

Investigación de la mínima longitud efectiva de fibras de algodón, respecto a la tenacidad de hilos simples ⁽¹⁾

por

John D. Tallant, Louis A. Fiori, Herschel W. Little y Audrey V. Castillon
Southern Regional Research Laboratory (2)
New Orleans, Louisiana

R E S U M E N

Se detalla una investigación sistemática sobre la tenacidad de hilos simples en función de la distribución de longitudes de la fibra de algodón y la tenacidad del haz de fibras.

La fórmula matemática propuesta es:

$$Y = a \cdot f(l, x) \cdot S + b,$$

en donde Y es la tenacidad del hilo simple, a y b son constantes, S es la tenacidad del haz de fibras, l es la distribución de longitud del algodón, x la longitud crítica y f(l, x) es un valor numérico llamado «peso efectivo», que depende de la total distribución de la longitud de fibra. La investigación se efectuó con un amplio margen de torsiones y números de hilo, extendiéndose de 15/1 (40 tex) a 80/1 (7,4 tex). La óptima f(l, x) fué seleccionada, y se encontró que las fibras de longitud inferior a 3/8 de pulgada no contribuían a la tenacidad del hilo. Similarmente, una porción de 3/8 de pulgada de todas las fibras mayores que esa longitud S, es ineficaz. Esto puede ser interpretado como que físicamente y como término medio, el trozo de 3/16 de pulgada de los finales de fibra no contribuye a la tenacidad del hilo. A partir de ésto, el grado de influencia de la tenacidad del haz de fibras en la tenacidad del hilo es función de la distribución total de longitudes.

Un interesante hallazgo de ésta investigación es que el ensayo sobre el haz de las fibras a paso «cero» es superior al de paso 1/8 de pulgada, como criterio para relacionar la tenacidad del haz con la del hilo, cuando el valor a paso cero se modifica por el «peso efectivo», es decir, por la f(l, x) anterior.

I N T R O D U C C I O N

La distribución de frecuencias de longitud de la fibra de algodón ha sido tema de estudio durante muchos años para muchos investigadores (1, 8, 12, 13). Se ha propuesto una amplia multiplicidad de medidas estadísticas para describir la

(1) Presentando al "Fiber Society Meeting", Boston, Mass; 1962, octubre, 12.
Publicado en el "Textile Research Journal", Diciembre 1963.

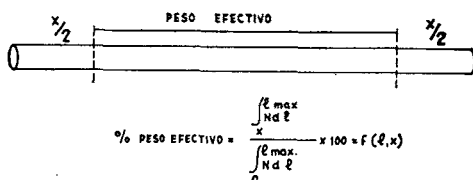
(2) Uno de los Laboratorios de la "Southern Utilization Research and Development Division, Agricultural Research Service", del departamento de Agricultura de U.S.A..

simples». Una conclusión totalmente opuesta se dibujó al utilizar un límite superior prefijado para la definición de «Fibras cortas» (16, 17).

H I P O T E S I S

Bajo el punto de vista anterior, parecía existir la necesidad de una hipótesis verificable que pudiera explicar mejor la influencia de la distribución de longitud del algodón en la tenacidad de los hilos simples. Puesto que el porcentaje de peso de fibras más cortas que una longitud, fijada arbitrariamente, ha resultado bastante útil relacionando la distribución de longitud del algodón con la tenacidad de hilos simples y otras propiedades tales como las relacionadas con el proceso, se decidió tenerlo en consideración. Esta hipótesis pretende tener en cuenta la longitud a lo largo de la cual las fibras individuales en la sección transversal de hilos pueden romperse. Clegg (5), Gulati y Turner (9) y Köhler (11), sucesivamente, han tratado éste problema. Gulati y Turner mostraron que la mayor parte de las roturas de fibras ocurría en un espacio de media pulgada a lo largo del hilo. Köhler indicaba 8 mm. al menos, para ciertas condiciones en el número de los hilos y sus torsiones.

Por ésto, parecía lógico que el trozo de la fibra de algodón susceptible de romperse pudiera estar a una cierta distancia de su extremidad. Es decir, que una cierta porción en cada extremo de cada fibra será inútil para la rotura y por esto, incapaz de contribuir apreciablemente en la tenacidad de hilos simples. El trozo capaz de rotura es designado como «peso efectivo» y se expresa en porcentaje. En términos matemáticos, la hipótesis puede ser establecida como en la figura 2. La



$$\text{TENACIDAD DEL HILO} = a [f(l, x) (\text{TENACIDAD DE LA FIBRA})] + b$$

Fig. 2. Modelo matemático de la hipótesis.

determinación del valor «x» es de gran importancia en la utilización práctica de la hipótesis y se considerará después. La propiedad permanente de esta hipótesis es que la tenacidad de la fibra está relacionada con la tenacidad del hilo a través de las características de distribución de la longitud del algodón (peso efectivo). Es decir:

$$Y = a \cdot f(l, x) \cdot S + b$$

donde

Y = Tenacidad del hilo sencillo

S = » de la fibra

l = distribución de longitud del algodón

x = Longitud crítica

f(l, x) = peso efectivo

a y b = constantes.

Verificación de la hipótesis.

Para la verificación de la hipótesis y la determinación del valor o valores de x, se hilaron 41 algodones obteniéndose hilos de los números 15/1 (40 tex), 30/1

(20 tex), 40/1 (15 tex), 60/1 (10 tex) y 80/1 (7,4 tex). Además se utilizó un amplio margen de coeficientes de torsión para cada tipo de fibra hilada. Las propiedades de las fibras figuran en la Tabla I se ve cómo se cubre virtualmente el rango de longitudes totales de la producción de algodón.

TABLA I. — *Propiedades de los algodones empleados en la verificación de ésta hipótesis.*

<i>Propiedades de la Fibra</i>	<i>Rango</i>		
LONGITUD			
Experto algodonerero (pulg.)	39/32	a	1-3/4
<i>Suter-Webb</i>			
Cuartila superior (pulg.)	0.88	a	1.95
Media (pulg.)	0.72	a	1.60
Contenido en fibras más cortas de 3/8 pulg.	2.51	a	12.48
TENACIDAD			
Stelometer (g/tex)			
Sin separación entre pinzas	32	a	47
Con separación de 1/8 pulg.	17	a	32

La tenacidad de cada algodón fué observada bajo dos condiciones en el aparato «Stelometer»; a paso cero y a paso 1/8 de pulgada (3 mm.). Convendría señalar aquí, como se verá más tarde, que para ciertos hilos finos, así como para ciertas torsiones, no es factible hilar la totalidad de los 41 algodones, y por ésto sólo se podría considerar un número menor. Esto se indica en varias de las figuras siguientes.

Para el valor de «x» igual a 3/8 de pulgada, la Tabla II muestra el método práctico de computación de datos de orden normal.

TABLA II. — *Método práctico para el cálculo del Peso Efectivo para x = 3/8 de pulgada.*

L 1'16 pulg	Peso mg.	% efectivo	Peso efectivo %
19	4.5	68	3.1
17	15.1	65	9.8
15	22.6	60	13.6
13	9.2	54	5.0
11	8.0	45	3.6
9	4.8	33	1.6
7	4.5	14	6
5	3.0	0	0
3	2.0	0	0
1	1.3	0	0
	75.0		37.3

$$\% \text{ efectivo } 19/16 = \frac{19/16 - 3/8}{19/16} \times 100 = 68 \%$$

$$\text{Peso efectivo} = 37.3/75.0 \times 100 = 49.7 \%$$

Gráficamente, la hipótesis aplicada a dos algodones que difieran en longitud y en distribución de longitud, se muestra en la figura 3 para un valor de «x» de 3/8 de pulgada. Lógicamente, el algodón más largo, poseyendo también menos fibras cortas, tiene un peso efectivo porcentual considerablemente más alto que los algodones cortos.

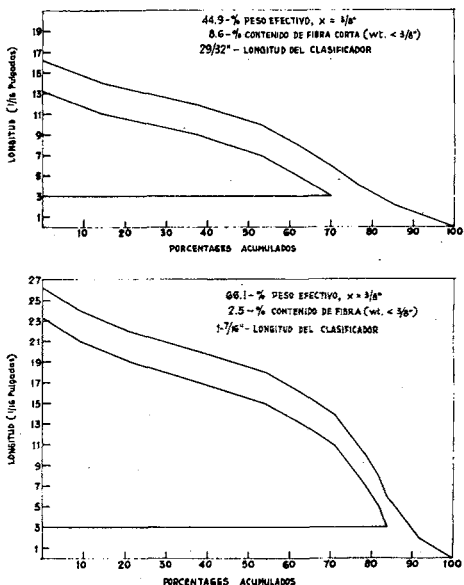


Fig. 3. Diagramas de distribución de longitud mostrando los pesos efectivos para dos algodones que difieren en características.

Para valorar numéricamente la hipótesis anterior, y para determinar experimentalmente el valor óptimo de «x», se realizaron los siguientes cálculos:

1. El porcentaje de peso efectivo para cada uno de los 41 algodones fué computado a partir de los datos de ordenación de longitud para los valores de «x» de 1/8, 1/4, 3/8, 1/2 y 5/8 de pulgada. También se consideró el caso extremo en que $x = 0$, es decir, cuando, $f(1, 0) = 100\%$ para todos los algodones. Para ésta «x», la hipótesis se transforma meramente en la relación entre la tenacidad de fibra y la tenacidad del hilo.

2. El producto del peso efectivo por la tenacidad del haz de fibras a paso cero, fué computado para cada longitud crítica, x.

3. Igualmente se computó para cada longitud crítica el producto del peso efectivo por la tenacidad del haz a 1/8 de pulgada.

4. Para cada serie de valores de torsión de los hilos, se practicó una simple correlación sobre todos los algodones útiles de esa serie, entre la resistencia del hilo observada y el producto considerado en los puntos 2 y 3 anteriores. Esto condujo a la determinación de las constantes a y b, y con más importancia a la del coeficiente de correlación «r» para cada longitud crítica, x, de cada serie de valores de torsión de los hilos. Este último permitió comparaciones para determinar valores óptimos de «x» y formas de medida de la tenacidad del haz. A causa del gran número de correlaciones y otros análisis a calcular fué necesario acudir a la computación electrónica.

5. Los datos mostraron que, en general, los coeficientes de correlación «r» eran bastante altos, es decir, 0.90 ó superiores. Para hacer claramente compara-

ciones entre tales coeficientes altos, se recomienda (14) que los valores se transformen en z como se indica a continuación:

$$z = 1/2 [\log_e (1 + r) - \log_e (1 - r)]$$

Esto permite que, en el gráfico, dimensiones iguales tengan más aproximadamente igual importancia; todas las figuras siguientes en las que se muestran los coeficientes de correlación están trazadas según la ecuación lineal « z ». Para cada serie de valores de torsión había seis valores de z : uno por cada uno de los cinco valores finitos de « x » más el caso extremo en que « $x = 0$ ». Estos valores « z » fueron relacionados cuadráticamente con « x », longitud crítica. Puesto que los valores de « x » estaban especialmente espaciados, era factible ajustar « z » como función cuadrática de « x », por medio de coeficientes polinómicos ortogonales para cada serie de valores de torsión. Después que se hizo ésto, cada ecuación fué diferenciada e igualada a cero para encontrar el valor de « x » en el que « z » era el máximo, es decir, la longitud crítica para la que la correlación entre la tenacidad del hilo y la tenacidad de la fibra era la mayor.

Aplicación de la hipótesis empleando la torsión de resistencia máxima.

Utilizando el mismo procedimiento descrito antes, pero aplicando la torsión saturante de resistencia en cada algodón en lugar de las anteriores series de va-

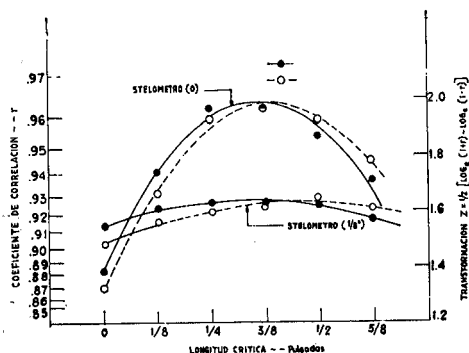


Fig. 4. Correlación entre el producto del "peso efectivo" y la tenacidad del haz de fibras respecto a la tenacidad de la fibra sencilla, para diversas longitudes críticas (cada hilado con torsión saturante). Hilos 15/1 (40 tex) y 30/1 (20 tex).

ries de valores de torsión, la figura 4 muestra los coeficientes de correlación para los hilos 15/1 y 30/1 respecto a las diversas longitudes críticas. También se muestran las relaciones correspondientes a las tenacidades de los haces de fibras a paso «cero» y a paso 1/8 de pulgada. Esta figura y una breve discusión de la hipótesis han aparecido previamente (16). La figura 5 muestra la misma relación para los hilos 40/1 y 60/1. Excepto para los hilos 60/1 se repite el modelo referido anteriormente (16), es decir:

1. Se observa la correlación máxima para longitudes críticas de unos 3/8 de pulgada (9.5 mm.).

2. Las correlaciones más altas así como los mayores incrementos de correlación, se observan cuando se utiliza la tenacidad del haz de fibras a paso cero.

Utilizando sólo la torsión saturante, las longitudes críticas « x » para la correlación máxima entre las tenacidades de la fibra y del hilo fueron tabuladas para

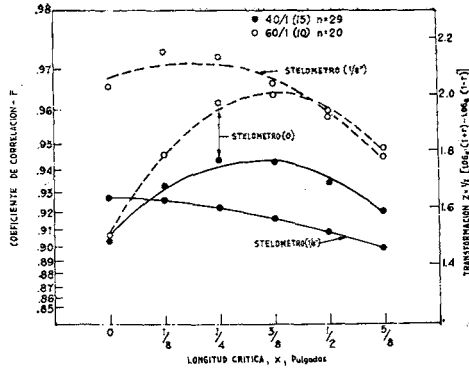


Fig. 5. Correlación entre el producto del "peso efectivo" y la tenacidad del haz de fibras respecto a la tenacidad de la fibra sencilla, para diversas longitudes críticas (cada algodón con torsión saturante). Hilos 40/1 (15 tex) y 60/1 (10 tex).

todos los algodones y tipos de hilos discutidos antes, así como para los siete que se obtuvieron al número 80/1. Estos se muestran en la figura 6, en la que sobre el lado izquierdo figuran todos los algodones hilados a los números indicados y sobre el derecho, sólo los veinte algodones que podían ser hilados con los cuatro números mostrados. Se ve que la longitud crítica que produce la correlación más alta, está muy cerca de 3/8 de pulgada para todos los casos. Además, parece haber poca diferencia entre los diversos números de algodón considerados en el lado izquierdo de la figura 6 y los idénticos algodones considerados en el lado derecho de la misma.

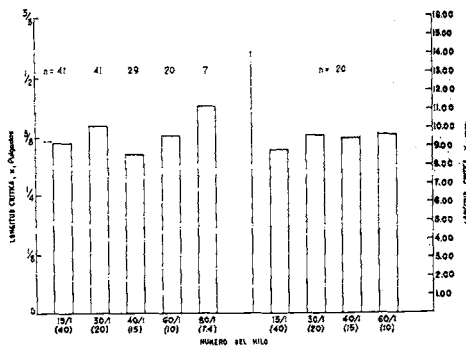


Fig. 6. Valores de la longitud crítica, "x", para la correlación máxima (hilos de algodón a torsión saturante). Izquierda: para números variables de algodón. Derecha: cuando cada promedio representa los mismos 20 algodones.

De este modo se concluye que para torsiones saturantes la longitud crítica tiene un valor de 3/8 de pulgada.

Aplicación de la hipótesis utilizando torsiones fijadas.

Después de computar electrónicamente los muchos valores de «r», pero antes de su transformación en «z» y consiguiente establecimiento de correlación curvilínea, se examinaron los coeficientes de correlación entre la tenacidad del hilo y la tenacidad del haz de fibras a paso cero para cada serie de valores de torsión de los hilos, con el fin de determinar la longitud crítica «x» del grado más alto de

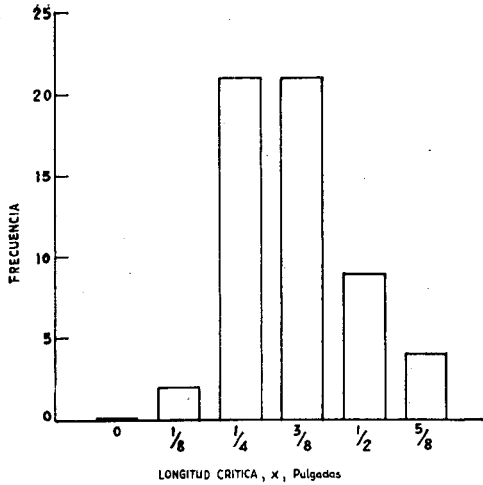
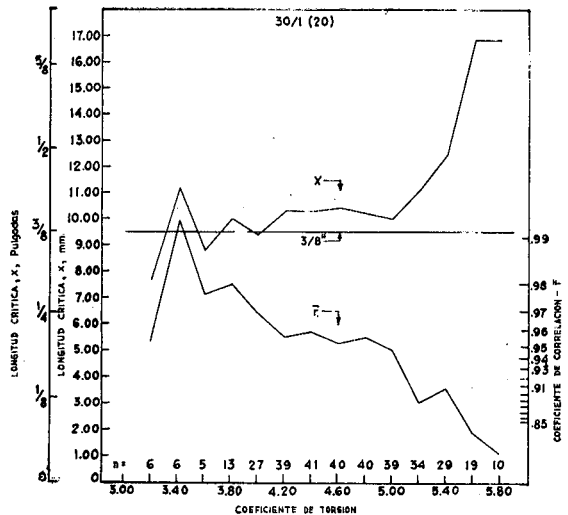
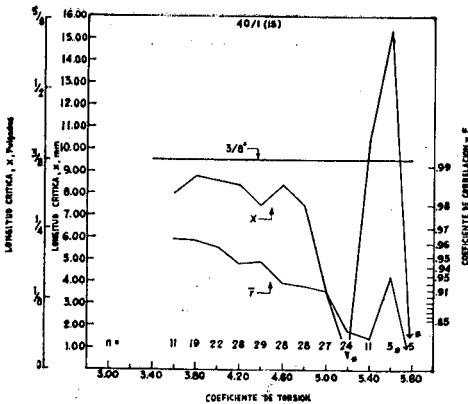


Fig. 7. Distribución de las longitudes críticas "x" para la máxima correlación entre 57 hilos (combinaciones de números del hilo y valor de torsión).

correlación. Las frecuencias encontradas para cada longitud crítica se muestran como un histograma en la figura 7. Es significativo que en ningún caso se observó el máximo para $x = 0$. Es decir, en cualquier caso, el grado de correlación entre la tenacidad del haz de fibras a paso cero y la tenacidad del hilo fué obtenido teniendo en consideración la distribución de longitudes, de acuerdo con la hipótesis. La inmensa mayoría, 42 sobre 57, tenían sus correlaciones más altas en 1/4 ó 3/8 de pulgada.

Procediendo con análisis curvilíneo, los datos han sido resumidos en las figuras 8 (a-e). Aquí se presentan la longitud crítica «x», para la cual la correlación alcanza un máximo, y el valor de «r» asociado con el máximo. También se muestra la cantidad de algodones hilados bajo un coeficiente de torsión dado.



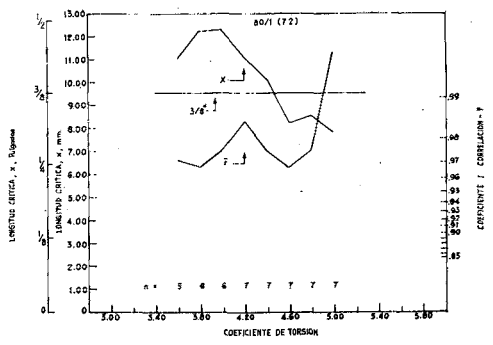
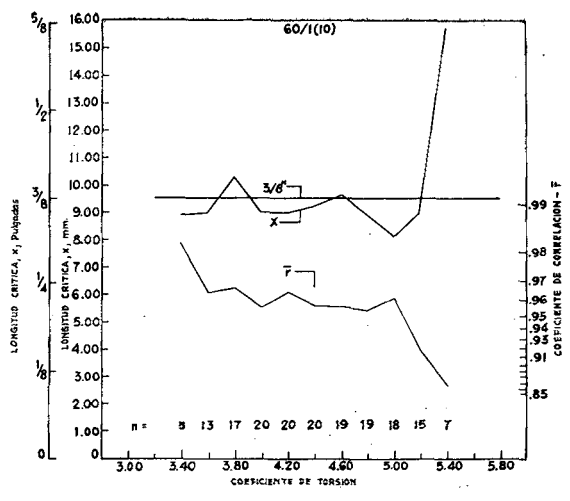
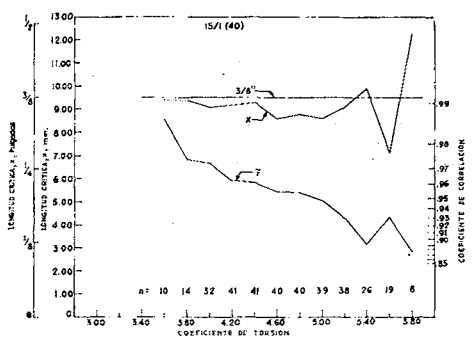


Fig. 8. Efecto del Coeficiente de Torsión sobre la Longitud Crítica "x" para correlación máxima entre la tenacidad de la fibra y tenacidad del hilo, y sobre el Coeficiente de Correlación "r" en correlación máxima (Número de algodones en un coeficiente de torsión dado) - a, 15|1 (40 tex.) - b, 30|1 (20 tex.) - c, 40|1 (15 tex.) - d, 60|1 (10 tex.) - e, 80|1 (7.4 tex.)

Estas figuras indican que, en general, para todos los tipos de hilo y para los coeficientes de torsión por encima de 5'00, (4.800 en v/m y tex) la longitud crítica está muy próxima a los tres octavos de pulgada. Esto puede explicarse por el hecho de que, para torsiones muy altas, su distribución entre las zonas más gruesas y más finas del hilo puede llegar a ser muy amplia. De gran interés, sin embargo, es el aparente descubrimiento de que la longitud crítica es substancialmente independiente de la torsión por encima del campo común de torsiones comerciales.

También parece que existe una tendencia a que decrezca al grado de correlación cuando aumenta la torsión. Esto también se puede relacionar con el grado

de uniformidad de torsión a lo largo del hilo. Convendría recordar que los valores de la tenacidad del hilo se basan en el promedio de resistencia a la rotura de segmentos de 20 pulgadas (o de 50 cm.).

Grado de influencia de la tenacidad de la fibra sobre la tenacidad máxima del hilo.

Habiéndose establecido ya que para las torsiones normales la longitud crítica «x» se aproxima muy estrechamente a 3/8 de pulgada, surge la cuestión de cómo influye la tenacidad de la fibra, «corregida» por la distribución de longitudes de acuerdo con la hipótesis en la tenacidad del hilo. La figura 9 se refiere a los hilos 30/1.

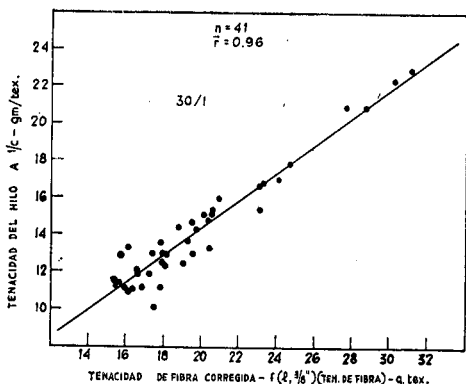


Fig. 9. Tenacidad de la fibra "corregida" para una longitud crítica de 3/8 de pulgada, respecto a la tenacidad observada en la fibra simple para hilos 30/1 (20 tex.) en torsión saturante

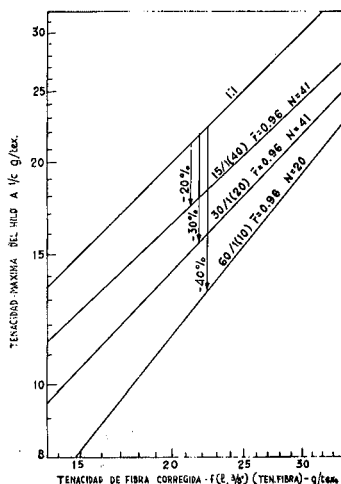


Fig. 10. Tenacidad de la fibra "corregida" para una longitud crítica de 3/8 de pulgada, respecto a la tenacidad de la fibra simple bajo torsión saturante

Procediendo análogamente con los hilos 15/1 y 60/1, la figura 10 muestra la relación encontrada para estos tres. Esta figura está trazada en coordenadas logarítmicas, de tal manera que a distancias iguales corresponden aproximadamente porcentajes iguales. Se ve que en ningún caso la tenacidad de la fibra totalmente corregida es igual a la tenacidad observada en el hilo. Esto se atribuye a la torsión inserta en el hilo, por la que trabaja cada fibra oblicuamente, y al hecho de que las fibras en la superficie del hilo seguramente no son tan efectivas como las fibras o secciones de fibras del interior. Se considera significativo que los hilos más finos, que desde luego tiene una proporción mayor de fibras en la superficie, presentan pérdidas mayores en su tenacidad «ideal». Esta reducción parece ascender aproximadamente a 40 % para los hilos de 60/1.

La presente discusión y las figuras 9 y 10, se basan exclusivamente en la torsión saturante para cada algodón. Naturalmente, el grado de influencia de la tenacidad de la fibra «corregida» en la tenacidad del hilo, era menor para torsiones más altas o más bajas.

Aplicación de la hipótesis a algodones comunes en una serie de hilos corrientes.

Para hacer completo un análisis, las figuras 11 (a) y (b) se refieren a 10 algodones que se hilaron bajo coeficiente de torsión 3'80 en número 15/1, 30/1 y 60/1 y a otros 20 algodones que fueron hilados a 4'20 para cada uno de estos tres tipos de hilo. De nuevo, se obtiene la conclusión de que la longitud crítica está

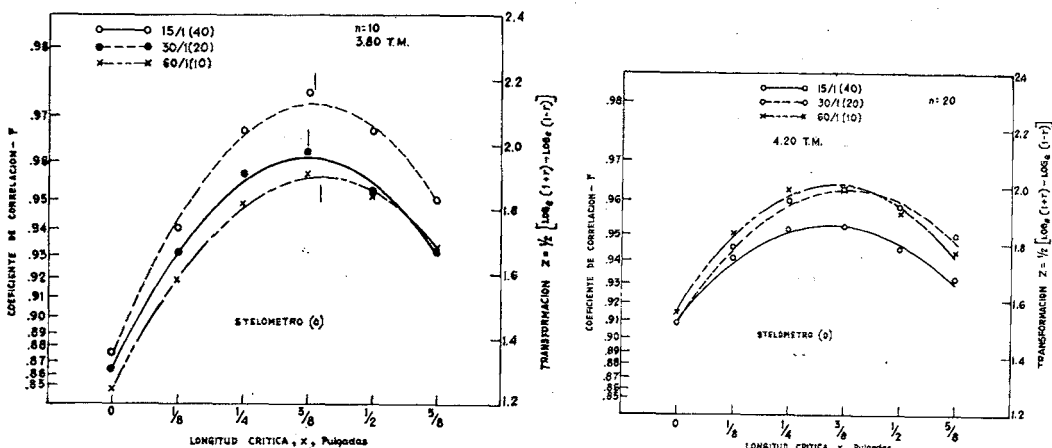


Fig. 11. Efecto de la Longitud Crítica, x , y del Número del Hilo sobre la correlación entre las tenacidades de la fibra y del hilo cuando permanecen constantes el tipo de algodón utilizado y el coeficiente de torsión aplicado. - a) 10 algodones, K-3'80. - b) 20 algodones, K-4'20.

muy cerca de 3/8 de pulgada para los tres tipos de hilo, cuyos números extremos están en razón de 4 : 1, y cuyos coeficientes de torsión corresponden aproximadamente a las torsiones de trama y urdimbre.

Comparación entre las tenacidades del haz de fibras a paso cero y a paso 1/8 de pulgada.

Toda la investigación precedente ha sido conducida en paralelo con la tenacidad del haz de fibras a paso cero y con la tenacidad a paso 1/8 de pulgada. Una clara conclusión se deriva de los resultados. Para el caso extremo de $x=0$, y por consiguiente $f(l, x) = 100\%$ para todos los algodones, las correlaciones observadas con las tenacidades a paso 1/8 de pulgada eran uniformemente más altas que las de las tenacidades a paso cero. Esto está de acuerdo por entero con Brown (2) y Hertel y Graven (10) que ya afirmaron que estas correlaciones entre las tenacidades de la fibra y del hilo eran más altas cuando la del haz de fibras estaba determinada bajo un paso finito.

Sin embargo, cuando la tenacidad del haz de fibras es «corregida» en función del peso efectivo en los casos extremos, $f(l, x)$ para $x=0$, se observa un caso marcadamente diferente. El grado de correlación con la tenacidad del hilo, de los valores a paso 1/8 de pulgada, tiende a permanecer uniforme cuando la longitud crítica, « x », aumenta. Para la tenacidad a paso cero, por otra parte, las correlaciones casi invariablemente aumentan al máximo para unos 3/8 de pulgada y a partir de entonces decrecen, como se relató ampliamente antes. Además, la mag-

nitud del aumento para el último caso fué tal que casi siempre excedió, en sus máximos, al grado de correlación observado para los valores de 1/8 de pulgada en cualquier longitud crítica. Es decir, la situación representada en la figura 4 era típica del comportamiento observado, mientras que la que aparece para el hilo 60/1 en la figura 5 era una excepción rara. Por resumir, los datos completos en la longitud de 1/8 de pulgada no han sido expuestos, pero son válidos. Por esto, entre los dos métodos para medir la tenacidad del haz de fibras de algodón, la conclusión antes referida (16) permanece válida para «una simple correlación entre las tenacidades de la fibra y del hilo...», la medida de la fibra a paso de 1/8 de pulgada es superior...; sin embargo, cuando el concepto de porcentaje de peso efectivo (o en otras palabras, la distribución de longitud de las muestras) es tenido en cuenta, la tenacidad de la fibra a paso cero parece ser el criterio mejor para la tenacidad del hilo».

Discusión de la hipótesis sobre el peso efectivo.

Se sugiere que los datos precedentes han establecido la hipótesis anteriormente adelantada. Es decir, que las fibras de algodón obran como si los 3/16 de pulgada de cada extremo en todas ellas no influyese en la rotura. ¿Es esto un modelo real? Clegg (5), Gulati y Turner (9) y Knler (11) parecen sugerir que puede serlo. El efecto de la irregularidad y de la rotura del hilo en sus puntos más débiles no se ha considerado. Sin embargo, Backer, como resultado de un estudio sobre la irregularidad de los hilos (3), refirió en comunicación privada (4) que sólo el 53 % de las roturas de los hilos en prueba individual, ocurrían en las secciones transversales mínimas. Además, él refirió (4) que un 17 % de las roturas ocurrían en secciones transversales superiores a la mínima en un 10 %. Así la variación de las secciones transversales, aun cuando tenga un efecto amplio, no podrá ejercer una influencia dominante en la tenacidad del hilo.

¿Es la relación indicada por la hipótesis un fenómeno característico sólo en el algodón? Una reciente investigación (1) empleando datos referidos a filamentos de rayón viscosa, llegó a conclusiones similares y a idéntico juicio sobre longitud crítica. Esto parece indicar que la hipótesis puede ser aplicable a una amplia serie de fibras distintas del algodón.

Toda esta investigación fué desarrollada con algodón no tratado ni modificado. Es muy problemática la influencia que pueda tener sobre la longitud crítica la modificación química de la fibra o los efectos de superficie debidos a tratamientos. Para un algodón típico de 1 - 1/6 pulgadas, a partir de esta investigación se puede encontrar la siguiente relación entre la longitud crítica y el % de peso efectivo.

Longitud crítica en pulgadas	% de peso efectivo
1/4	68
3/8	55
1/2	42

De este modo, si aceptamos los resultados, una reducción de la longitud crítica para este algodón de 3/8 a 1/4 de pulgadas, redundaría en un aumento de la tenacidad del hilo de casi un 25 %. Recíprocamente, de un aumento en la longitud crítica hasta 1/2 pulgada se podría esperar una pérdida de tenacidad de un 25 %.

Además, se deduce que de los cambios en la longitud crítica tan pequeños como 1/32 de pulgada, podrían resultar cambios notables en la tenacidad (alrededor del 5%).

El procedimiento empleado aquí no era explícitamente sensible a las diferencias de longitud crítica entre los 41 algodones investigados. Sin embargo, si la variación de esta propiedad entre los algodones hubiera sido amplia, parecería inverosímil que la longitud crítica de 3/8 de pulgada haya sido tan bien definida. En una primera aproximación, resultaría que la serie de algodones empleada en esta investigación poseía longitudes críticas comprendidas entre 11/32 y 13/32 de pulgada.

Toda la discusión anterior se ha basado en la tenacidad del hilo sencillo. Sin embargo, se llevó a cabo una investigación complementaria suficiente para determinar que se habrían deducido conclusiones idénticas operando con el «skein count strength product» (producto de la resistencia en libras del troquillón por el número inglés del hilo) como índice de la tenacidad del hilo.

Conclusiones.

Por medio de esta investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Las fibras de algodón contribuyen a la tenacidad de los hilos simples como si en cada extremo de aquéllas hubiera una longitud, por término medio de 3/16 de pulgada, que no influyese en la rotura. Este modelo permite comparaciones entre longitudes de fibra, así como considerar la eficacia con que la tenacidad de la fibra influye sobre la tenacidad del hilo.

2. La tenacidad del haz de fibras determinada a paso cero, pronostica mejor la tenacidad del hilo simple que cuando se hace a paso de 1/8 de pulgada, si las características de distribución de longitud del algodón (peso efectivo) son también consideradas.

Agradecimiento.

Se expresa el aprecio a Mr. E. Fred Schultz, Jr., de los Servicios Biométricos, por sus valiosas opiniones en las consultas habidas.

Bibliografía.

1. Brown, H. M., *Textile Research J.* 24, 251-260 (1954).
2. de Backer, G., *Ann. sci. textiles Belges*, No. 2, 72-84 (June 1961).
3. Clegg, Gladys G., *J. Textile Ins.* 17, T591-T606 (1926).
4. Clegg, Gladys G., *J. Textile Inst.* 23, T35-T54 (1932).
5. Courtaulds Ltd., «Rayon Staple in the Cotton Industry», London, 1948.
6. Fiori, L. A., Sands, J. E., Little, H. W., and Grant, J. N., *Textile Research J.* 26, 553-564 (1956).
7. Gregory, J., *J. Textile Inst.* 44, T499-T514 (1953).
8. Gulati, A. N. and Turner, A. J., *J. Textile Inst.* 21, T561-T582 (1930).
9. Hertel, K. L. and Craven, C. J., *Textile Research J.* 26, 479-484 (1956).

10. Köhler, Sigurd, *J. Textile Inst.* 25, T141-T149 (1934).
11. Navkal, Harirao, *Indian Cotton Growing Rev.* 11, 469-481 (1957).
12. Orr, R. S., Weiss, L. C., and Grant, J. N., *Textile Research J.* 25, 939-946 (1955).
13. *Rayon Textile Monthly* 24, 635-636 (1943); 25, 20-21 (1944).
14. Snedecor, G. W., «Statistical Methods», 5th ed., Ames, Iowa, The Iowa State College Press, 1956.
15. Sullivan, R. R., *J. Appl. Phys.* 13, 157-167 (1942).
16. Tallant, J. D., Fiori, L. A., and Castillon, A. V., *Textile Bull.* 87, No. 8, 38-40 (August 1961).
17. Tallant, J. D., Fiori, L. A., and Legendre, D. C., *Textile Research J.* 29, 687-695 (1959).