diámetr:	Tex.	Nm.	España		U.S.A.	Inglaterra	Italia y Alemania	Francia	Argentina	Diámetr:
55	3,250-15									55
50	2,700-14	355	8-14				F*		6	50
45	2,250-13	425					F'		5	45
	1,870-12	500		76,5			F'		4	
40	1,560-11	600	7-13	40,5			E'			40
	1,300-10	710		44,5		40,5	E'			
35	1,100-9	850	6-12	46,5		44,5	D'		3	35
	1,000-8	1000		48,5		46,5	D'			
	0,900-7			48,5		48,5	C*		2	
30	0,750-7	1400	5-11	50,5		50,5	C'			30
	0,628-6	1700		56,5		56,5	B'			
25	0,520-5	2000	4-10	58,5		58,5	B'		1	25
	0,430-4	2360		60,5		60,5	A		Primo	
	0,360-3	2800	3	64,5		62,5	AA		Merino	
20	0,300-2	3250	2-9	70,5		64,5	AAA			20
	0,250-1	4000	1-	80,5		70,5	AAAA			
15				80,5		80,5	AAAA			15