El ensayo de la resistencia de los hilos por el procedimiento colectivo o de napa de hilos(*)

por

A. Barella

(Dr. Ing. Jefe del Departamento Textil del Patronato «Juan de la Cierva - Barcelona)

I. Introducción

La dinamometría basada en el ensayo colectivo de tracción sobre un cierto número de hilo cuenta con unos diez años de existencia, habiendo sido desarrollada principalmente en Alemania y Bélgica aun cuando, pese al tiempo transcurrido, no parece haber alcanzado una gran difusión en el terreno industrial, por lo menos fuera de estos países.

El primer aparato de este tipo parece ser el desarrollado hacia 1955 por Schumacher, descrito y comentado por Reinfeld (1) y la A.D.T. (2). El trabajo de Reinfeld, en el que se detalla la estructura del dinamómetro, llamado también de «arpa» por la disposición de los hilos en el mismo, fue completado ulteriormente por los estudios de Wilhelm y Reinshagen (4), el mismo Reinfeld (5), Borges y Meskat (6), Schenzinger (7), Nosek (8), Schön (9) (10), Bröckel (11), Waltz y Bröckel (12) (13) y el propio inventor del dispositivo Schumacher (14).

Mención aparte merece un dispositivo hasta cierto punto similar desarrollado por De Clercq (3) (15) en 1957, conocido con el nombre de aparato «Multifils». Finalmente, la firma Defraîne (16) lanzó al mercado con el nombre de «Multitex» un dinamómetro basado en un principio parecido. Actualmente puede decirse que existen en el mercado por lo menos los tres dispositivos mencionados (Schumacher, «Multifils» y «Multitex»), pese a lo cual y como ya hemos señalado, no parece haberse divulgado demasiado la utilización del dinamómetro de «arpa» (que denominaremos de «napa de hilos») en la industria, con fines prácticos.

El aparato de Schumacher (1) (2) (4) (5) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) y (14), permite ensayar simultáneamente la resistencia y el alargamiento a la rotura sobre conjuntos de 100 a 400 hilos pinzados individualmente y los resultados que suministra en forma de diagrama permiten derivar una serie de parámetros que presentan un indudable interés. Dejando aparte los valores medios de la resistencia y el alargamiento a la rotura estimados para el hilo individualmente considerado, se establece la llamada resistencia «colectiva» que corresponde a la rotura de un 5 % o un 10 % de los hilos que forman la napa a la que corresponde, a su vez, un alargamiento constante, pudiéndose variar la velocidad para producir la rotura en un tiempo dado (1).

Los resultados, como ya hemos indicado, se obtienen partiendo de un diagrama trazado por medio de un registrador sin inercia descrito por Reinfeld (5).

(*) Este trabajo resume los puntos más salientes de una investigación realizada en el Patronato «Juan de la Cierva» y la «Asociación de Investigación Textil Algodonera» (A. I. T. A.) de Barcelona. Los resultados completos han sido dados a conocer en la 16.ª Conferencia Húngara de la Técnica Textil (Budapest) y en la 37.ª Conferencia Lanera Internacional (Bruselas) en el curso del año 1967 y serán publicados «in extenso» en «Investigación e Información Textil». Han colaborado en el trabajo los Sres. A. Sust, J. Vilarnau y J. Torn.

La evaluación de los parámetros y las teorías en que la misma se basa han sido ampliamente estudiados por Wilhelm y Reinshagen (4), Reinfeld (5) y Waltz y Bröckel (13) los cuales, a su vez, han intentado aplicar el mismo principio a la dinamometría de fibras (12).

En cuanto a la aplicación práctica se refiere, se hace hincapié en dos características esenciales del dispositivo. En primer lugar su rapidez; según Reinfeld (5) se obtiene en 10 a 12 minutos igual información que en un dinamómetro de hilo individual en 210 a 214 minutos, apreciación confirmada por Schezinger (7), Schön (9) (10) y Waltz y Bröckel (13).

En segundo lugar, los estudios realizados por la mayoría de los autores citados permiten señalar la existencia de buenas correlaciones entre los resultados del dinamómetro de napa de hilos y los convencionales de hilo individual (Uster, Schopper, Zwick, etc.). Según Reinfeld (1) existe una relación casi funcional entre la carga «colectiva» y la carga media y otra distinta entre la elongación «crítica» y la elongación media. Por su parte, la resistencia «colectiva» es menor que la que corresponde al hilo individualmente considerado (1) (2) y conduce a mejores resultados, en cuanto a precisión, que la dinamometría a base de madejas (troquillón) que es también de carácter «colectivo» (8).

Se han efectuado experiencias sobre toda clase de hilos de fibras naturales y químicas y se ha comprobado su utilidad en el control de rutina en hilatura, pero siempre a base de series relativamente cortas de hilo. Ejemplos de dicha aplicación se encuentran en las referencias (1) (2) (7) (8) (9) (10) (13) y (14).

Si consideramos ahora el aparato de De Clercq (3) (16), o «Multifils» es, en realidad, una variante del anterior cuyo principal objetivo consiste en obtener el histograma de frecuencias de la carga y el alargamiento a la rotura. Trabaja sobre napas de 100 hilos a base de un gradiente de alargamiento constante que provoca la rotura progresiva de los hilos que componen la napa. Además de los histogramas antedichos, el aparato suministra diagramas cuya interpretación es ampliamente fundamentada y discutida. La aplicación práctica sobre series limitadas de hilos, ha permitido comprobar la existencia de correlaciones elevadas entre los valores de los parámetros deducidos de los resultados del aparato y los obtenidos mediante un dinamómetro de Statham de hilo individual.

Por lo que se refiere al dinamómerto «Multitex» (16) será objeto de descripción aparte por haber sido el aparato utilizado por el autor.

El propósito del presente trabajo se encamina a profundizar en el estudio de las posibilidades de utilización en gran escala del dinamómetro de napa de hilos, para lo cual un número bastante notable de hilos de algodón de distintos títulos y procedencias ha sido sometido al ensayo dinamométrico mediante el aparato «Multitex», el dinamómetro automático «Uster» y un dinamómetro para ensayos en madeja o «troquillón». Este estudio ha permitido establecer las correlaciones y regresiones existentes entre los resultados suministrados por el dinamómetro de «arpa» en sus distintos parámetros y los obtenidos mediante los aparatos de tipo convencional, en régimen de ensayo de rutina a escala industrial.

II. Aparato utilizado y ensayos efectuados

Se ha utilizado el dinamómetro «Multitex 955» (M. Defraîne, Bruselas) (16) el cual consta en esencia de un dispositivo napador que permite confeccionar rápidamente la napa a base de hilo procedente de 1 a 5 bobinas y que comporta un tambor, un tensor de hilo regulable, un cuenta-vueltas y un calibre para el corte de la banda de papel adhesivo que constituye los extremos de la napa. El ecar-

tamiento entre hilos es reglable pudiendo trabajarse hasta 200 hilos simultáneamente.

El dinamómetro en sí es de gradiente de alargamiento constante. La velocidad de tracción se puede graduar entre 40 y 300 mm/min y la capacidad del aparato a través de 13 escalas diferentes varía entre 6 Kg y 150 Kg (debe tenerse en cuenta que este dinamómetro puede ser también utilizado para tejidos).

El aparato suministra los resultados gráficamente. Del diagrama obtenido se pueden determinar: la primera rotura, la resistencia máxima, colectiva o eficaz de la napa de hilos, así como los alargamientos a la rotura correspondientes. Además, mediante trazados gráficos sobre el diagrama obtenido se pueden calcular los valores medios de la resistencia y el alargamiento y según la casa constructora sus respectivos coeficientes de variación (16). También se pueden obtener curvas de histéresis.

El aparato lleva un dispositivo fotográfico complementario para registrar los alargamientos compuesto de una lámpara especial que proyecta la imagen del hilo hasta su rotura sobre un papel sensible que se revela después con vapores de amoníaco.

Como ensayo de comprobación ulterior, una vez realizada la rotura de la napa de hilos (en 4 minutos según el constructor) se puede determinar el título del hilo cortando éste a ras de las bandas y pesando el hilo recuperado (normalmente 50 m si se efectúa el ensayo sobre 100 hilos a la vez) en un cuadrante adecuado. También puede determinarse el grado o aspecto de los hilos analizados mediante la inspección visual de la napa antes de romperla.

Para más detalles sobre el aparato y la interpretación de los diagramas obtenidos, el lector puede acudir a la referencia (16).

Las experiencias se han efectuado sobre 46 lotes de hilos de algodón de número comprendido entre 14 y 50 catalán (40 tex a 11 tex). De cada lote se tomaron al azar 5 bobinas que fueron sometidas a los ensayos siguientes:

a) Resistencia troquillón mediante un aparato convencional de péndulo. Se efectuaron 30 ensayos por lote.

b) Resistencia y alargamiento a la rotura a base de hilo individual mediante el dinamómetro automático «Uster». Se efectuaron 200 ensayos por lote. La interpretación de los resultados (medias y coeficientes de variación) se realizó según las instrucciones del constructor.

c) «Multitex»: Se trabajó sobre dos napas de 100 hilos cada una obtenidas con las 5 bobinas de cada lote de hilo. La interpretación de los diagramas se efectuó según las instrucciones del constructor en lo que respecta a los cálculos de la media y el CV de los parámetros considerados.

Como puede observarse, las experiencias se han efectuado tal como se hubieran hecho en fábrica en régimen de control industrial lo que implica la inclusión, en los resultados obtenidos, de la variabilidad total compuesta, como es sabido, por la variabilidad inter e intra bobinas. Por esta razón los resultados son representativos del comportamiento de los distintos aparatos en la industria y las conclusiones deducidas mucho más válidas desde el punto de vista práctico, que las halladas a lo largo de la mayor parte de los trabajos descritos en la bibliografía previa, llevados a cabo con una sola bobina y con un número de hilos mucho más reducido.

Las experiencias fueron realizadas en atmósfera standard (65 % $\pm$ 2 R · H = y 20 $\pm$ 2°C) previo estacionamiento de los hilos en dicha atmósfera durante 48 horas.

III. Resultados obtenidos y comentarios

Llamemos:

R_M = Resistencia «Multitex» media
R_{MC} = » » colectiva
R_{M1} = » » 1.ª rotura
R_U = » «Uster» media
R_{U1} = » » 1.ª rotura
R_T = » «troquillón» media
V_{RM} = Coef. Variación «Multitex» media
V_{RU} = » » «Uster» media
A_M = Alargam. rot. «Multitex» media
A_{MC} = » » » colectiva
A_{M1} = » » » 1.ª rotura
A_U = » » «Uster» media
A_{U1} = » » » 1.ª rotura
V_{AM} = CV » » «Multitex» media
V_{AU} = » » » «Uster» media

Los resultados se han expresado en g/tex para la tenacidad en todos los casos. En el del ensayo colectivo «Multitex» la resistencia correspondiente se ha reducido a hilo unitario y lo propio se ha hecho en el caso de la prueba troquillón, no oplicando, en este último, corrección alguna. Los alargamientos y los coeficientes de variación vienen expresados, como es usual en %.

La tabla I muestra los coeficientes de correlación y las ecuaciones de regresión.

Se han expresado asimismo, la significación estadística de los coeficientes de regresión respecto de los valores teóricos.

Veamos ahora los resultados a que nos conduce el análisis efectuado:

1. Tenacidad

a) *Comparación entre las distintas pruebas con el aparato «Multitex»*

Este instrumento permite hallar directamente sobre un diagrama la resistencia correspondiente a la primera rotura R_{M1} y la colectiva de la napa de hilos R_{MC} reducida a hilo unitario. Por medio de un trazado gráfico se determina la resistencia media R_M.

Cuando se compara la resistencia colectiva con la media se observa una buena correlación. Al analizar la regresión obtenida observamos que la resistencia colectiva, como era previsible, es sistemáticamente menor que la media.

La correlación es del orden de 0,90 lo que corrobora las apreciaciones de Reinfeld (1) si bien con menos optimismo que este último.

Si ahora comparamos la resistencia mínima (a la primera rotura) y la colectiva observamos una correlación más elevada que en el caso anterior. Como es asimismo previsible, la resistencia a la primera rotura es sistemáticamente menor que la resistencia colectiva de modo significativo.

El estudio comparativo de la resistencia a la primera rotura y la resistencia media pone de manifiesto, como es natural, un considerable desplazamiento de la primera en relación con la segunda, sistemático y significativo.

Estos resultados conducen, de hecho, a conclusiones perfectamente lógicas y que no suscitan un comentario especial ya que confirman, en sus líneas generales, los resultados de estudios precedentes realizados con dinamómetros de «napa» de otros tipos.

TABLA I

Correlación entre	*Coeficiente correlación*	*Sign.º*	*Ecuaciones de regresión*	*Significación de la regresión* $t\alpha$	*Sign.º*	$t\beta$	*Sign.º*
R_{MC} y R_M	0,896	1 %	$R_{MC} = 0{,}87\ R_M - 0{,}21$ $R_M = 1{,}06\ R_{MC} + 1{,}18$	3,56	0,1 %	3,34	0,5 %
R_{MC} y R_{M1}	0,931	1 %	$R_{MC} = 0{,}98\ R_{M1} - 0{,}90$ $R_{M1} = 0{,}88\ R_{MC} + 2{,}24$	11,43	0,1 %	0,35	no
R_{M1} y R_M	0,962	1 %	$R_{M1} = 0{,}85\ R_M - 1{,}08$ $R_M = 0{,}94\ R_{M1} + 3{,}47$	11,46	0,1 %	1,80	10 %
R_{MC} y R_U	0,923	1 %	$R_{MC} = 0{,}84\ R_U - 0{,}23$ $R_U = 1{,}01\ R_{MC} + 2{,}15$	3,—	0,1 %	2,48	2,5 %
R_M y R_U	0,911	1 %	$R_M = 0{,}92\ R_U + 0{,}56$ $R_U = 0{,}90\ R_M + 1{,}67$	5,75	0,1 %	1,23	2,5 %
R_{M1} y R_U	0,876	1 %	$R_{M1} = 0{,}84\ R_U - 1{,}34$ $R_U = 0{,}91\ R_{M1} + 4{,}20$	13,82	0,1 %	2,48	2,5 %
R_{M1} y R_{U1}	0,765	1 %	$R_{M1} = 0{,}81\ R_{U1} + 1{,}99$ $R_{U1} = 0{,}72\ R_{M1} + 2{,}31$	14,59	0,1 %	1,91	10 %
R_{MC} y R_T	0,943	1 %	$R_{MC} = R_T + 0{,}97$ $R_T = 0{,}89\ R_{MC} + 0{,}17$	14,19	0,1 %	—	no
R_M y R_T	0,956	1 %	$R_M = 1{,}12\ R_T + 1{,}64$ $R_T = 0{,}82\ R_M - 0{,}57$	23,80	0,1 %	2,25	5 %
R_{M1} y R_T	0,922	1 %	$R_{M1} = 1{,}03\ R_T - 0{,}42$ $R_T = 0{,}83\ R_{M1} + 1{,}72$	7,47	0,1 %	0,40	no

TABLA I (continuación)

Correlación entre	*Coeficiente correlación*	*Sign.º*	*Ecuaciones de regresión*	*Significación de la regresión* $t\alpha$	*Sign.º*	$t\beta$	*Sign.º*
A_{MC} y A_M	0,914	1 %	$A_{MC} = 0{,}97\ A_M - 0{,}83$ $A_M = 0{,}86\ A_{MC} + 2$	24,37	0,1 %	3,08	0,5 %
A_{M1} y A_{MC}	0,853	1 %	$A_{M1} = 0{,}99\ A_{MC} - 0{,}83$ $A_{MC} = 0{,}74\ A_{M1} + 2{,}41$	13,41	0,1 %	0,51	no
A_{M1} y A_M	0,898	1 %	$A_{M1} = 0{,}82\ A_M - 0{,}56$ $A_M = 0{,}98\ A_{M1} + 2{,}08$	10,74	0,1 %	12,10	0,1 %
A_{MC} y A_U	0,608	1 %	$A_{MC} = 0{,}40\ A_U + 3{,}68$ $A_U = 0{,}90\ A_{MC} + 1{,}55$	42,67	0,1 %	48,46	0,1 %
A_M y A_U	0,737	1 %	$A_M = 0{,}52\ A_U + 3{,}83$ $A_U = 1{,}04\ A_M - 0{,}49$	47,34	0,1 %	41,33	0,1 %
A_{M1} y A_U	0,565	1 %	$A_{M1} = 0{,}44\ A_U + 2{,}48$ $A_U = 0{,}73\ A_{M1} + 3{,}35$	26,15	0,1 %	40,90	0,1 %
A_{M1} y A_{U1}	0,405	1 %	$A_{M1} = 0{,}23\ A_{U1} + 4{,}41$ $A_{U1} = 0{,}72\ A_{M1} + 2{,}03$	40,02	0,1 %	9,74	0,1 %
V_{RM} y V_{RU}	0,423	1 %	$V_{RM} = 0{,}24\ V_{RU} + 4{,}84$ $V_{RU} = 0{,}76\ V_{RM} + 4{,}89$	24,83	0,1 %	26,86	0,1 %
V_{AM} y V_{AU}	0,405	1 %	$V_{AM} = 0{,}40\ V_{AU} + 4$ $V_{AU} = 0{,}41\ V_{AM} + 6{,}38$	20,64	0,1 %	38,42	0,1 %

b) *Comparación entre el «Multitex» y el «Uster»*

Aquí nos hallamos, ya dentro de un terreno de mayor interés puesto que comparamos los resultados de dos aparatos distintos, uno a base de gradiente de alargamiento constante («Multitex») y el otro a base de gradiente de carga constante («Uster») y ensayo unitario. Esta sola consideración ya nos señala que los resultados no pueden, en principio, coincidir. Veamos lo que ocurre para los distintos valores de la tenacidad «Multitex» en relación con la media «Uster», que es el parámetro que usualmente se toma en consideración cuando se utiliza este aparato.

La comparación de la resistencia «Uster» con la «Multitex» colectiva demuestra una buena correlación siendo, como es lógico, menor la segunda que la primera, sistemática y significativamente.

Cuando son las respectivas resistencias medias las que se comparan se observa que la «Uster» es sistemática y significativamente más alta que la «Multitex». La correlación es elevada, del orden de 0,90. Ello concuerda bien con los datos que usualmente se admiten cuando se comparan aparatos de gradientes de carga constante y de gradiente de alargamiento constante. Si hay algo que objetar es que esta diferencia, en favor del aparato de gradiente de carga constante, es menor que el que usualmente se admite.

La comparación de la tenacidad «Uster» media con la «Multitex» primera rotura acusa, naturalmente, las condiciones de ensayo. La correlación es, sin embargo, algo menor (por debajo de 0,90).

Comparando finalmente las primeras roturas «Multitex» y «Uster» nos hallamos ya de entrada, con un coeficiente de correlación moderado (0,76) más bajo que el que corresponde a las demás comparaciones entre los dos aparatos.

Es de señalar que en algunos casos la primera rotura «Multitex» no corresponde al hilo más débil sino que se rompe primero el que tiene menos alargamiento lo cual puede o no coincidir con la menor resistencia. Ello justifica el hecho de que la correlación hallada sea menor que lo que cabía esperar.

En resumen puede decirse que la relación existente entre el ensayo «Uster» y el «Multitex» en sus distintas modalidades es el que cabría esperar de antemano. Las correlaciones son elevadas, en general, y lo único que aparece como señalable es que la diferencia inherente a los principios de funcionamiento de los aparatos respectivos es menos acusada que lo que podría suponerse «a priori» cuando se comparan, las resistencias medias.

c) *Comparación entre el ensayo «Multitex» y el troquillón*

Se trata de una comparación asimismo interesante por cuanto el ensayo de resistencia troquillón es, de hecho, una prueba colectiva muy difundida que es importante contrastar con otra prueba de igual naturaleza como es la «Multitex».

Cuando se comparan los resultados obtenidos con el «Multitex» resistencia colectiva y la resistencia troquillón, la correlación obtenida es muy elevada (del orden de 0,95), si bien el aparato «Multitex» tiende a dar valores más elevados que el dinamómetro de troquillón de modo sistemático y significativo.

Si la comparación de la resistencia troquillón se efectúa con el valor «Multitex» medio se verifica una gran diferencia a favor del «Multitex» como era de esperar visto el resultado anterior. La correlación continúa siendo elevada (del mismo orden que la anterior).

Pasando a considerar la resistencia «Multitex» primera rotura y la resistencia troquillón observamos que ambos valores casi coinciden en la zona experimental siendo ligeramente mayor la resistencia troquillón. De hecho, esta circunstancia

viene a demostrar que la resistencia troquillón se asimila bastante a la resistencia correspondiente a la primera rotura y que si bien es algo superior a la misma, la diferencia es poca aunque significativa desde el punto de vista estadístico.

El coeficiente de correlación es sólo ligeramente inferior a los dos anteriores (entre 0,90 y 0,95). Resumiendo podemos decir que en la comparación entre los resultados del ensayo «Multitex» y troquillón, se observa una casi coincidencia entre la primera rotura «Multitex» y la resistencia troquillón, moviéndose los demás valores en la forma previsible. Cabe señalar, sin embargo, que no se acusa muy claramente la diferencia entre la índole de los aparatos en cuanto a funcionamiento.

2. Alargamiento a la rotura

a) *Comparación entre los distintos ensayos «Multitex»*

Cuando se comparan los alargamientos a la rotura, medio y colectivo, en el caso del ensayo «Multitex», se observa una alta correlación y que el valor medio es sistemática y significativamente más elevado que el colectivo. También aquí se confirman las apreciaciones de Reinfeld (1). Cuando se comparan los valores mínimo o de primera rotura y colectivo, la correlación desciende ligeramente, siendo de todas formas sistemáticamente menor el valor correspondiente a la primera rotura, como ya era de esperar. Finalmente, el alargamiento medio es sistemáticamente más alto que el correspondiente a la primera rotura.

En resumen, no se ha puesto de manifiesto ninguna circunstancia especial en este caso.

b) *Comparación del ensayo «Multitex» con el «Uster»*

La divergencia de los alargamientos a la rotura determinados con ambos aparatos es digna de mención, las correlaciones puestas de manifiesto no pasan de moderadas (del orden de 0,50 y 0,70).

Comparando el alargamiento «Multitex» colectivo con el «Uster» se observa que para valores pequeños del parámetro considerado el aparato «Uster» da alargamientos más débiles que el «Multitex», pero bien pronto ocurre una inversión y en la mayoría de casos es el «Multitex» que suministra los valores más pequeños lo que sería lógico dado que se trata del alargamiento correspondiente a la prueba colectiva el que se compara con el valor medio «Uster».

Pero análogo fenómeno ocurre cuando se comparan ambos valores medios: sobrevaloración del «Multitex» para alargamientos débiles y subvaloración para alargamientos elevados, en relación con los valores «Uster», bien entendido que hablamos en términos generales ya que, como hemos señalado, la correlación no pasa de ser moderada. Y también ocurre lo mismo para la primera rotura.

Cuando se comparan, finalmente, las primeras roturas «Multitex» y «Uster» la correlación es francamente baja (del orden de 0,40), observándose una sobrevaloración por el «Multitex» de los alargamientos débiles e invirtiéndose el fenómeno para alargamientos más elevados, tendencia que hemos visto repetida en todos los casos de comparación «Multitex»-«Uster». En este caso de comparación de aparatos, es evidente que debemos contemplar la presencia de una causa sistemática que produce la caída del coeficiente de correlación y la desviación considerable del ángulo de la línea de regresión.

3. Coeficiente de variación

Al pasar al coeficiente de variación es donde las discrepancias entre los dos aparatos («Multitex» y «Uster») se acentúan; las correlaciones son muy mediocres (del orden de 0,40).

En general el «Multitex» subvalora considerablemente el CV de la tenacidad en relación con el aparato «Uster» ocurriendo lo propio, aunque en menor escala, para el CV del alargamiento.

No hay, pues, una relación clara entre los coeficientes de variación según estén determinados a partir de los resultados del «Multitex» o bien del «Uster». No hay duda de que, en parte, esta falta de correspondencia puede ser atribuida al procedimiento gráfico utilizado en los dos casos para estimar el CV en especial el trazado recomendado por la firma «Multitex» que no parece conducir a resultados satisfactorios. Dicho trazado implica también una imprecisión aunque menos acusada, en la determinación de las medias, lo que puede contribuir a entorpecer las correlaciones de estos parámetros con los equivalentes para otros aparatos.

4. Nueva teoría de la interpretación de los parámetros a partir de los gráficos del «Multitex»

Como se ha indicado en los apartados anteriores, existen diversos parámetros específicos de los dinamómetros de ensayo colectivo cuya determinación es inmediata y no requiere ningún cálculo especial. Dichos parámetros (resistencia y alargamiento colectivos y a la primera rotura) realmente parecen tener una utilidad práctica muy considerable en el control de fábrica con vistas a la calificación de la resistencia de los hilos y su posible comportamiento en tisaje, sobre todo en casos comparativos.

Menos fácil resulta la transposición de los parámetros de la napa de hilos a los clásicos de la dinamometría referida al hilo individualmente considerado, sobre todo los coeficientes de variación de la resistencia y del alargamiento a la rotura y en especial el primero. Las técnicas propuestas por el constructor no dan resultados satisfactorios según acabamos de demostrar y parecen obedecer a normas establecidas empíricamente sin basarse en un estudio estadístico detallado del problema.

Apresurémonos a añadir que una reconversión exacta y un cálculo preciso de los coeficientes de variación a partir de los datos suministrados por el «Multitex» no parece factible. Lo que si lo es una estimación «aproximada» de los mencionados parámetros, de tal modo que la correlación existente entre los valores hallados mediante el «Multitex» y los determinados por dinamometría convencional alcance unos valores suficientemente elevados. Veamos el razonaminto básico que ha servido para el establecimiento de interpretación que propugnamos.

Se basa el nuevo procedimiento en la combinación de la curva obtenida mediante el «Multitex» con la representación heliográfica de las roturas de los hilos. Esta última constituye una ayuda considerable para interpretar correctamente la primera.

Si las roturas de los hilos se produjeran en forma escalonada y suficientemente espaciada, el gráfico de la fig. 1 a) acusaría cada una de las roturas, de tal forma que se sabría exactamente el número de hilos que habían resistido cada uno de los sucesivos esfuerzos proporcionados por el dinamómetro. (El ejemplo corresponde a un hilo de lana peinada, pero con uno de algodón se operaría de igual modo).

Pero, por lo general, en dichas curvas no se aprecian bien estas roturas, por lo cual se necesita la ayuda del heliógrafo para contar cuántos hilos resisten los esfuerzos correspondientes a cada punto de la curva.

Buscar los valores del esfuerzo y los hilos que lo resisten, después de cada una de las roturas de los 100 hilos de la napa es prácticamente imposible. También resulta complicado hallar los valores de la resistencia del hilo individual a intervalos de clase equidistantes. Por ello se ha pensado buscar unos valores indicativos de la forma de la rotura a base de comparar los puntos medios o centros de clase

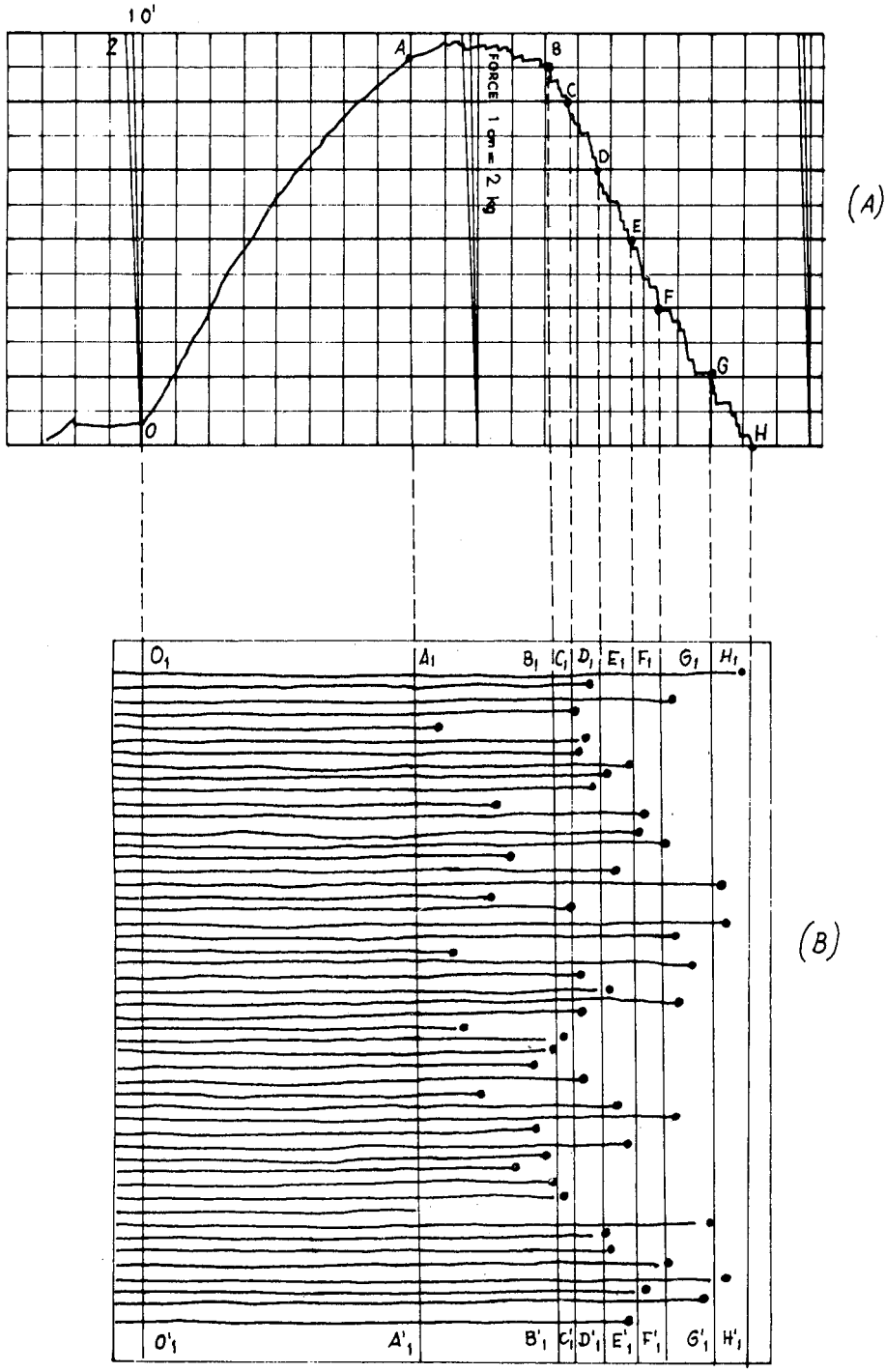
10'
Z
A
B
C
D
E
F
G
H
O
FORCE 1 cm = 2 kg
(A)
O1
A1
B1
C1
D1
E1
F1
G1
H1
O'1
A'1
B'1
C'1
D'1
E'1
F'1
G'1
H'1
(B)

Fig. 1

de unos intervalos de esfuerzo equidistantes con el número medio de hilos que resisten durante estos intervalos de esfuerzo.

De estos pares de valores pueden deducirse los parámetros que se obtienen en los dinamómetros de hilo sencillo, o sea la resistencia y alargamiento a la rotura medios y sus respectivos coeficientes de variación.

Veamos cómo se realiza la idea expuesta anteriormente. Aprovechando el cuadriculado del papel del gráfico «Multitex», se señala la intersección de la curva con las líneas horizontales del mismo a partir de la primera rotura. La ordenada de cada punto de intersección equivale a una fuerza que depende de la propia magnitud y del muelle utilizado en el aparato.

Estos puntos de intersección delimitan en sí unos intervalos de clase relativos a la resistencia cuyo centro corresponderá a la ordenada media (centro del intervalo) afectada por la constante dependiente del muelle utilizado. Por otra parte, este esfuerzo viene equilibrado por un número de hilos que se calcula por diferencia entre los existentes al principio del intervalo y los que resisten al final del mismo.

A cada uno de estos centros de clase en la escala de los esfuerzos corresponde un centro de clase en la escala de los alargamientos que se utilizará para los cálculos relativos a este último parámetro.

A señalar, pues, los puntos de intersección de la curva con las líneas del diagrama se marcarán especialmente los correspondientes a la primera rotura y a la ordenada máxima (resistencia máxima de la napa). Así, en la fig. 1 a) se han tomado los intervalos AB, BC, CD, DE, EF y EG.

La consideración de estos puntos singulares conduce a veces a la aparición de dos clases cuyos intervalos no son equidistantes como en el resto.

Los valores en g de las ordenadas correspondientes a los centros de clase pueden tenerse calculados de antemano según el muelle empleado y según la cuantía del intervalo.

Cada uno de los límites de las clases se trasladan a la representación heliográfica (fig. 1 b) haciendo que el origen de los alargamientos coincida en ambos gráficos. En el de la curva (fig. 1 a) este origen sigue la recta inclinada O1 ú O2 según se emplee la escala natural a la doble escala para los alargamientos (posiciones de los topes 1 y 2 respectivamente). En el del heliógrafo (fig. 1 b) coincide con una recta O_1 O_1' perpendicular a la imagen de los hilos. Así, las distancias horizontales de la recta O1 a los puntos A, B, C, etc. (fig. 1 a) serán las que se tomarán a partir de O_1, A_1, O_1 B_1, etc. del heliograma.

La recta O_1 O_1' origen de los alargamientos se traza haciendo coincidir las primeras roturas del heliograma y la curva.

Una vez trazadas las rectas AA'_1, BB'_1, etc., se puede contar fácilmente el número de hilos rotos dentro de cada clase. De esta forma podremos construir una tabla, en la que se anotan los siguientes valores:

Columna 1. Clases AB, BC, CD ———————— F.G.
» 2. Número de hilos rotos en cada clase (frecuencias).
» 3. Fuerza total referida al centro de cada clase.
» 4. Número de hilos sin romper en cada clase referido al centro de la misma.
» 5. Centros de clase de la resistencia del hilo unitario (columna 3/ columna 4).
» 6. Centros de clases del alargamiento.

Al llegar a este punto es necesario, antes de proseguir el razonamiento, comentar algunos pormenores relativos a la distribución estadística de la resistencia a la rotura referida al hilo unitario cuando se utiliza el aparato «Multitex».

En primer lugar, cabe distinguir si el ensayo se realiza utilizando una sola husada o varias. En el primer caso, es corriente que la distribución obtenida representando la curva de frecuencias acumuladas a través de los datos de la tabla (columna 2 y 5, previa la acumulación de las frecuencias de la primera) difiera poco de la ley normal. Cuando ello ocurre así, es fácil mediante papel guasso aritmético y a través de la recta de Henry correspondiente, estimar la media y el coeficiente de variación por los medios habituales en este caso (valor de la resistencia para la probabilidad 50 % para la media y determinación de la desviación tipo partiendo de los valores para las probabilidades 16 % y 84 %).

Pero no siempre ello acontece y es frecuente la aparición de bimodalidad y aún polimodalidad debida a alguna o algunos de los factores antes mencionados u otros (diferencias de título en el interior de la bobina o irregularidad de mediano período, diferencias de tensión en la napa, etc.).

Cuando se trabaja con varias bobinas es fácil observar este fenómeno debido, además de las causas que acabamos de citar, a la existencia de una posible heterogeneidad entre bobinas. Entonces no es fácil estimar el coeficiente de variación ni aún la resistencia media.

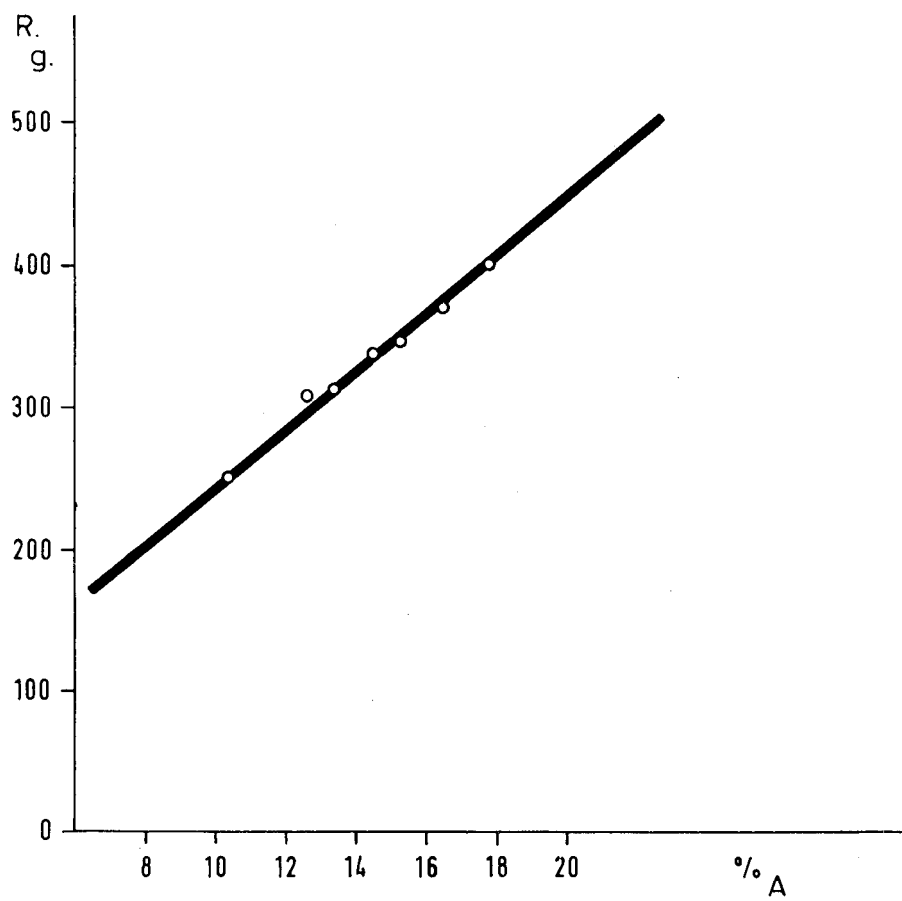

Fig. 2

Estas consideraciones han aconsejado efectuar la estimación del coeficiente de variación por otros medios que permiten una determinación si bien sólo aproxi-

mada, lo suficientemente correlacionada, en la práctica, con el mismo parámetro calculado a partir de los datos del aparato «Zellweger».

Para ello se supone la existencia de una relación funcional de tipo lineal entre la resistencia y el alargamiento a la rotura. Es sabido que esta suposición no es rigurosamente cierta en la práctica y que lo que sí existe es una correlación más o menos elevada entre ambos parámetros. En las experiencias efectuadas los coeficientes de correlación hallados fueron: para el algodón: 0,75, para la lana peinada: 0,81 y para la lana cardada: 0,69. Cuanto más elevadas sean las correlaciones existentes más aproximadas serán también las estimaciones propuestas por este método.

Trazando gráficamente esta correlación (fig. 2), a partir de las columnas 5 y 6 de la tabla, se observa que la mayoría de los puntos se alinean según una recta, aunque en ciertos casos, los que corresponden a las mayores resistencias se apartan de la alineación. Se traza la recta prescindiendo de los puntos que discrepan más y se establece una correlación para los centros de clase de las resistencias adoptando para éstos los valores que según la recta trazada corresponden a los alargamientos tabulados en la columna 6 de la tabla. Así se llega al establecimiento de una segunda tabla, en la que figuran las frecuencias de la columna (2) de la primera tabla, las frecuencias acumuladas correspondientes, los centros de clase de la columna 5 de la primera tabla y los centros corregidos del modo que se acaba de indicar.

Partiendo de los centros de clase corregidos y de las frecuencias acumuladas, se traza entonces la distribución en papel gausso aritmético (fig. 3) y sobre la recta de Henry se calculan la media y la desviación-tipo por los procedimientos habituales, hecho lo cual se calcula fácilmente el coeficiente de variación.

Para los alargamientos a la rotura se propone una corrección consistente en determinar los valores exactos de dicho parámetro directamente en el gráfico del heliógrafo para los puntos correspondientes al 16 % y el 84 %. Esta corrección afecta bastante menos los resultados que la que acabamos de señalar para la resistencia.

5. Comprobación experimental de la nueva modalidad de interpretación

a) *Hilos de algodón*

Para verificar la eficiencia de la modalidad de interpretación que acabamos de describir, se estudiaron las correlaciones obtenidas entre los aparatos «Multitex» y «Zellweger» automático para 20 hilos de algodón abarcando una buena gama de títulos (12 a 45 tex). Se ensayó una bobina por hilo.

Los resultados se hallan tabulados en la tabla II.

El análisis estadístico y la notación empleados son idénticos a los del apartado III.

Puede observarse (y ello queda resumido en la tabla III) que, mientras la correlación entre las resistencias medias se mantiene más o menos alrededor de 0,90 como cuando se utiliza el método de cálculo propuesto por el constructor, se ponen de manifiesto mejoras sustanciales en las correlaciones relativas al alargamiento medio y, sobre todo, a los coeficientes de variación, los cuales ahora alcanzan correlaciones de alrededor del 0,80 para el CV de la resistencia y 0,70 para el CV del alargamiento lo que permite ya, en cierto modo, establecer comparaciones que antes eran totalmente imposibles.

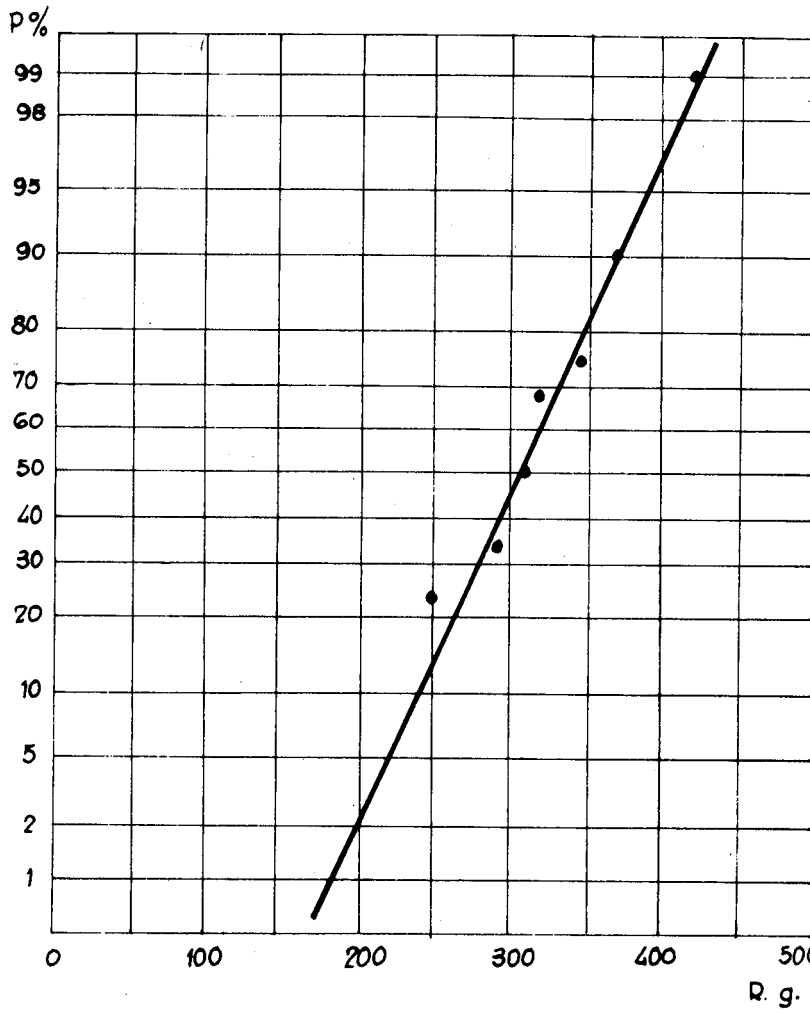

Fig. 3

b) *Hilos de lana peinada*

. Véase la tabla IV.

TABLA II

Correlación entre	*Coef. correl.*	*Sig-nif.*	*Ecuaciones regresión*		*Significación regresión* *t*	*sig.*	*t*	*sig.*
R_M - R_U	0,885	1 %	R_M — 0,88	R_U + 1,38	6,13	0,1 %	1,—	10 %
			R_U — 0,87	R_M + 1,71				
A_M - A_U	0,821	1 %	A_M — 0,83	A_U + 0,85	9,49	0,1 %	1,24	10 %
			A_U — 0.81	A_M + 1,90				
V_{RM} - V_{RU}	0,780	1 %	V_{RM} — 0,84	V_{RU} + 1,64	4,95	0,1 %	0,97	10 %
			V_{RM} — 0,72	V_{RM} + 2,47				
V_{AM} - V_{AU}	0,685	1 %	V_{AM} — 1,35	V_{AU} — 3,04	6,97	0,1 %	1,69	10 %
			V_{AU} — 0,35	V_{AU} + 5,13				

TABLA III

Parámetros comparados (Multitex-Zellweger)	*Modalidad cálculo* *Multitex (I)*	*Nueva*
Resistencia media	0,911	0,885
Alargamiento medio	0,737	0,821
CV resistencia	0,423	0,780
» alargamiento	0,405	0,685

TABLA IV

Correlación entre	*Coeficiente correlación*	*Signif.*	*Ecuaciones de regresión*	*Significación de la regresión*			
				t	*Signif.*	*t*	*Signif.*
R_M - R_U	0,90	1 %	$R_M = 1{,}30\ R_U - 1{,}74$ $R_U = 0{,}63\ R_M + 2{,}10$	25,10	0,1 %	2,84	5 %
R_M - R_T	0,86	1 %	$R_M = 1{,}30\ R_T + 0{,}86$ $R_T = 0{,}57\ R_M + 0{,}43$	7,55	0,1 %	1,63	no
R_{MC} - R_T	0,87	1 %	$R_{MC} = 1{,}02\ R_T + 0{,}77$ $R_T = 0{,}75\ R_{MC} + 0{,}26$	7,63	0,1 %	0,12	no
R_{M1} - R_{U1}	0,53	1 %	$R_{M1} = 0{,}69\ R_{U1} + 1{,}98$ $R_{U1} = 0{,}41\ R_{M1} + 1{,}45$	12,23	0,1 %	1,19	no
R_{M1} - R_T	0,74	1 %	$R_{M1} = 0{,}92\ R_T + 0{,}88$ $R_T = 0{,}60\ R_{M1} + 1{,}06$	7,14	0,1 %	0,40	no
A_M - A_U	0,92	1 %	$A_M = 1{,}02\ A_U - 0{,}20$ $A_U = 0{,}83\ A_M + 1{,}80$	0,89	0,1 %	0,20	no
A_{M1} - A_{U1}	0,62	1 %	$A_{M1} = 0{,}81\ A_{U1} + 0{,}90$ $A_{U1} = 0{,}48\ A_{M1} + 2{,}32$	5,75	0,1 %	0,93	no
V_{RM} - V_{RU}	0,87	1 %	$V_{RM} = 0{,}92\ V_{RU} - 1{,}02$ $V_{RU} = 0{,}83\ V_{RM} + 5{,}07$	8,23	0,1 %	0,18	no
V_{AM} - V_{AU}	0,68	1 %	$V_{AM} = 1{,}01\ V_{AU} + 1{,}12$ $V_{AU} = 0{,}46\ V_{AM} + 6{,}95$	0,73	0,1 %	0,04	no

TABLA V

Correlación entre	*Coeficiente correlación*	*Signif.*	*Ecuaciones de regresión*	*Significación de la regresión*			
				t	*Signif.*	*t*	*Signif.*
R_M - R_U	0,93	1 %	$R_M = 0{,}65\ R_U + 0{,}60$ $R_U = 1{,}34\ R_M - 0{,}47$	6,05	0,1 %	3,08	5 %
A_M - A_U	0,99	1 %	$R_M = 0{,}99\ A_U - 0{,}11$ $A_U = A_M + 0{,}25$	0,24	no	0,11	no
V_{RM} - V_{RU}	0,69	1 %	$V_{RM} = 3{,}50\ V_{RU} - 21{,}80$ $V_{RU} = 0{,}15\ V_{RM} + 9$	14,38	0,1 %	2,84	5 %
V_{AM} - V_{AU}	0,91	1 %	$V_{AM} = 1{,}43\ V_{AU} - 4{,}46$ $V_{AU} = 0{,}57\ V_{AM} + 5{,}48$	9,63	0,1 %	2,62	5 %

a) *Lana peinada*

Las correlaciones obtenidas al comparar los valores medios del ensayo colectivo con el individual son satisfactorias, siéndolo también cuando lo que se compara son los resultados de dos tipos diferentes de ensayo colectivo como son el «Multitex» y la resistencia troquillón. Las correlaciones son buenas para la resistencia y mejores para el alargamiento a la rotura. Los valores más bajos de las mismas corresponden a la comparación entre las primeras roturas «Zellweger» y «Multitex» (tanto para la resistencia como para el alargamiento a la rotura), pudiendo ser ello debido a acusarse más en este ensayo la diferencia del principio físico de la medida ya que por corresponder a dos cifras determinadas directamente y no sujetas a estimación alguna es donde aparecen mejor las diferencias entre métodos de ensayo.

Es de señalar que las conclusiones obtenidas para los coeficientes de variación son satisfactorias, sobre todo en lo que se refiere a la tenacidad, siendo los coeficientes hallados del mismo orden de magnitud en las dos estimaciones.

No obstante, no debe perderse de vista que los resultados «Multitex» son siempre el fruto de «estimaciones». Las mejores correlaciones observadas han sido las de las resistencias y alargamientos medios (0,90 - 0,92) al comparar el ensayo colectivo con el individual y la resistencia colectiva con la resistencia troquillón (0,85 - 0,87). Ya hemos indicado que los coeficientes de variación dan lugar a correlaciones satisfactorias (0,87 para la resistencia y 0,68 para el alargamiento a la rotura) y suficientes desde el punto de vista industrial en relación con estos parámetros en los que interesa conocer más que nada su orden de magnitud.

b) *Lana cardada*

Véase tabla V.

Se observan buenas correlaciones para la resistencia y para el alargamiento a la rotura (0,93 - 0,99) correspondientes a los ensayos «Zellweger» individual y la estimación de los mismos partiendo del ensayo «Multitex». La coincidencia es, en este caso, excelente para los alargamientos y algo menos buena para las resistencias en que si bien las regresiones experimental y teórica difieren, esta última se mueve dentro de los límites del error experimental de la primera.

Para los coeficientes de variación los resultados son mejores, en este caso, para los alargamientos que para las resistencias ,observándose en este último parámetro una discrepancia muy notable entre las regresiones teórica y experimental, junto con un coeficiente de correlación relativamente bajo (0,69) o sea que el ensayo múltiple tiende a sobrevalorar los coeficientes de variación en relación con el ensayo individual. Es posible que ello sea así por la coincidencia de dos factores, la diferencia de principio de medida y la índole colectiva del ensayo con el «Multitex» ayudados por la estructura particular de los hilos de carda. También puede influir en ello la existencia, en este caso, de una elevada correlación entre CV_{RM} y CV_{AM} (0,74) que no se pone de manifiesto para los hilos de estambre (0,07). Por el momento no se han investigado las causas de esta correlación.

Algo parecido tiende a ocurrir con los coeficientes de variación de los alargamientos. Los resultados del presente sondeo sobre hilos de lana cardada y peinada confirman los hallados anteriormente sobre hilos de algodón (18) en relación con la eficacia de la nueva técnica propuesta para la estimación de los valores individuales medios y sus coeficientes de variación partiendo del ensayo múltiple, que conduce a estimaciones suficientemente aproximadas para los usos del control industrial:

Si comparamos las correlaciones resistencia-alargamiento con las halladas para los coeficientes de variación V_{RM} y V_{RU} para distintos procesos de hilatura tenemos:

FIBRA	*Correlación entre R y A*	*Correlación entre V_{RM} y V_{RU}*
Algodón (18)	0,75	0,78
Lana cardada	0,69	0,69
Lana peinada	0,81	0,87

Ello es una confirmación palmaria de que ambas correlaciones son consubstanciales y que cuando mejor es la primera, base del método utilizado para la estimación de los datos del «Multitex», mejor es también la obtenida para los coeficientes de variación correspondientes al ensayo «Multitex» y a la prueba individual.

Es evidente, sin embargo, y ello tiene importancia en la práctica que el nuevo procedimiento propuesto es bastante más laborioso que las modalidades de cálculo empíricas propuestas por la firma constructora del «Multitex». La tabla VI da unas cifras comparativas de los diversos tiempos que se tarda en obtener los resultados de una napa de 100 hilos o la rotura individual de 100 hilos en el aparato «Zellweger».

De estas cifras se desprende que el «Multitex» es muy rápido cuando se requiere el cálculo de los coeficientes de variación y se cifra toda la información en los datos característicos que suministra el aparato (primera rotura, resistencias media y eficaz y alargamiento medio correspondiente a la primera rotura). Si se persigue una mayor información, en especial los coeficientes de variación, se requiere entonces (mediante la nueva técnica, se entiende) un tiempo bastante mayor y aún si bien es todavía más bajo que el que se necesita utilizando el «Zellweger» automático, hay que considerar que en este último aparato la mayor parte del tiempo es «tiempo-máquina» mientras que en el «Multitex» es «tiempo-hombre», lo cual debe ser tenido en cuenta; dejando aparte el hecho de que el dinamómetro de napa de hilos suministra mayor información.

TABLA VI

Aparato	*Modalidad*	*Tiempos (min)*		
		Aparato	*Interpretación*	*Total*
Zellweger automático	Constructor	65	10	75
Multitex	Constructor (a)	15	15	30
»	Constructor (b)	15	20	35
»	Nueva	15	35	50

Desde luego no es nuestro objetivo ni intención señalar la mayor o menor utilidad de tal o cual aparato, por lo cual nos limitamos a dejar constancia de las consideraciones expuestas.

Conclusiones:

El presente trabajo conduce a las conclusiones siguientes:

1.° El ensayo de la resistencia y el alargamiento a la rotura por el procedimiento colectivo constituye una prueba rápida apta para el control en rutina industrial. Dicho tipo de ensayo permite obtener, a igualdad de tiempo, mayor cantidad de información que los procedimientos convencionales.

2.° Son propios del ensayo colectivo parámetros tales como la resistencia y alargamiento colectivos y a la primera rotura que sobre exigir un mínimo de cálculos, suministran una información muy rápida e interesante para la práctica industrial.

3.° La conversión de los datos suministrados por el aparato «Multitex» en los parámetros usuales en dinamometría convencional de hilo individual conduce a estimaciones solamente aproximadas de estos últimos, pero considerados suficientes para usos industriales.

4.° Mediante la técnica propuesta se llega a correlaciones del orden de 0,90 y más entre las estimaciones de las resistencias y de 0,7 a 0,9 para los alargamientos a la rotura deducidas de los datos del «Multitex» y los mismos parámetros determinados por dinamometría clásica mediante un aparato a gradiente de carga constante.

5.° De igual manera, la correlación hallada entre la resistencia colectiva y la prueba por troquillón realizada mediante un aparato de péndulo se cifra en 0,85 a 0,95 aproximadamente.

6.° Las correlaciones menos satisfactorias corresponden a las existencias entre los parámetros relativos a la primera rotura pudiendo ello ser debido a la diferencia entre el principio físico de la medida característica de los aparatos utilizados.

7.° Las estimaciones de los coeficientes de variación de la resistencia y del alargamiento a la rotura, principal dificultad puesta de manifiesto en la interpretación de los resultados del «Multitex», han conducido a correlaciones del orden de 0,85 y 0,70, respectivamente, para los hilos de lana peinada de 0,70 y 0,90 para los de lana cardada y de 0,80 y 0,70 para el algodón. Sólo en el caso de la lana cardada se ha puesto de manifiesto claramente la existencia de una diferencia sistemática en la estimación de los coeficientes de variación de la resistencia, más elevados cuando se parte de los datos del dinamómetro de ensayo colectivo que cuando se obtienen basándoles en la prueba individual: aunque menos acusada la tendencia existe también para la CV del alargamiento.

8.° La puesta en práctica de la nueva técnica de interpretación requiere un tiempo bastante mayor que el necesario para la aplicación de las técnicas habituales (válidas sólo para las medias), pero aún compatible con las necesidades de la práctica industrial. Igualmente, las estimaciones de los parámetros de la dinamometría clásica a partir de los resultados de la prueba colectiva pueden ser consideradas suficientemente válidas desde dicho punto de vista.

Referencias

(1) *Reinfel, N.* — «Melliand Textilberichte», 36 (1955); 16-19.
(2) *A.D.T.* — «Textil Praxis», 10 (1955); 235-242.
(3) *De Clerq, G. P.* — «Annales Scient. Text. Belges» n.° 2 (1957); 84-128.
(4) *Wilhelm, A.* y *Reinshagen, U.* — «Melliand Textilbchte», 38 (1957); 382-388.
(5) *Reinfeld, N.* — «Textil Praxis», 12 (1957); 963-964.
(6) *Vorges y Meskat.* — «Faserforsch und Textiltech», 8 (1957) n.° 2.
(7) *Schenzinger, O.* — «Textil Praxis», 13 (1958); 124-132.
(8) *Nosek, S.* — «Faserforsch und Textiltech» (1958); 551-557.
(9) *Schön, K.* — «Zeitscr. ges. Textilind», 61 (1959); 8-9.
(10) *Schön, K.* — «Zeitscr. ges. Textilind», 61 (1959); 51-55.
(11) *Bröckel, G.* — «Textil Praxis», 14 (1959); 767.
(12) *Waltz, F.* y *Bröckel, G.* — «Textil Praxis, 14 (1959); 889.
(13) *Waltz, F.* y *Bröcöel, G.* — «Textil Praxis», 15 (1950); 573-579.
(14) *Schumacher, H.* — «Textil Praxis», 14 (1959); 895-900.
(15) *De Clerq, G. P.* — «Textil Praxis», 17 (1962); 593-602.
(16) *Defraîne.* — «Multitex», Instrucciones.