NOTA DE DIVULGACION

Una interpretación decimal de la irregularidad de los hilados (*)

F. López-Amo (1)

1.- Indices de irregularidad.

Han sido Huberty y Martindale, luego de los trabajos iniciales de Spencer-Smith y Todd, los primeros en estudiar estadísticamente el problema de la irregularidad de masa de los hilados, mechas y cintas de fibras, ésto es, de lo que se puede llamar, en general, venas fibrosas, o símplemente mechas, ya que una cinta es una mecha muy gruesa y un hilado es una mecha delgada a la que se ha impartido fuerte torsión para hacerla resistente a la tracción.

Se considera como "**mecha ideal**", tipo o modelo, aquella en que las n', n'', etc., fibras que intervienen en sus distintas secciones normales (n', n'', ..., son las respectivas poblaciones seccionales de fibras), pertenecen a un colectivo de media aritmética n, que sigue una distribución de Poisson, admitiéndose que en cualquier sección, su población de n fibras presenta una misma longitud media l y una misma masa lineal media M de manera que cada fibra se comporta independientemente de las demás, y todas están orientadas axialmente. Entonces, la masa lineal de la mecha en cada sección es proporcional a su población seccional de fibras (n). En estas condiciones, por Estadística se sabe que

si $\bar{X} = \bar{n}$, $\sigma_P = \sqrt{\bar{n}}$; y que

$$CV_P = \frac{100 \cdot \sigma}{\bar{X}} = \frac{100 \cdot \sqrt{\bar{n}}}{\bar{n}} = \frac{100}{\sqrt{\bar{n}}} . \qquad |1|$$

Sin embargo, la **mecha real** no es absolutamente poissoniana: su varianza (σ^2) es superior, y su coeficiente de variación, también. En la realidad industrial se encuentra que

$$\sigma_r > \sigma_P \text{ , es decir, } \sigma_r = C \cdot \sqrt{\bar{n}} \quad (\text{siendo } C > 1);$$

y en consecuencia,

$$CV_r > CV_P \text{ , y } \quad CV_r = \frac{100 \cdot C}{\sqrt{\bar{n}}} . \qquad |2|$$

(*) Resumen de un tema de Cátedra, dentro del capítulo de Nematología.

(1) Prof. Dr. Ing. Federico López-Amo Marín. Secretario General de este Instituto. Catedrático de "Física Textil" de la E.T.S.I.I. de Terrassa.

Martindale, considerando como causa de la variación de n la dispersión de valores en la finura de esas fibras, bien por su masa lineal M, bien por su diámetro d, estableció que

$$C_a = \sqrt{1 + cv_M^2} = \sqrt{1 + 0'0001 \cdot CV_M^2} \; ; \; (cv = \frac{CV}{100}) \; ;$$

siendo $$CV_M = 2 \cdot CV_d \; ,$$

$$C_a = \sqrt{1 + 4 \cdot cv_d^2} = \sqrt{1 + 0'0004 \cdot CV_d^2} \; ,$$

y dando lugar a su conocida fórmula para el Coeficiente de Variación **accesible:**

$$CV_a = \frac{100 \cdot \sqrt{1 + 0'0004 \cdot CV_d^2}}{\sqrt{\bar{n}}} \; . \qquad |3|$$

Se estima que CV_d en los hilados de lana peinada debe ser de ~ 25%, si el "apartado" de la lana estuvo bien dirigido; y entonces, C_a = **1'12.** Pero podría ser del 30%, del 35%, del 50% y aún más; y C_a alcanzaría valores, respectivamente, de 1'17, 1'28, 1'41 y aún superiores a 1'50. En mechas y en cintas de fibras se llega en realidad a los valores de C_r del orden de 5, de 10, de 15 y hasta de 20. En hilados de algodón peinado se espera que C_a pueda ser igual a 1'06; y en los de fibras químicas largas, que pueda descender hasta C_a = 1.

Huberty simplifica un tanto el problema, y hace

$$100 \cdot C_a = K,$$

con lo que

$$CV_a = \frac{100 \cdot C_a}{\sqrt{\bar{n}}} = \frac{K}{\sqrt{\bar{n}}} \; ; \qquad |4|$$

y para los anteriores valores de C_a, los respectivos de K serían: **112**, 117, 128, 141 y 150, para hilados de lana peinada; 500, 1000, 1500 y 2000, para sus mechas y cintas; **106** para hilados de algodón peinado; y **100**, como caso límite, para los de fibras químicas.

Estos dos criterios no obstante, la realidad es que el llamado Coeficiente de Variación accesible no se alcanza en la práctica de la hilatura, y queda tan sólo como un límite deseable. El Coeficiente de Variación real de masa lineal de las venas fibrosas o mechas, determinado por los métodos y aparatos de que se dispone, resulta siempre

$$CV_r > CV_a > CV_p \; . \qquad |5|$$

A consecuencia de éste, **Monfort** propuso un índice relativo de irregularidad, comparando el CV real determinado por regularimetría, con el CV accesible calculado según Huberty o Martindale:

$$I = \frac{CV_r}{CV_a} = \frac{CV_r \cdot \sqrt{\bar{n}}}{K} \; ; \qquad |6|$$

y consideró que este índice podía oscilar entre 1 y 2 ($1 < I < 2$) para los hilados de lana peinada, estableciendo un escalado de valores para los de buena, mediana y mala regularidad. Posteriormente **Bornet**, después de realizar una encuesta con hilados de distintas materias procedentes de muchos países, propuso su nivel ("level") de irregularidad,

$$L = \frac{2 \cdot CV_r \cdot \sqrt[3]{n}}{K} \qquad |7|$$

para aquellos hilados en que n > 64 fibras, aconsejando para los de n < 64, el anterior índice de Monfort. También L > 1, e incluso puede ser L > 2.

Como antes se ha dicho, la mecha real no es absolutamente poissoniana; y puede admitirse que, en un intervalo más o menos próximo a la media aritmética de n, se aproxime mucho a una distribución normal o gaussiana. Y como en ésta, la desviación media lineal es

$$d_{ml} \simeq 0'8 \cdot \sigma,$$

se considera que el Coeficiente de Desviación U (por "unevenness") es proporcional al respectivo Coeficiente de Variación:

$$U \simeq 0'8 \cdot CV \; ; \; CV \simeq 1'25 \cdot U. \qquad |8|$$

De acuerdo con ésto, las dos anteriores expresiones pueden presentarse bajo la forma

$$I = \frac{CV_r}{CV_a} = \frac{U_r}{U_a} = \frac{CV_r \cdot \sqrt{n}}{K} \simeq \frac{U_r \cdot \sqrt{n}}{0'8 \cdot K}, \text{ y} \qquad |9|$$

$$L = \frac{2 \cdot CV_r \cdot \sqrt[3]{n}}{K} = \frac{2'5 \cdot U_r \cdot \sqrt[3]{n}}{K}. \qquad |10|$$

Pero, como se ha visto en |5| , $CV_r \gg CV_p$; también $CV_a > CV_p$, y aunque se le considere como accesible, es un límite muy difícilmente alcanzable en la práctica de la hilatura, por lo que parece razonable prescindir de él y relacionar directamente la variación real medida por regularimetría, con la variación que corresponde a la distribución de Poisson a que pertenece el colectivo de fibras. Por eso hemos propuesto como indicación de irregularidad, la **razón de variación**

$$R = \frac{CV_r}{CV_p} = \frac{CV_r \cdot \sqrt{n}}{100} = cv_r \cdot \sqrt{n}, \qquad |11|$$

que podría adoptar esta otra forma

$$R = \frac{U_r \cdot \sqrt{n}}{80}, \qquad |12|$$

sin recurrir a la $\sqrt[3]{n}$ de Bornet, y sin considerar el límite de 64 para la población seccional de fibras.

2.- Expresión de la irregularidad.

Bien se ve por la fórmula |1| o por su equivalente la |8|, por la |3| de Martindale o por la |4| de Huberty, que la variación en la masa lineal de una vena fibrosa es función, en primer lugar, de su población seccional de fibras, n, y además, de otro factor, que puede ser la homogeneidad de finura de las fibras o las circunstancias que han intervenido en el proceso de hilatura. Los índices |6| y |7| también encierran ambas variables; y el |11| o el |12|, una sola de ellas : n.

Por eso cuando, por regularimetría se determina el coeficiente de variación CV_r de una mecha o de un hilado (o su correspondiente coeficient de desviación U_r), es preciso hacer una interpretación del valor hallado para conocer si es aceptable o no. Incluso los índices I y L requieren también de esa interpretación. Los constructores de aparatos regularímetros establecieron unas tablas interpretativas en función de la naturaleza de las fibras, del título de la mecha o hilado y de la clase de proceso (o lo que es su consecuencia: la estructura de la mecha o del hilado). Pero pronto hubo que modificar esas tablas (hubo que hacerlo varias veces), porque desde el momento en que los hiladores han podido disponer de regularimetría, han ido mejorando la calidad de sus hilados; y así, los que antes pudieran considerarse como aceptables, después no han podido pasar de ser considerados como mediocres.

La firma Zellweger, de Uster, cuyo regularímetro se ha extendido por todo el mundo, después de una ecuesta general entre sus utilizadores, ha optado por asignar una posición centesimal a la irregularidad de un hilado de tal título y tal estructura (o proceso), en función de su situación comparativa con los otros hilados de la misma clase que se encuentren en el mercado. La Fig. 1 muestra un gráfico para hilados de algodón cardado (convencionales, de continua de anillos), siguiendo este criterio. La posición de las rectas del 5%, del 25%, del 50%, etc., indica que por debajo de ellas se encuentra el 5% de los hilados más regulares, el 25%, etc.; mientras que por encima, se halla la diferencia hasta 100 de los más irregulares. En la figura se han señalado dos líneas de trazos, para los hilados "open-end" a rotor. Y todavía otra inferior, que correspondería al hilado ideal, "accesible", según las expresiones que se han visto.

Pero ese criterio de Uster con sus "Statistics" no deja de ser una interpretación actual y momentánea, en función de la realidad industrial de ahora, del momento en que se ha realizado la encuesta. Y si dentro de unos años vuelve a realizarse otra y los hiladores han ido mejorando la calidad de sus hilados, habrá que cambiar la posición centesimal del haz de rectas del gráfico (como hubo que cambiar las tablas anteriores) y asignar, además, otras rectas o curvas para los hilados procedentes de las nuevas técnicas de hilatura que vayan apareciendo.

Pero es que, por otra parte, esos "Statistics" se han confeccionado a través de los hilados sometidos a ensayo, considerando su título y su coeficiente de variación, pero no la finura de las fibras que intervienen ni, en consecuencia, la población seccional de ellas en el hilado; es decir, la base de la distribución de Poisson. Y, naturalmente, si un hilado de título determinado está formado por muchas fibras finas o por pocas fibras gruesas, el coeficiente de variación accesible deberá ser más pequeño en el primer caso que en el segundo; y ésto no se refleja en los "Statistics" de Uster. Sin embargo, esta circunstancia sí que se refleja en los que, para hilados de lana, ha confeccionado la Federación Lanera Internacional.

Es por esta inestabilidad de criterio interpretativo para los valores de CV_r o de U_r, incluso para los índices I de Monfort o L de Bornet (aún concediendo mayor capacidad discriminatoria a I que a L, para valores altos de n), por lo que nos hemos decidido por adoptar la **Razón de Variación**, R, bajo sus formas |11| ó |12|. Ella compara la variación real detectada por regularimetría, con la variación que correspondería estadísticamente; y no tiene en cuenta la influencia que pueda ejercer la estructura interna de la vena, ni la que haya ocasionado el proceso de hilatura seguido. No es más, sencillamente, que una razón de variación.

Ahora bien; como los valores que puede alcanzar se extienden en un campo de variación muy extenso (desde 1'25 hasta 2'80 y más, para hilados; y muy superiores para mechas y cintas), puede convenir acotar las zonas (éstas sí que serían circunstanciales) en que se encuentran en la realidad actual, tal o cual clase de hilado, procedente de tal o cual clase de proceso de hilatura. Bajo este punto de vista, y siguiendo una idea que ya desarrolló Bornet, hemos establecido unas designaciones decimales, como se indica a continuación.

3.- Referencia Decimal de variación, o Regularidad Decimal [RD].

Limitándose exclusivamente a la irregularidad de los hilados y partiendo de nuestra **Razón de Variación,**

$$R = cv_r \cdot \sqrt{n} = \frac{U_r \cdot \sqrt{n}}{80}, \qquad |11|, |12|$$

hemos establecido una escala lineal (Fig. 2) para los valores de R comprendidos entre 1'25 y 2'80; y debajo de ella, escaqueada, otra escala que, aunque la consideramos decimal sólo tiene nueve zonas, numeradas con los dígitos 1 a 9, de amplitud progresivamente decreciente, y abiertas las dos extremas. Sus valores más altos corresponden a la mejor calidad de los hilados (a los valores más bajos de R), y se reserva el O para designar, en su caso, el desconocimiento o la indeterminación de R. Esta escala decimal es la que proporciona un índice establece de irregularidad a partir de R. Indice que, designado por [RD], hemos denominado **Referencia Decimal** de variación, o más prácticamente, **Regularidad Decimal.** Esta escala-patrón [RD] debe ser inamovible, estable. Y cualquier hilado, de la materia y título que sea y procedente de cualquier proceso, puede tener su irregularidad expresada por el índice decimal de esta escala. Una sola cifra, así, 3 [RD] ó 7 [RD], permite indicar comparativamente, la calidad, baja o buena, de cualquier hilado. La significación de estos dígitos, representativos de las distintas zonas de la escala, podría ser la siguiente:

9 excelente 8 muy bueno 7 bueno	alta calidad
6 pasable 5 mediano 4 ordinario	mediana calidad
3 malo 2 muy malo 1 pésimo	baja calidad
0 calidad desconocida	

Pero, como es sabido, los hilados normales obtenidos mediante determinado proceso (por consiguiente, con determinada estructura), alcanzan una irregularidad que, relacionada con su población seccional de fibras, queda reflejada en su Razón de Variación R, entre unos ciertos límites; y en consecuencia, su campo de variación quedaría reducido a unas pocas zonas de la escala-patrón. Por eso puede ser aconsejable establecer otras escalas particulares (muy pocas), paralelas a la escala-patrón, correspondientes a los hilados de determinada estructura o procedentes de determinado proceso. Siguiendo la idea desarrollada por Bornet, ya mencionada, y con los valores y tablas de Zellweger-Uster, hemos establecido bajo la escala-patrón (Fig. 2), las tres escalas particulares siguientes:

[RDl] para hilados peinados de lana, o de fibras químicas largas.

[RDs] para hilados peinados de algodón, o de fibras químicas cortas.

[RDc] para hilados simplemente cardados. (Aunque, en principio, algodón cardado y lana cardada dan hilados de diferente estructura, sus escalas particulares son tan próximas, que hemos decidido fundirlas en una sola).

4.- Unos ejemplos pueden ilustrar cuanto se acaba de exponer.

1.º) Sea un hilado peinado 25 tex (N_m = 40) de lana merina (4 dtex), que presenta un CV_r = 16'—%, y dondo $n = \frac{25}{0'4} = 62'5$ fibras en sección.

$R = 0'16 \cdot \sqrt{62'5} = 1'26$, que en la Escala-patrón corresponde a 8 [RD], y en la particular, a 9 [RDl].

Es, pues, un hilado excelente, que en los Statistics Uster 1982 se habría clasificado dentro del 5% de los mejores.

2.º) Un hilado cardado n.º 15 inglés (39'4 tex) de algodón indio (3'6 dtex), presenta un U_r = 14'8%, y tiene

$$n = \frac{39'4}{0'36} = 109'4 \text{ fibras en sección.}$$

$$R = \frac{14'8 \cdot \sqrt{109'4}}{80} = 1'93, \text{ que en la Escala-patrón}$$

corresponde a

5 [RD], y en la particular, a 5 [RDc].

Se trata de un hilado de calidad mediana, que en los Statistics Uster 1982 se habría clasificado próximo al 75%:

3.º) Un hilado peinado 10 tex (56'7 catalán) de algodón egipcio (1'5 dtex), tiene un CV_r = 25% y $n = \frac{10}{0'15} = 67$ fibras en sección.

$R = 0'25 \cdot \sqrt{67} = 2'05$, que en la Escala-patrón corresponde a 4 [RD], y en la particular, a 2 [RDs].

Es un hilado muy malo, que en los Stalistics Uster 1982 queda muy por encima del 95%, entre los peores de los de su clase.

Pero si este hilado, aún con el mismo CV_r = 25%, hubiera estado formado por algodón americano Coker (2'1 dtex), tendría solamente

$$n = \frac{10}{0'21} = 47'6 \text{ fibras en sección,}$$

con $R = 0'25 \cdot \sqrt{47'6} = 1'72$, que en la Escala-patrón da 6 [RD], y en la particular, 4 [RDs], no siendo en realidad tan malo como lo presentarían los Statistics.

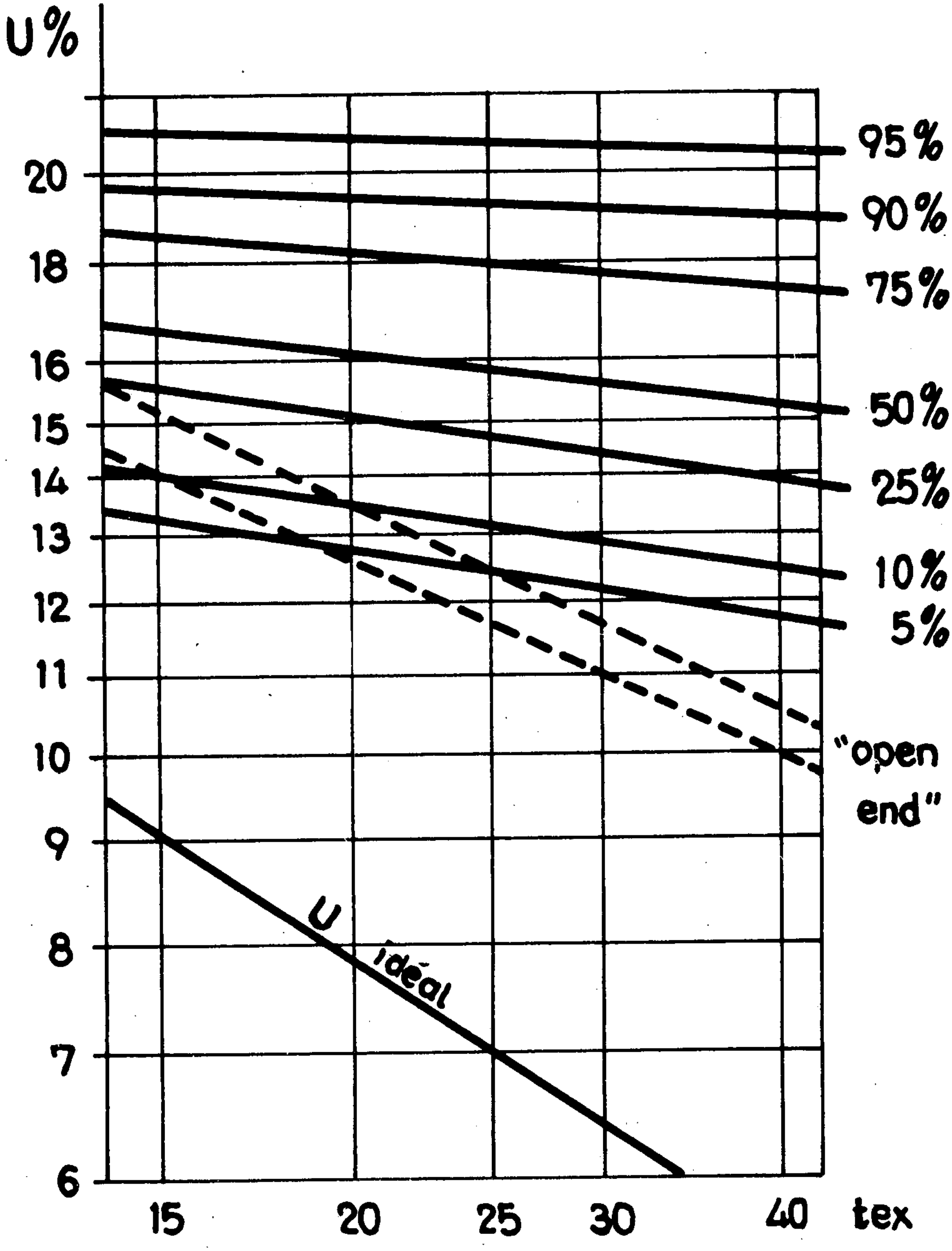

Fig. 1.- Irregularidad Uster para hilos de algodón cardado.

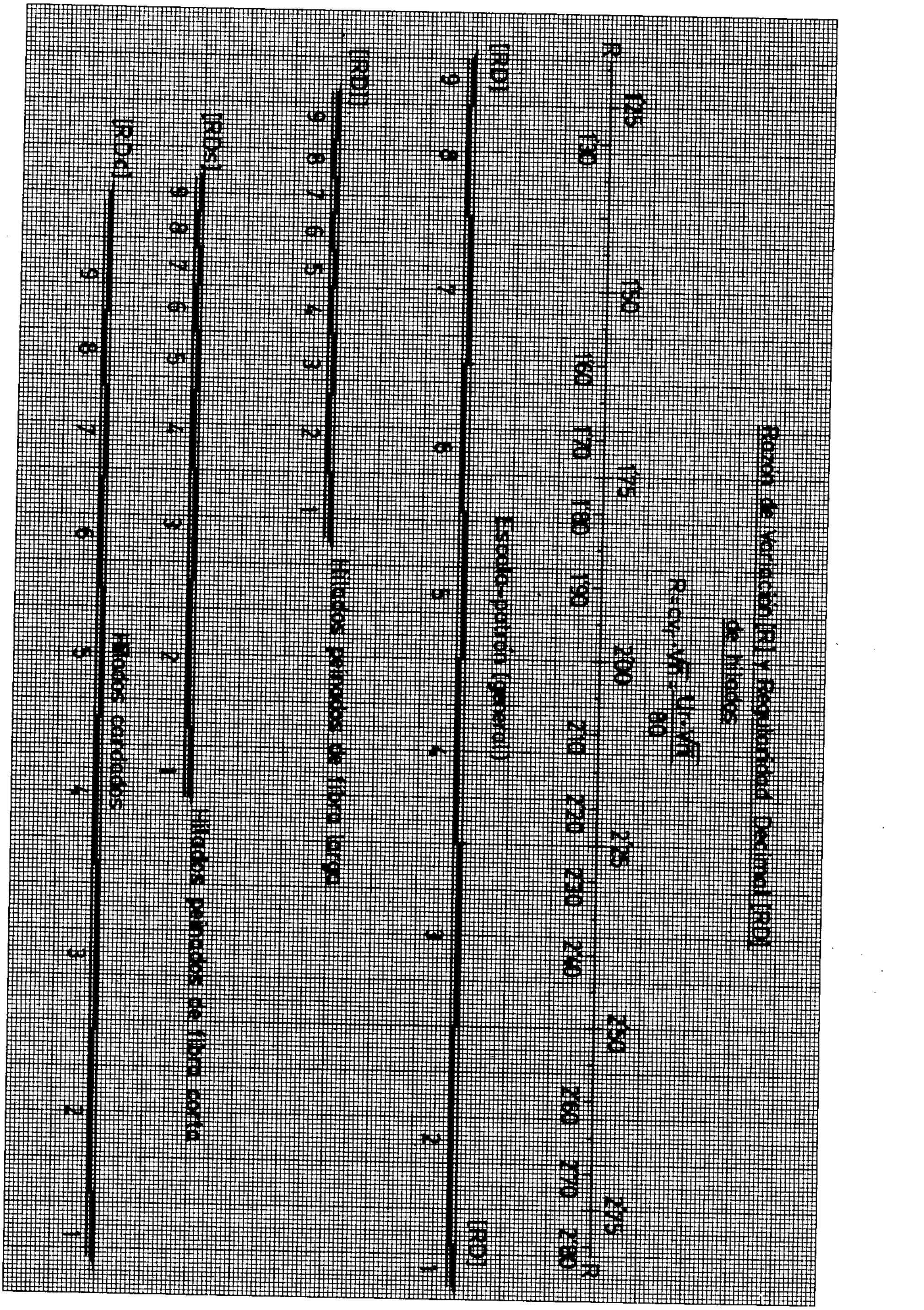

Fig. 2.- Razón de Variación [R] y Regularidad Decimal [RD] de hilados