

# Finura y su dispersión\*

por el Dr. D. José M.<sup>o</sup> Pons Casacuberta

## PRELIMINARES

En el lenguaje corriente, se entiende por «finura» de una lana, el diámetro medio de las fibras de esta lana, considerando que presentan una sección circular. En rigor, los conceptos finura y diámetro son inversos ya que se dice que la finura aumenta cuando su diámetro medio disminuye.

Hablar de diámetro medio presupone, naturalmente, el haber efectuado unas mediciones, haber analizado el lote de lana. Esta idea de someter la lana a medición es reciente ya que ha sido frecuente determinar la calidad de una lana por medios puramente sensoriales como la vista, el tacto y el olfato. Afortunadamente, estos procedimientos totalmente empíricos van desapareciendo para dar paso a técnicas nuevas y totalmente objetivas e independientes, por lo tanto, del observador.

La finura de la lana depende del poro que la produce, de forma que siendo mayores los poros de la cabeza y de las extremidades del cordero, darán en estas zonas fibras de mayor diámetro. A consecuencia de ello, no existe, pues, homogeneidad de finura dentro del mismo vellón y de ahí la necesidad de la selección o escogido de la lana a fin de igualar al máximo la finura dentro del lote.

La finura de una lana depende de cuatro causas:

- a) La raza del animal.
- b) El cruce de distintas razas.
- c) Los cuidados de la cría.
- d) Emplazamiento en el vellón.

En general, la finura y la longitud de una lana son inversamente proporcionales ya que a mayor longitud de fibra menor finura o, lo que es lo mismo, mayor diámetro.

La finura del diámetro de las fibras se expresa, en general, en micras ( $\mu$ ). Los valores entre los que oscilan las distintas lanas son de 16  $\mu$  para las más finas hasta 35  $\mu$  para las más gruesas. Sin embargo, cada día es más frecuente la expresión de la finura por el título de la fibra expresado en tex o decitex ya que por una simple división obtenemos directamente el número medio de fibras en la sección recta del hilo o mecha (n) de acuerdo con la expresión:

$$n = \frac{\text{Ntex del hilo}}{\text{Ntex de la fibra}} = \frac{10 \text{ Ntex del hilo}}{\text{Ndtex de la fibra}}$$

La importancia del conocimiento del número medio de fibras en la sección recta del hilo estriba en que su coeficiente de variación o valor Uster (U) de irregularidad viene dado precisamente en función de n.

Sobre este punto, se insistirá más adelante cuando se hable de dispersión de la finura y su influencia sobre la regularidad del hilo.

(\*) Conferencia pronunciada en el Instituto de Investigación dentro del Curso «Compra-Venta Técnica de Laas», celebrado del 6 al 10 de noviembre de 1972.

La relación entre el título en decitex y el diámetro de la fibra, se deduce fácilmente si se tiene en cuenta que se puede considerar la fibra de lana como un cilindro perfecto de igual diámetro y peso específico  $\gamma = 1'31$ , según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ndtex} = 10.000 \frac{\text{g}}{\text{m}} = 10^4 \frac{\pi d^2 \mu \cdot 100}{4 \cdot 10^8} \gamma =$$

$$\frac{\pi d^2 \mu}{4 \cdot 10^8} \gamma = 0,0103 d^2 \mu = \frac{d^2 \mu}{100}$$

En el Anexo I de estos apuntes se incluye un gráfico comparativo entre las distintas clasificaciones de lanas según los principales países productores y la finura expresada en micras y en dtex.

## IMPORTANCIA DE LA FINURA

En cualquier tipo de fibra, sus dos características físicas más importantes son siempre la longitud y la finura. En el caso particular de la lana puede afirmarse, sin lugar a duda, que de estas dos características la más importante es la finura.

Por otra parte, la importancia de la finura de las fibras en general y concretamente de la lana, estriba en dos tipos de características: características intrínsecas de la materia y características tecnológicas.

Dentro de las características intrínsecas de la materia, las lanas más finas son más apreciadas ya que sus buenas propiedades tales como el brillo, suavidad al tacto, aptitud al fieltro, etc., son más acentuadas.

En cuanto a las características tecnológicas, destaquemos en particular las dos siguientes:

a) Su «hilabilidad» o capacidad para obtener un hilo de la máxima finura posible. Se ha considerado muchas veces un coeficiente de aptitud para la hilatura, al que se ha dado generalmente una interpretación formal o geométrica de la fibra, tal como

$$\frac{\text{longitud}}{\text{diámetro}} \text{ o bien } \frac{\text{longitud}}{\text{sección}}$$

pero en el que se omiten algunas características de la fibra que tienen una influencia decisiva en su capacidad de hilatura, tal como la naturaleza de la superficie de las fibras y su coeficiente de rozamiento, la rigidez o flexibilidad de las mismas, la plasticidad o elasticidad de volumen, la dispersión de su longitud y su finura, etc. Es por ello que los ingleses, con su fuerte criterio práctico, designan las distintas clases de fibras de lana con el número del hilo más fino que puede obtenerse con ellas en el terreno industrial, encerrando así, en una simple expresión numérica, el conjunto de parámetros o características que haría falta conocer para deducir realmente su hilabilidad.

Basándonos en el anteriormente mencionado índice formal o geométrico, se comprende que, a igualdad de las demás características, las más finas tendrán una mayor hilabilidad o capacidad de hilatura. (Véase Anexo II, Curvas de Hilabilidad.)

Por otra parte y para abundar en lo anteriormente indicado, se sabe que la posibilidad de obtener un hilo está supeditada a la de que exista un número mínimo de fibras en sección, independiente de la finura de la fibra. En los hilos de lana peinada, se considera que este número mínimo de fibras oscila entre 36 y 49, según su longitud. Así pues, cuanto más fina sea la lana, menor masa lineal del hilo para el mismo número mínimo de fibras en sección y, por consiguiente, hilos más finos y de mejor calidad.

b) La suavidad del hilo. Esta suavidad no sólo depende de la suavidad propia o intrínseca de la fibra sino que viene afectada, también, por el proceso tecnológico de su obtención. En efecto, cuanto más finas sean las fibras, presentarán más superficie específica y por lo tanto mayor superficie de contacto entre dichas fibras que forman el hilo. Como consecuencia de ello, el coeficiente de torsión del mismo podrá ser más bajo, lo que se traducirá en un tacto mucho más suave que si empleáramos un coeficiente de torsión más alto (torsión mayor).

## **DISPERSION DE LA FINURA Y SU INFLUENCIA EN EL TACTO Y EN LA REGULARIDAD DE LOS HILOS**

Ya se ha indicado más arriba que el diámetro de las fibras de un mismo vellón varía según la zona de donde procedan y que ello obligaba al escogido o sorteo de las lanas.

A continuación se verá la influencia de la dispersión de la finura de las fibras en el tacto y en la regularidad de los hilos.

En cuanto al tacto, se sabe que éste depende, en gran parte, del número de extremidades libres de las fibras. Esto es lo que explica el carácter «seco» de los tejidos de lana ingleses que se fabrican con fibras largas y el tacto dulce de los hilos de lana cardada debido a su gran cantidad de extremos de fibras libres.

Se ha comprobado experimentalmente que, bajo la influencia de la torsión para fibras de igual finura, las más largas tienen tendencia a penetrar en el interior del hilo, mientras que las más cortas tienden a permanecer en la periferia.

Por el contrario, en un conjunto de fibras de gran dispersión de finura, las más finas migran hacia el interior mientras que las más gruesas y por lo tanto más largas y con menos extremidades libres se colocan hacia el exterior y en consecuencia presentarán un tacto más áspero del hilo (y del tejido).

En cuanto a la influencia de la dispersión de la finura sobre la regularidad del hilo basta tener en cuenta que, basándose en la estadística y en el cálculo de probabilidades, el matemático inglés Martindale ha establecido una fórmula teórica, relativa a la regularidad de sección, que se expresa por

$$CV_s = 100 \sqrt{\frac{1 + 4 CV_d^2}{n}}$$

siendo  $n$  el número medio de fibras de sección y  $CV_d$  el coeficiente de variación del diámetro de las fibras, expresado en forma unitaria.

Como puede comprobarse, la regularidad del hilo, dada por la fórmula anterior, es independiente del título del hilo y de la finura de las fibras pero no de su coeficiente de variación del diámetro, de forma tal que a mayor dispersión de finura mayor irregularidad del hilo o mecha obtenidos.

Para hacerse una idea más exacta de la influencia de la dispersión de la finura, véase un ejemplo numérico:

Para lotes de lana normales, se han encontrado unos coeficientes de variación del diámetro comprendidos entre 19 y 30 %. Para estos valores límites, encontraríamos unos coeficientes de variación del hilo comprendidos entre

$$CV_{\min} = 100 \sqrt{\frac{1+4 \cdot 0,19^2}{n}} = \frac{107}{\sqrt{n}} \quad y$$

$$CV_{\max} = 100 \sqrt{\frac{1+4 \cdot 0,30^2}{n}} = \frac{117}{\sqrt{n}}$$

Para lotes cuyo CV sea del orden del 50 %, valores por cierto no muy raros en peinados españoles, debidos a un escogido defectuoso, obtendríamos un  $CV_{\max}$

$$CV_{\max} = 100 \sqrt{\frac{1+4 \cdot 0,5^2}{n}} = \frac{141}{\sqrt{n}}$$

Para una misma finura media de fibras, el número mínimo de ellas en sección puede variar, según dijimos, de 36 a 49, según su longitud. Para estos valores, los CV límites serían:

$$CV_{\max} = \frac{117}{\sqrt{36}} = 19,5 \% \quad y$$

$$CV_{\min} = \frac{107}{\sqrt{49}} = 15,3 \%$$

Sin embargo, para lotes con un 50 % de dispersión del diámetro de las fibras obtendríamos:

$$CV_{\max} = \frac{141}{\sqrt{36}} = 23,5 \%$$

Comparando los CV de los lotes normales con los que presentan una dispersión exagerada puede comprobarse que el incremento de irregularidad es del orden del 25 al 50 %, aumento extraordinariamente alto para valores de irregularidad, lo que demuestra la importancia extraordinaria de la dispersión de la finura en la calidad del hilo obtenido.

Industrialmente se ha comprobado que pueden obtenerse mejores resultados con una finura media menos buena (diferencias de 0,5 a 1  $\mu$ ) pero con una mejor dispersión de la finura dentro del lote, es decir con un CV bajo.

## MEDICION DE LA FINURA

En la actualidad, los métodos de medición de la finura se dividen en dos grupos:

a) *Los métodos rápidos.*

Requeridos por la industria y que únicamente determinan el diámetro medio. A este grupo, pertenecen: el método Air-Flow (muy preciso) y el método de comparación con fotos standards de imagen aumentada de la sección transversal de las fibras.

b) *Los métodos lentos.*

Como el del microscopio de proyección, en el cual las fibras, son, en principio, medidas individualmente. Este procedimiento es largo y la preparación laboriosa, pero es el procedimiento adecuado para la apreciación de la dispersión de finura, a condición de ensayar un elevado número de fibras que representarán fielmente la media del lote (para un límite de confianza del 1 % y un grado de probabilidad del 95 %, el número de ensayos necesarios es de 2.500).

En la actualidad se ha lanzado al mercado un nuevo aparato, denominado «FIBRE DIAMETRE ANALYSER» de la Thorn Bendix Limited, que permite una preparación mucho más rápida de las fibras a ensayar, una lectura exacta de los diámetros por célula foto-eléctrica y la inscripción del correspondiente histograma de la distribución.

Este nuevo aparato del cual no tenemos ninguna experiencia aún, se le puede incluir en un grupo intermedio de los dos anteriores, ya que no solamente es un método bastante rápido sino que además da el valor medio de la finura y su coeficiente de variación o índice de dispersión.

Debe recordarse aquí que el diámetro de una fibra no es constante a lo largo de su longitud sino que varía a lo largo de la misma y que la sección recta de la misma no es necesariamente circular, sino más bien elíptica.

De los procedimientos anteriormente citados se estudiarán con algún detalle el del Microscopio de Proyección y el «Air-Flow».

## **METODO DEL MICROSCOPIO DE PROYECCION** (Extracto de la Norma publicada por la Federación Lanera Internacional)

Este método, llamado también del lanámetro, concierne a la determinación del diámetro de las fibras de la lana con el microscopio de proyección y es aplicable tanto a la lana peinada como a la cardada, así como a todos los estados de la materia sin lavar hasta el hilo.

El principio de este método es el de proyectar sobre una pantalla la imagen aumentada del perfil de pequeños trozos de fibra, medirlas y anotar las anchuras de estas imágenes por medio de una regla graduada. De estas anotaciones se deduce el diámetro medio y el coeficiente de variación mediante el correspondiente cálculo estadístico.

Para la realización de este método de ensayo es menester disponer como instrumental necesario, un microscopio de proyección y un micrómetro para el corte de los trozos de fibras.

### *Acondicionamiento, selección y preparación de las muestras*

Las muestras serán acondicionadas al estado de equilibrio en atmósfera normalizada ( $HR\ 65 \pm 2\%$  y  $20 \pm 2^\circ C$ ).

El muestreo se efectuará según el estado de la materia:

a) *Lana sucia o con grasa*: la masa total se divide en 40 zonas y se extrae una pinzada de fibras de cada zona. De cada pinzada se eliminan la mitad procurando evitar el romper fibras. De la mitad retenida se vuelve a dividir en dos partes, eliminando de nuevo una de ellas. Se continúa de igual forma hasta que en cada porción haya cerca de 25 fibras. La muestra, compuesta de cerca 1.000 fibras, se somete a un lavado consistente en dos extracciones en benceno, en éter de petróleo u otro solvente orgánico similar. La muestra se acondiciona en atmósfera normal.

Por medio de unas tijeras u otro sistema se cortan todas las fibras en trozos de 0,5 a 1 mm de longitud.

Este procedimiento es válido para muestras de laboratorio de cerca de 1 kg de lana pero no para muestras de lotes grandes, en cuyo caso debe ser hecha de acuerdo con las normas generales.

b) *Lana en cinta o mecha*: se cortan las fibras, en sección recta, en trozos de 0,8 mm para las lanas cruzadas (mayores de 27  $\mu$ ) y en trozos de 0,8 a 0,4 mm para las merinas, con la ayuda del microtomo.

c) *Lana en hilo*: una muestra representativa del hilo se bobina o pliega en una madejita de dimensiones tales que puede ser mantenida sólidamente en la ranura del microtomo. Se corta, a continuación, igual que para las mechas.

Las fibras cortadas son colocadas junto con el medio de montaje sobre el porta-objetos del microscopio de proyección colocando suavemente encima el cubre-objetos.

Después se calibra el microscopio con una escala micrométrica controlada fijándose el aumento a 500; a continuación se proyectan las imágenes de los trozos de fibras y se procede a su medición mediante una regla graduada de 5 cm de ancho.

El número de mediciones dependerá de la precisión con que queramos los resultados y de la dispersión de finura del lote. El coeficiente de variación normal de las lanas se sitúa generalmente entre 19 y 30 %. De acuerdo con esta dispersión y trabajando a un grado de probabilidad del 95 %, el número de mediciones a efectuar para distintos límites de confianza vienen dados por la siguiente

TABLA

<i>Límites de confianza al 95 %</i>	<i>Número de mediciones</i>
$\pm 1 \%$	2.500
$\pm 2 \%$	600
$\pm 3 \%$	300
$\pm 5 \%$	100

Estos valores han sido obtenidos, redondeados, a partir de la ecuación  $\pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$  siendo  $t = 1,96$  para un grado de probabilidad del 95 %,  $s$  es la desviación típica y  $n$  el número de mediciones a efectuar.

## METODO DEL «AIR-FLOW» (Norma de la Federación Lanera Internacional)

### 0. INTRODUCCION

Cuando una corriente de aire pasa a través de una masa de fibras repartida uniformemente en una cámara con fondo perforado, la relación entre el gasto de

aire (1/min) con la diferencia de presión (mm/H<sub>2</sub>O) viene únicamente determinada por la superficie total de las fibras así como por varias constantes. Esta relación puede ser obtenida a partir de las ecuaciones hidrodinámicas de Kozeny y otros autores.

Para las fibras de sección recta, circular o casi circular, y de densidad constante como la lana no medulada, la superficie de una masa dada de fibras es proporcional únicamente al diámetro medio de las fibras. Este principio (el método «air-flow») puede utilizarse para la construcción de un aparato para la medición del diámetro medio de las fibras. Debido a su rapidez y simplicidad, el método interesa particularmente para los análisis de rutina (control de calidad) en los laboratorios industriales.

Al ser el método indirecto, el aparato debe ante todo contrastarse mediante lanas de diámetro medio (finura) conocido. A este objeto, se dispone de ocho mechas de referencia (véase apéndice 5).

Se puede demostrar que la estimación del diámetro medio obtenido efectivamente por el método «air-flow» es del tipo:  $d(1 + c^2)$ , en donde  $d$  es el diámetro medio (proporcional a la longitud) obtenido por el método del microscopio de proyección y  $c$  el coeficiente de variación fraccional. Siendo los límites de  $c$  bastante estrechos para lotes puros (no ocurre lo mismo con las mezclas), se contrasta directamente el aparato en función de los valores de  $d$ .

El método exige que las fibras estén razonablemente limpias y estén dispersadas y abiertas uniformemente, como los velos de carda o las mechas de peinados. En método no interesa, pues, para la lana sucia a menos que ésta no haya sido en principio lavada y cardada. Ciertos tipos de lana pueden requerir un contraste especial, como se describe en el apéndice 4. Este método de medición proviene de un proyecto precedente, publicado por la F.L.I. en 1955 así como de los trabajos originales de Anderson y de Monfort.

## 1. CAMPO DE APLICACION

El método es aplicable a las fibras de lana limpia, no meduladas, dispersadas en un estado abierto uniformemente. Es de especial interés para las mechas peinadas. El método es igualmente aplicable a la mecha peinada con ensimaje, sin desengrasar, si el contenido de aceite es constante y si el aparato está calibrado convenientemente.

El método es menos exacto para las lanas de añinos y lanas meduladas de forma apreciable (véase apéndice 4).

## 2. DEFINICION

Muestra de Laboratorio. Muestra de fibras acondicionadas en el laboratorio, a partir de la cual serán pesadas las probetas de ensayo. En la mayoría de los casos, la muestra de laboratorio consiste en uno o más trozos cortos de mecha.

Probeta de ensayo. La cantidad de fibras situadas en la cámara de volumen constante.

## 3. PRINCIPIOS

Un peso dado de fibras a medir se comprime hasta un volumen constante en una cámara cilíndrica con fondo perforado, conectado a un medidor de caudal de aire y a un manómetro. Las fibras son comprimidas de forma tal que la mayoría debe presentar un ángulo recto con respecto al eje de la cámara. Un flujo de aire

regulado pasa a continuación a través de las fibras comprimidas; se lee el diámetro medio de las fibras en una escala colocada sobre el manómetro o sobre el medidor del caudal del aire.

## 4. APARATO

### 4.1. Nota

El aparato se describe en las dos versiones conocidas, llamadas, respectivamente, a «flujo constante» y a «presión constante».

El aparato a flujo constante emplea un peso de probeta de ensayo de 1,5 g., el medidor del caudal de aire está ajustado a un valor fijo y el diámetro medio de las fibras es leído sobre la escala del manómetro. Esta escala no es lineal, y los sucesivos intervalos equivalen a una micra, disminuyendo con el diámetro.

El aparato a presión constante utiliza un peso de probeta de ensayo de 2,5 g; el manómetro está ajustado a una presión fija y el diámetro medio de las fibras es leído en el medidor del caudal de aire. El aparato a presión constante está provisto de una escala en micras sensiblemente lineal; además el hecho de que la pesada de la probeta exige menos precisión, presenta ciertas ventajas para su utilización en la industria.

### 4.2. Partes constituyentes del aparato

El aparato comprende las siguientes partes:

(1) Una llave de aire (válvula B) que proporciona un control suficientemente preciso del suministro de aire, de forma que el nivel del rotámetro o del manómetro puede rápidamente ajustarse al valor fijado.

(2) Una bomba aspiradora de caudal regular de, al menos, 30 l/mm bajo 200 ml de agua, no provocando más que una débil fluctuación del flotador del medidor del caudal de aire. Entre la bomba y la válvula B, se puede instalar un filtro para captar las fibras extrañas.

(3) Una cámara metálica de volumen constante A, de acero duro o cualquier metal adecuado, cuyas dimensiones deben ajustarse a las especificaciones dadas.

Consiste en tres partes: la base, en la cual las fibras son comprimidas, el émbolo que comprime las fibras y la tapadera roscada que ajuste el émbolo a la base. El ajuste debe ser cuidado de forma que el émbolo deslice fácilmente en el interior de la base, sin que se claven las fibras. La base y la tapadera van provistas de una señal.

(4) Un depósito de manómetro D con líquido, como se indica en la tabla I, instalado a una altura suficiente para dar lugar a un desnivel apreciable ZH de 350 mm. en la rama de vidrio del manómetro.

El manómetro está constituido por un tubo de vidrio, de diámetro interior de menos de 5 mm., a fin de reducir los efectos de la tensión superficial. En ambos casos, se puede añadir una pequeña cantidad de colorante al líquido del manómetro, y en caso de que se emplee agua destilada, una ligera traza de ácido crómico, a fin de obtener un menisco claro. Una escala milimétrica está fijada detrás de ZH, como se describe en el apéndice 1, sección 3.1.



TABLA I

**Detalles del manómetro y del medidor de caudal de aire**

	<i>A flujo constante</i>	<i>A presión constante</i>
Diámetro mínimo del depósito	150 mm	50 mm
Líquido del manómetro	alcohol propílico normal	agua destilada
Capacidad del medidor caudal de aire	10-20 l/min	5-25 l/min

(5) Un medidor de caudal de aire como indica la Tabla V.

(6) Un tubo de goma que une el depósito del manómetro D, a fin de evitar un estrangulamiento debido a la flexión. Un tubo de goma o de plástico que une A con el medidor del caudal de aire F, de diámetro interior no inferior a 6 mm., lo más corto posible y que se evitará torcerlo o plegarlo en el calibrado del aparato y su siguiente uso.

**4.3. Balanza**

Empléese una balanza capaz de pesar la probeta de ensayo con una precisión de  $\pm 2$  mg para el método de flujo constante, o de  $\pm 4$  mg para el método de presión constante.

**5. ATMOSFERA DE ACONDICIONAMIENTO Y DE MEDICION**

5.1.

Siempre que sea posible, acondiciónese la muestra de laboratorio en equilibrio y mídase a atmósfera standard (I.S.O.) del laboratorio: 65 %  $\pm$  2 % H.R. y  $20^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ .

5.2.

Si las medidas no han sido efectuadas a atmósfera standard del laboratorio, acondiciónese la muestra de laboratorio en equilibrio cerca del aparato y anótese la humedad relativa de la atmósfera en el momento de la medición. Corrija el resultado final por el factor mencionado en el apéndice 3.

En todos los casos, la muestra debe entrar ligeramente seca en la atmósfera de medición.

Nota. Puede presentarse una causa de error si el contenido en humedad de la probeta de ensayo, cambia durante la medición. Ello puede producirse si la muestra de laboratorio no se deja durante el tiempo suficiente en el ambiente preciso para obtener la humedad en equilibrio con la atmósfera de medición. El tiempo mínimo requerido para asegurar el acondicionamiento en equilibrio de una mecha, en estado abierto y en una sala bien ventilada, es de cerca 60 minutos.

## **6. PROBETA DE ENSAYO A MEDIR**

### **6.1. Desengrasado**

En general, la muestra de laboratorio debe ser de unos 8 gramos; en principio debe estar desengrasada antes de acondicionarla mediante un buen enjuague en dos baños de 200 ml cada uno de éter de petróleo.

Si se sabe que la muestra de laboratorio ha sido peinada en seco, el contenido de grasa es inferior al 1 %, y se puede obtener la probeta de ensayo sin desengrasar.

Si se sabe que la muestra de laboratorio ha sido peinada en graso con un contenido de aceite del 3 al 4 %, se puede obtener la probeta de ensayo sin desengrase previo, con tal de que el aparato esté graduado a partir de mechas peinadas en graso.

### **6.2. Número de probetas de ensayo**

Salvo especificación en contra, mézase un mínimo de dos probetas para los lotes inferiores a 30 micras y un mínimo de tres probetas para los lotes superiores a 30 micras.

### **6.3. Muestreo**

Obténganse las probetas de ensayo de diferentes lados de la muestra de laboratorio. En el caso de una bobina, se obtendrá la muestra de laboratorio simultáneamente del corazón y del exterior de la bobina.

### **6.4. Peso de la probeta**

Este peso es de  $1,5 \text{ g} \pm 2 \text{ mg}$  para el método de flujo constante; de  $2,5 \text{ g} \pm 4 \text{ mg}$  para el método a presión constante.

### **6.5. Preparación**

Si se desea cortar la mecha, córtese con unas tijeras una longitud, de forma que se obtenga siempre que sea posible el peso de la probeta; a continuación, ajústese el peso exacto añadiendo trozos más cortos de mecha o fracciones de aquélla.

En el caso de mechas en que las extremidades no estén cortadas sino desgarradas, obténganse y sepárense unas 5 pinzadas de fibras tomadas entre los dedos; a continuación, obténganse probetas de ensayo tomando algunas pinzas sucesivas.

Se ha observado que estos dos métodos de muestreo, practicados correctamente dan los mismos resultados.

## **7. PROCEDIMIENTO DE MEDICION**

### **7.1.**

Asegúrese que el menisco del manómetro corresponda a la indicación 0 y, si fuera necesario, utilícese una galga de control como se indica en el apéndice I.

7.2.

Abrase la probeta de ensayo pesada, bajo la forma de un ancho velo delgado, y dispóngase de una manera uniforme en la cámara de volumen constante comprimiendo las fibras de vez en cuando con una varilla lisa. Insértese el émbolo y ajústese la tapadera al máximo. Si fuera necesario, aflójesela ligeramente a fin de hacer coincidir las señales.

7.3.

7.3.1.

Por el método a flujo constante, ajústese la válvula de aire hasta que el borde superior del rotámetro coincida con la marca Y; indíquese el nivel del líquido del manómetro expresado en mm. o a la 0,1 de micra más próxima.

7.3.2.

Por el método a presión constante, ajústese la válvula de aire hasta que el nivel del líquido del manómetro coincida con la marca H a 18 cm; anótese la posición del rotámetro del medidor del caudal de aire expresado en mm o a la 0,1 de micra más próxima.

7.4.

Extráigase la probeta de ensayo de la cámara de volumen constante, desentérense las fibras con las manos, colóquense de nuevo en la cámara de volumen constante, sin pérdida de fibras, ajústese el émbolo y ciérrese con la tapadera.

Anótese la lectura como antes.

7.5.

Repítase lo indicado en el apartado 7.4. hasta obtener 3 lecturas por cada probeta de ensayo.

## 8. CALCULOS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

Calcúlese la media de las 3 lecturas para cada probeta y redondéese el resultado a la 0,1 de micra más próxima.

Indíquese la humedad relativa y la temperatura de la atmósfera de acondicionamiento y medida; menciónese si el resultado ha sido corregido por la humedad relativa.

### APENDICE 1

#### Calibración del aparato

##### 1. ENSAYO DE FUGAS

Después de haber montado el aparato, retírese la tapadera y el émbolo y colóquese un tapón de goma sobre la cámara de volumen constante A. Por medio de una pinza de Hoffman ciérrese el techo de goma entre A y F, desplazamiento del menisco en el manómetro de unos 15 cm. Anótese la posición del menisco periódicamente durante algunos minutos. Si esta posición cambia el aparato presenta una fuga, que será necesario detectar.

## 2. MUESTRA DE MECHA

Se procurará una cantidad suficiente de mechas de referencia (apéndice 5) para el calibrado. Menciónese (a) el peso de la probeta de ensayo de su aparato (sea de 1,5 g. o de 2,5 g.) y (b) si se trata de mechas peinadas en graso o en seco.

## 3. GRADUACION DE LA ESCALA

### 3.1. Aparato a flujo constante

Trácese una señal horizontal  $Y$  junto a la parte alta de la escala del medidor del caudal del aire, evitando cualquier posición que dé lugar a una oscilación sensible del rotámetro. Fíjese una escala graduada en mm, detrás del manómetro, y ajústese el cero coincidiendo con el menisco del líquido. A continuación, acondiciónese y pénsese las probetas de ensayo de 1,5 g de cada muestra de mecha de referencia; médanse, siguiendo el procedimiento descrito en los párrafos 6.4. y 7 del método de medición, anotando la distancia en mm del desplazamiento del menisco a partir de cero. No deben desgrasarse las mechas antes de la medición. Médanse de esta forma tres probetas de ensayo de cada una de las mechas de referencia y calcúlese la media de 9 lecturas para cada mecha de referencia.

Sobre un diagrama ( $d, h$ ), señálense los puntos de los pares de valores  $h$  en mm (lecturas de la desviación del menisco del manómetro) y  $d$ , diámetro dado (en micras) del lote; después de una inspección para asegurar que los puntos se encuentran sobre una curva regular, determínese una relación entre  $h$  y  $d$ , por el método de los mínimos cuadrados como se indica más abajo. A partir de esta relación, prepárese una tabla de conversión en micras, o gradúese una escala en micras y fíjese detrás del manómetro.

Ajuste de los resultados por el método de los mínimos cuadrados.

La relación entre  $d$  y  $h$  es de la forma  $hb^b = \text{cte.}$ , debiéndose pasar a logaritmos para obtener una relación lineal.

Se tomará  $X = \log. d$  y  $Y = \log. h$ .

Para cada uno de los  $n$  lotes que sirven para la nivelación, se dispondrá de dos valores  $X_i$  y  $Y_i$ .

Se calcularán los siguientes términos ( $S$  es el símbolo de suma).

$$SX = X_1 + X_2 + \dots + X_n \quad SY = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n$$

$$SY^2 = Y_1^2 + Y_2^2 + \dots + Y_n^2$$

$$SXY = X_1Y_1 + X_2Y_2 + \dots + X_nY_n$$

$$Sy^2 = SY^2 - (SY)^2/n$$

$$Sxy = SXY - (SXS)/n$$

$$b = Sxy/Sy^2$$

La ecuación de regresión de  $X$  sobre  $Y$  característica del aparato se escribirá:

$$X = SX/n + b (Y - SY/n) \dots (1)$$

Por ser esta relación logarítmica, resulta conveniente construir una tabla de correspondencia entre  $h$  y  $d$ . Para ello se fijan los valores de  $h$  distanciados 5 mm. Se toman los log.  $h = Y$  en una tabla; se calcula  $X = \log. d$  por la fórmula (1) y se deduce  $d$ .

### 3.2. Aparato a presión constante

Sobre el manómetro, se señala una marca horizontal a una distancia correspondiente a 180 mm de presión de agua a partir de la marza Z del cero. Fíjese una escala graduada en mm detrás del medidor de caudal de aire F, de forma tal que el cero de esta escala coincida con una señal cero hecha junto a la base del medidor del caudal de aire. Acondiciónense y fíjense las probetas de ensayos de 2,5 g procedentes de cada muestra de mechas de referencia, siguiendo las indicaciones descritas en los párrafos 5 y 6 del método de medición, anotando la distancia (Y) del rotámetro a partir de cero. No deben desgrasarse las muestras antes de la medición. Mídanse, de esta forma, 3 probetas de ensayo de cada una de las mechas de referencia y calcúlese la media de 9 lecturas para cada mecha de referencia.

Sobre un diagrama, señálense los pares de puntos ( $d, y$ );  $y_1, y_2, \dots$  son los valores medios en mm y  $d_1, d_2, \dots$  los valores conocidos de los diámetros. Estos puntos corresponden a una relación sensiblemente lineal; se ajustará una curva de regresión de segundo grado, de  $y$  en función de  $d$ . Es suficiente determinar los coeficientes  $a, b, c$  en la ecuación:

$$y = a + bd + cd^2 \dots \dots (1)$$

que se obtienen solucionando las ecuaciones:

$$Sy = 8a + bSd + cSd^2$$

$$Sdy = aSd + bSd^2 + cSd^3$$

$$Sd^2y = aSd^2 + bSd^3 + cSd^4$$

Se empleará la ecuación (1) para graduar en micras, la escala a fijar detrás del caudal de aire.

### 3.3. Galgas de control

Se recomienda el uso de dos galgas para controlar de forma regular cada día a fin de que el aparato se conserve en buen estado de funcionamiento. Estas galgas consisten en discos de aluminio de diámetro igual al diámetro interior de la cámara de volumen constante. Estas láminas están taladradas con un agujero central. Cada disco presenta un borde que descansa, cuando se emplea, sobre la parte anular superior de la cámara de volumen constante. El diámetro del agujero central de uno de los discos se elige de forma que corresponda a una lectura de cerca 1/3 de la escala disponible del manómetro (método a flujo constante), mientras el disco está situado sobre el aparato, éste se utiliza normalmente pero sin fibras en la cámara. El diámetro del agujero central del 2.º disco se elige de forma análoga para que corresponda a una lectura de unos 2/3 de la escala disponible.

Una vez al día, las galgas se colocan en el aparato y se deja que el aire pase solamente por el agujero central; se anotan las lecturas correspondientes. Las variaciones en estas lecturas no deben sobrepasar los 2 mm y 4 mm de la escala, respectivamente, para las dos galgas. Esta forma de actuar constituye un control útil y rápido del funcionamiento del aparato, especialmente en lo concerniente a una entrada eventual de aire en el manómetro.

Es recomendable que las personas a quienes se les entregue el resultado de las mediciones, tengan alguna idea de los límites de confianza apropiados de cada media comunicada. Los límites de confianza, dependen entre otras cosas, del número de mediciones de la variabilidad de la materia, del error experimental de las diferencias entre aparatos y el nivel de probabilidad elegido. Se dispone, actualmente, de informaciones de dos importantes casos. Estos datos, resumidos más abajo, deben ser considerados a título ilustrativo y aplicables solamente al material particular medido. Para detalles más amplios, se consultarán los estudios originales.

#### *Límites de confianza «en el interior» de las muestras*

Supongamos que se recibe aproximadamente un metro de mecha para su medición, que se toman  $n$  probetas de ensayo para su pesado y medido, y que se efectúan 3 lecturas por cada una, según el procedimiento normal. Se obtendrán así  $3n$  lecturas; el hecho de que la variación debida a la compresión sea aproximadamente la misma que entre pesadas, como ha demostrado Anderson, hace que los límites de confianza al 95 % de la media aritmética sean obtenidos por la expresión:

$$\pm 1,96 \sigma / \sqrt{3n}$$

en donde  $\sigma$  es la desviación típica de  $3n$  mediciones. De los trabajos de diversos autores, se deduce que el valor de  $\sigma$  es aproximadamente de 0,2 micras para 20 micras, el cual se eleva a 0,4 micras para 30 micras.

#### *Límites de confianza entre aparatos*

Estos resultados han sido proporcionados por Monfort teniendo en cuenta la variación entre 16 laboratorios distintos, en los cuales los aparatos fueron nivelados a partir de las mismas 4 mechas de referencia. El texto de Monfort facilita los límites de confianza aplicables a una determinación por el método ordinario sobre 2 probetas de ensayo, efectuadas en uno u otro de estos 16 laboratorios.

<i>Media (micras)</i>	<i>Límites de confianza a 95 % (micras)</i>
20	$\pm 0,18$
25	$\pm 0,29$
30	$\pm 0,42$
35	$\pm 0,59$

#### *Variación en el interior de los lotes, durante la fabricación*

Hablando en términos estrictos, la variación en el interior de los lotes no tiene nada que ver con la reproductibilidad del método de medida. Sin embargo, algunas

veces es necesario tener en cuenta la variabilidad en el interior de los lotes cuando se comparan los resultados obtenidos en diferentes laboratorios; en efecto, las muestras de laboratorio pueden haber sido tomadas de diferentes trozos de un lote no homogéneo. Monfort y Mazingue y Van Overbeke han facilitado los resultados de las variaciones del diámetro medio de las fibras de las mechas de peinado a lo largo de la fabricación y han mostrado que pueden obtener diferencias significativas.

### APENDICE 3

#### Corrección de la Humedad Relativa

Como ya se ha mencionado en el párrafo 5 del método de medida, las condiciones normales son 65° HR y 20°C. Si las mediciones son efectuadas en atmósfera normal de humedad relativa conocida, se deben corregir los resultados en micras, utilizando los siguientes factores cuya aplicación ha sido comprobada por Anderson entre diámetros medios de 13 y 37 micras.

<i>Humedad relativa %</i>	<i>Factores de multiplicación a aplicar para la conversión a 65 % H.R.</i>
40	1,022
45	1,019
50	1,015
55	1,010
60	1,005
65	1,000
70	0,995
75	0,988
80	0,980
85	0,969

### APENDICE 4

#### Tipos especiales de lana

##### 1. BORRAS

Anderson ha demostrado que el método «air-flow» se puede aplicar a las borras. Sin embargo, en estas mediciones se debe tener especial cuidado en quitar todas las materias vegetales y desgrasar las muestras con éter de petróleo antes de pesar las probetas de ensayo. Se tomarán muestras de laboratorio representativas extrayendo con pinzas fibras de diferentes lados de la masa.

##### 2. LANAS DE AÑINOS

Robinet y Franck han medido muestras de lana de añinos y han coincidido en que las valoraciones del diámetro medio obtenido por el método «air-flow» han sido sistemáticamente diferentes (inferiores) a las obtenidas con el microscopio

de proyección. El aparato «air-flow» había sido calibrado a partir de mechas de lana ordinaria.

La diferencia máxima obtenida por estos autores en las valoraciones del diámetro medio por los dos procedimientos ha sido el 6,7 %.

### 3. LANAS MEDULADAS

La teoría del método «air-flow» supone que las fibras tienen un peso específico constante; de ello se deduce que, a un peso determinado de fibras de igual diámetro medio, corresponderá siempre a un mismo valor de la superficie de las fibras. Las fibras fuertemente meduladas pueden tener un peso específico considerablemente más bajo que el valor aceptado de 1,3-1,31 para las fibras de lana no meduladas. Una medición efectuada con el aparato «air-flow» sobre estas fibras meduladas, proporcionará un valor más bajo que el diámetro medido por el microscopio de proyección. Este error puede ser significativo para las fibras más corrientes que para aquellas que tienen cerca de 35 micras. Los datos siguientes, tomados de un estudio de Richards ilustran este efecto:

Peso específico g/cm <sup>3</sup>	1,31	1,29	1,27	1,25
Diámetro medio aparente («air-flow»)	35,—	34,2	33,2	32,3

### 4. FIBRAS TEÑIDAS

Robinet y Monfort han indicado las diferencias de diámetro medio aparente entre las mechas crudas y las teñidas; las mediciones han sido efectuadas por el método «air-flow». Las fibras teñidas dan valores más altos. Es probable que este efecto sea significativo para tonalidades oscuras, por ejemplo, el negro al cromo, en donde la diferencia puede llegar a ser de cerca de 0,8 micras.

## APENDICE 5

### Mechas de referencia para el calibrado

Para el calibrado del aparato «air-flow» descrito en el Apéndice 1, se dispone de muestras de laboratorio de mechas de referencia. El diámetro medio de cada mecha ha sido medido al microscopio de proyección en distintos laboratorios y se conoce exactamente.

Las mechas pueden suministrarse en dos formas (1) peinados en seco, con contenido de grasa inferior al 1 % y (2) peinados en graso, cuyo contenido en grasa está comprendido entre 3 y 4 %.

Los laboratorios convenidos pueden obtener una serie de 8 mechas de referencia dirigiéndose a:

International Wool Secretariat,  
Wool House, Carlton Gardens,  
London, S.W.1, England.



con mención de los siguientes detalles:

- (1) Muestras peinadas en seco o en graso.
- (2) Peso de las probetas de ensayo: 1,5 g o 2,5 g.

## APENDICE 6

### Corrección de la presión atmosférica y de la temperatura

Las lecturas del medidor del caudal de aire están influenciadas algo por las variaciones de presión atmosférica y temperatura.

#### 1. CORRECCION DE LA PRESION BAROMETRICA

Esta corrección ha sido establecida por Greuel, Sustmann y Henning. He aquí la marcha a seguir:

##### 1.1.

1.1.1. Calíbrese el aparato por medio de mechas de referencia, a 20°C y 65 % de H.R., a una presión barométrica próxima a la media local.

1.1.2. En los ensayos de rutina, anótese la presión barométrica si se desvía de más de 10 mm de la presión de calibrado.

1.1.3. Corrección en micras igual a:

$$-(H - G) \text{ m.d.}$$

en donde:

G = presión atmosférica durante el calibrado (mm Hg)

H = presión atmosférica dentro el ensayo (mm Hg)

d = lectura en el aparato (micras)

m = constante del aparato (1/mm Hg)

1.1.4. La constante del aparato no puede determinarse con precisión en cualquier aparato. Ajustando la válvula T, se puede reducir la presión en la cámara de volumen constante, en una cantidad indicada por el manómetro. Se efectúan las lecturas correspondientes a una serie de mechas para depresiones de 0, 20, 40, 60, 80 y 100 mm Hg, utilizando el método de flujo constante o de presión constante descrito en 7.3.1. y 7.3.2. De estos resultados se deduce el valor de m en la ecuación de corrección.

##### 1.2.

En lugar de utilizar la forma de corrección se puede proceder, por otra parte, a un calibrado del aparato según el valor de la presión atmosférica en el momento del ensayo.

## 2. CORRECCION DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

El efecto de la temperatura no puede deducirse fácilmente de la teoría, pues depende del carácter laminar o turbulento de la corriente de aire. Para eliminar la influencia de la temperatura, los ensayos deberán ser siempre realizados a la temperatura normal I.S.O. ( $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Si eso no fuera posible, se emplearán mechas normales como se indica en el párrafo 1.2.

## 3. TAMPON CORRECTOR

Se puede obtener una corrección combinada de la temperatura y de la presión barométrica empleando un tampón hueco, relleno de fibras no higroscópicas, como por ejemplo, un poliéster.

El tampón se rellena con la masa correcta (+) de fibras no higroscópicas; la parte superior del tampón está cerrada de forma permanente por una resina aplicada a una temperatura suficientemente baja para evitar la alteración de las fibras, por ejemplo,  $100^{\circ}\text{C}$ . El tampón está ajustado en el émbolo metálico del aparato «air-flow»; se hacen varias lecturas a  $20^{\circ}\text{C}$  y a una presión barométrica que no sobrepase la presión de calibrado en más de 5 mm de Hg. Sea C (micras) la media. Durante toda la serie de ensayos posteriores, se introduce el tampón y se lee la medición correspondiente. Sea T esta medida (micras). Los resultados de estos ensayos serán multiplicados por el factor  $C/T$ .

# CLASIFICACIONES DE LAMAS

$d(\mu)$  *d*tex  
(diámetro en micras) (decitex)



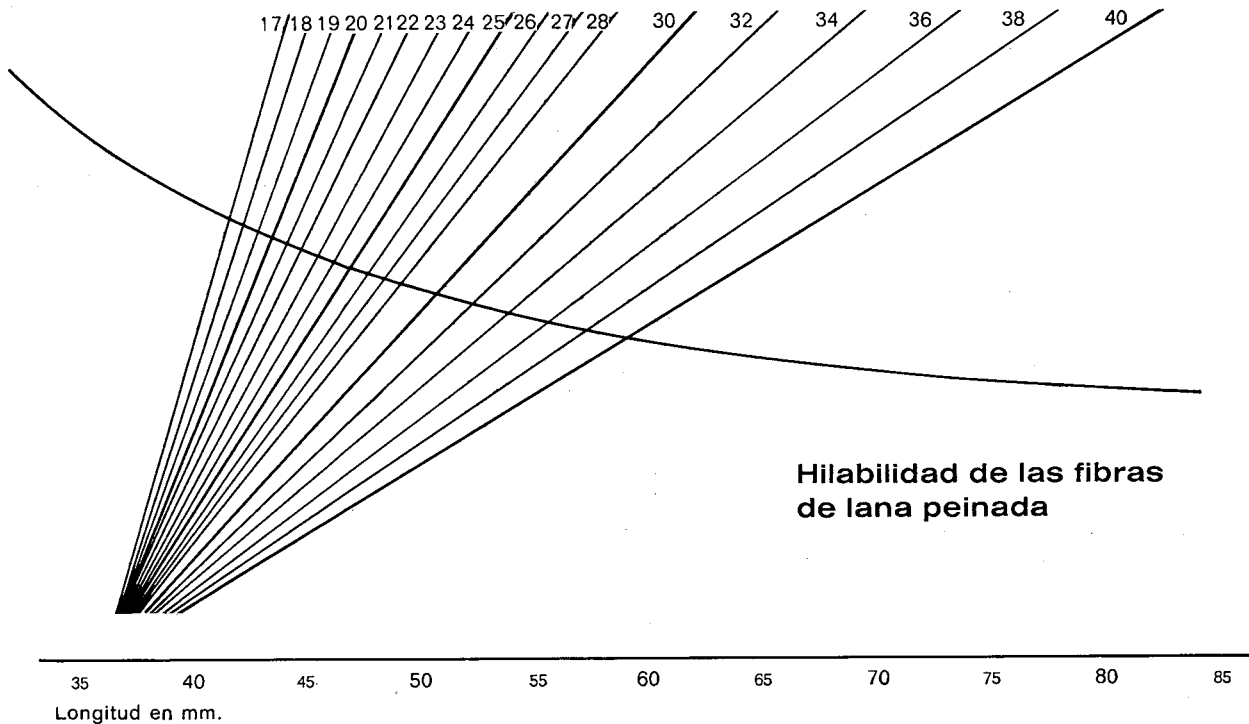
Escuela de Física Textil - ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES - TORRALCA  
ANEXO I

N.º del hilo en Tex

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

Diámetro de la fibra en  $\mu$

17/18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 30 32 34 36 38 40



**Hilabilidad de las fibras  
de lana peinada**

Longitud en mm.