

# **Determinación de las características (Resistencia-alargamiento) de fibras sintéticas. Estudio comparativo del método de fibras individuales y el método por haces de fibras (Dispositivo LECARIM)**

( PARTE II )

por el Dr. José M.<sup>o</sup> Pons

### 1. OBJETO

En la Parte I del trabajo «Determinación de las características mecánicas (resistencia- alargamiento) de fibras sintéticas», se había llegado a la conclusión de que existía una correlación muy elevada entre las resistencias y alargamientos obtenidos con los procedimientos por haces de fibras y por el de fibra individual, y, en consecuencia, era factible sustituir los ensayos por fibra individual, siempre laboriosos, largos y a veces difíciles de aplicar (casos de fibras de muy débil resistencia) por el rápido y preciso procedimiento por haces de fibras. En ensayos de control de rutina, la reducción del tiempo de ensayo, aplicando el procedimiento Stelometer, llega a ser del orden de los 7/8 del tiempo necesario por el procedimiento de fibra individual y para semejante precisión.

Sin embargo, la misma concepción del aparato Stelometer (basada en la separación que experimentan las mordazas Pressley al romperse las fibras que las mantenían a una distancia previamente fijada) le hacen inapropiada para su aplicación a fibras sintéticas que presenten un elevado grado de alargamiento, con lo que resultaba totalmente inadecuado para fibras de poliamida y de muy difícil aplicación para fibras acrílicas. Ante esta limitación del aparato Stelometer, se creyó oportuno ampliar el trabajo anterior aplicando un nuevo mecanismo de determinación de resistencia en haces de fibras denominado dispositivo LECARIM (\*) que había sido recientemente presentado por Mr. Silvestre Deli al Comité Técnico de la Federación Lanera Internacional, el cual puede ser acoplado a cualquier tipo de dinamómetro existente y con las ventajas de poder trabajar con cualquier valor de ecartamiento de pinzas y sin la limitación que presenta el Stelometer. El objeto, pues, de esta Parte II, es la de comprobar si también existe una buena correlación entre los valores de resistencia y alargamiento por los procedimientos de fibra individual y por haces de fibras con dispositivo Lecarim, lo cual presentaría la ventaja de poderse aplicar a todo tipo de fibras, sin limitación de ninguna clase.

### 2. DISPOSITIVO LECARIM

Este dispositivo consta esencialmente de dos cuerpos a los que se adapta, a cada uno de ellos, una pinza Pressley por simple deslizamiento en sus correspondientes ranuras. Estos dos cuerpos son fijados al dinamómetro Instron por medio de dos pasadores. Una regla soporte está fijada a uno de los cuerpos sobre

(\*) Laboratorio Essais Contrôles Analyses Recherches Industrielles Mazamet. 1, rue de Bradford.

la cual puede deslizar el otro cuerpo, con lo que puede fijarse de forma muy cómoda la galga o longitud de ensayo deseada.

### 3. METODO OPERATORIO

La preparación de las fibras se ha efectuado con la ayuda de un campo de peines del tipo Zweigle, aunque también puede hacerse directamente sobre una cinta previamente escuadrada.

Para eliminar ciertas fibras cortas con riesgo de no ser cogidas entre las pinzas, particularmente trabajando a ecartamientos de 10 mm., se hace un corte a una distancia de 40-50 mm. de la «cabeza» de alineamiento. Las extracciones de los fascículos se hacen a partir de esta línea, mediante una pinza manual.

Después de la extracción del fascículo de fibras, se pasa por un pequeño peine de paralelización para eliminar las fibras que no han sido tomadas por la pinza manual (fibras cortas).

Colocadas las pinzas a la distancia que interese (en nuestro caso a 10 mm.), se abren éstas y se coloca el fascículo de fibras encima procediéndose a continuación al cierre de las mismas de forma que las fibras queden ligeramente tensadas. Colocado al dispositivo Lecarim en el Instron se procede a la prueba dinamométrica correspondiente.

Las condiciones de trabajo recomendadas para el Instron son:

velocidad gráfico	10 cm/mn.
velocidad carro	1 cm/mn.
carga fondo escala	10 kg.

Después de la rotura, se saca el dispositivo del dinamómetro. El fascículo de fibras es cortado por las paredes exteriores de las pinzas con la ayuda de una hoja de afeitar y pesadas en una balanza de torsión de sensibilidad  $\pm 0,01$  mg.

La tenacidad del fascículo se calcula según la fórmula (ver 2.2 Parte I):

$$\theta = \frac{\text{Resistencia (kg.)}}{\text{Peso (mg.)}} \times 21,7$$

El peso del fascículo debe ser mantenido entre unos límites determinados. En efecto, como ha demostrado Blankenburg (2) existe una estrecha correlación entre la tenacidad y el peso del fascículo. Después de algunos ensayos, se ha tomado como peso del fascículo el correspondiente a  $350 \pm 50$  tex. El número de mediciones (ver 2.4.2 Parte I), se ha fijado en 10.

El valor de la resistencia del fascículo será el correspondiente al punto máximo de la curva carga-alargamiento. En cuanto al alargamiento a la rotura, corresponderá a un punto de la curva descendiente en la que se superponen los efectos de la rotura de las últimas fibras del fascículo con las fuerzas de fricción de las superficies de las fibras paralelas que se deslizan unas sobre otras después de su rotura. El punto exacto en que se produce la rotura de todas las fibras del fascículo es, pues, muy difícil de precisar por lo que se ha tomado como dicho valor el correspondiente al punto de resistencia máxima del fascículo. Si bien este valor no es el verdadero, sí que es más o menos proporcional al mismo, por lo tanto, válido para los cálculos de correlación correspondiente.

Por la misma construcción del dispositivo Lecarim se puede objetar que el roce entre los dos cuerpos que lo constituyen puede introducir un error en la medición de la resistencia del fascículo. Por ello hay que operar con mucho cui-

dado a fin de que este rozamiento sea tan débil como sea posible. Con una utilización normal del dispositivo la influencia del frotamiento sobre los resultados son totalmente despreciables.

#### 4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

##### 4.1. POLIESTER

###### 4.1.1. Fibra individual (Instron)

Tipo	$\theta$	CV(%)	n	e(%)	A(%)	CV(%)	n	e(%)
1,3/38 BR	62,3	15,1	100	3	22,2	29,3	100	6
1,3/38 BRE	58,5	18,2	100	3,4	31,2	26,4	100	5,3
1,5/38 Prueba	51,9	22	100	4,4	41,6	30,8	100	6,2
1,6/38 BR	59,4	16,2	100	3,2	19,9	34	100	6,8
3,3/90 Mate	43,5	19,8	100	3,9	47,3	24,4	100	4,9
3,4/80 BR	45,1	16,6	100	3,2	35	23,6	100	4,7
5,0/80 BRF	31,9	9,6	100	1,9	39	33,5	100	6,7
6,8/80 BRF	34,8	7,5	100	1,5	32,9	33,2	100	6,6

###### 4.1.2. Haces de fibras (Lecarim)

Tipo	$\theta$	CV(%)	n	e(%)	A(%)	CV(%)	n	e(%)
1,3/38 BR	45,6	3,55	10	2,2	17,2	3,9	10	2,4
1,3/38 BRF	33,4	2,44	10	1,5	19,6	4,5	10	2,8
1,5/38 Prueba	34,4	1,48	10	0,9	38,9	6,9	10	4,3
1,6/28 BR	49,5	1,90	10	1,2	17,8	4,7	10	2,9
3,3/90 Mate	35,1	2,56	10	1,6	53,1	6,6	10	4,1
3,4/80 BR	36,1	2,65	10	1,6	39,7	6,6	10	4,1
5,0/80 BRF	22,6	2,03	10	1,3	24,9	5,7	10	3,5
6,8/80 BRF	24,9	3,37	10	2,1	21,6	3,2	10	2,0

##### 4.2. ACRILICA

###### 4.2.1. Fibra individual (Instron)

Tipo	$\theta$	CV(%)	n	e(%)	A(%)	CV(%)	n	e(%)
1,7 dtex BR	30,5	14,9	100	3	35,4	31,1	100	6
2,2 dtex BR	26	14,5	100	2,9	28,6	23,4	100	4,7
3,3 dtex BR	33	15,4	100	3	31,3	24,1	100	5
5,6 dtex BR (P. 610.000)	31,8	10,7	100	2,2	32,1	22,7	100	4,5
5,6 dtex BR (P. 610.000)	28,9	15,5	100	3,1	40,3	31,4	100	6,3
7,8 dtex BR (P. 610.000)	30,6	11,6	100	2,3	39,6	23,7	100	4,7

#### 4.2.2. Haces de fibras (Lecarim)

Tipo	$\theta$	CV(%)	n	$e(\%)$	A(%)	CV(%)	n	$e(\%)$
1,7 dtex BR	22,1	3,1	10	1,9	38	5,6	10	3,5
2,2 dtex BR	18,7	4,0	10	2,5	32,8	12,8	10	7,9
3,3 dtex BR	23,2	5,0	10	3,1	31,0	5,2	10	3,2
5,6 dtex BR (P. 610.000)	22,5	3,7	10	3,3	33,8	11,3	10	7,0
5,6 dtex BR (P. 610.000)	21,6	4,4	10	2,7	39,6	9,2	10	5,7
7,8 dtex BR (P. 610.000)	21,0	7,1	10	4,4	36,5	3,6	10	2,2

#### 4.3. POLIAMIDA

Por disponer sólo de dos muestras de poliamida no se reseñan los valores obtenidos por no ser posible hallar la correspondiente correlación. Sin embargo, se han hecho pruebas dinamométricas y las roturas de los fascículos de fibras se han hecho en perfectas condiciones, como era de esperar.

### 5. CORRELACIONES Y RECTAS DE REGRESION

#### 5.1. POLIESTER

##### 5.1.1. Tenacidades

##### 5.1.1.1. Entre Instron y Lecarim

X (Instron)	Y (Lecarim)	x	y	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
62,3	45,6	17,2	10,5	180,60	295,84	110,25
58,5	33,4	13,4	-1,7	-22,78	179,6	2,89
51,9	34,4	6,8	-0,7	-4,76	46,24	0,49
59,4	49,5	14,3	14,4	205,92	204,49	207,36
43,5	35,1	-1,6	0	0	2,56	0
45,1	36,1	0	1	0	0	1
31,9	22,6	-13,2	-12,5	165	174,24	156,25
34,8	24,9	-10,3	-10,2	105,06	106,09	104,04
		26,6	0,8	629,04	1009,02	582,28

$$m_{1x} = \frac{26,6}{8} = 3,32$$

$$m_{2y} = \frac{0,8}{8} = 0,1$$

$$m_{2x} = \frac{1009,02}{8} = 126,12$$

$$m_{1y} = \frac{582,281}{8} = 72,78$$

$$m_{xy} = \frac{629,04}{8} = 78,63$$

$$\bar{X} = 45,1 + 3,32 = 48,42$$

$$\bar{Y} = 35,1 + 0,1 = 35,20$$

$$\sigma_x = \sqrt{126,12 - (3,32)^2} = 10,72 \quad \sigma_y = \sqrt{72,78 - (0,1)^2} = 8,53$$

$$r = \frac{78,63 + 3,32 \cdot 0,1}{10,72 \cdot 8,53} = 0,863$$

Como se observa, la correlación entre las tenacidades obtenidas mediante el sistema por fibra individual y por haces de fibras (Lecarim), es francamente buena, lo que permite calcular la recta de regresión de tenacidades por haces de fibras a tenacidades por fibra individual, tal como se indica a continuación:

$$X = a'Y + b'$$

$$a' = 0,863 \frac{10,12}{8,53} = 1,07$$

$$b' = 48,42 - 1,07 \cdot 35,2 = 10,76$$

Así pues, la recta de regresión tendrá la siguiente expresión:

$$\underline{\underline{X = 1,07 Y + 10,76}}$$

Para la correspondiente representación gráfica véase la fig. a.

### 5.1.2. Alargamientos

(Instron) (Lecarim)

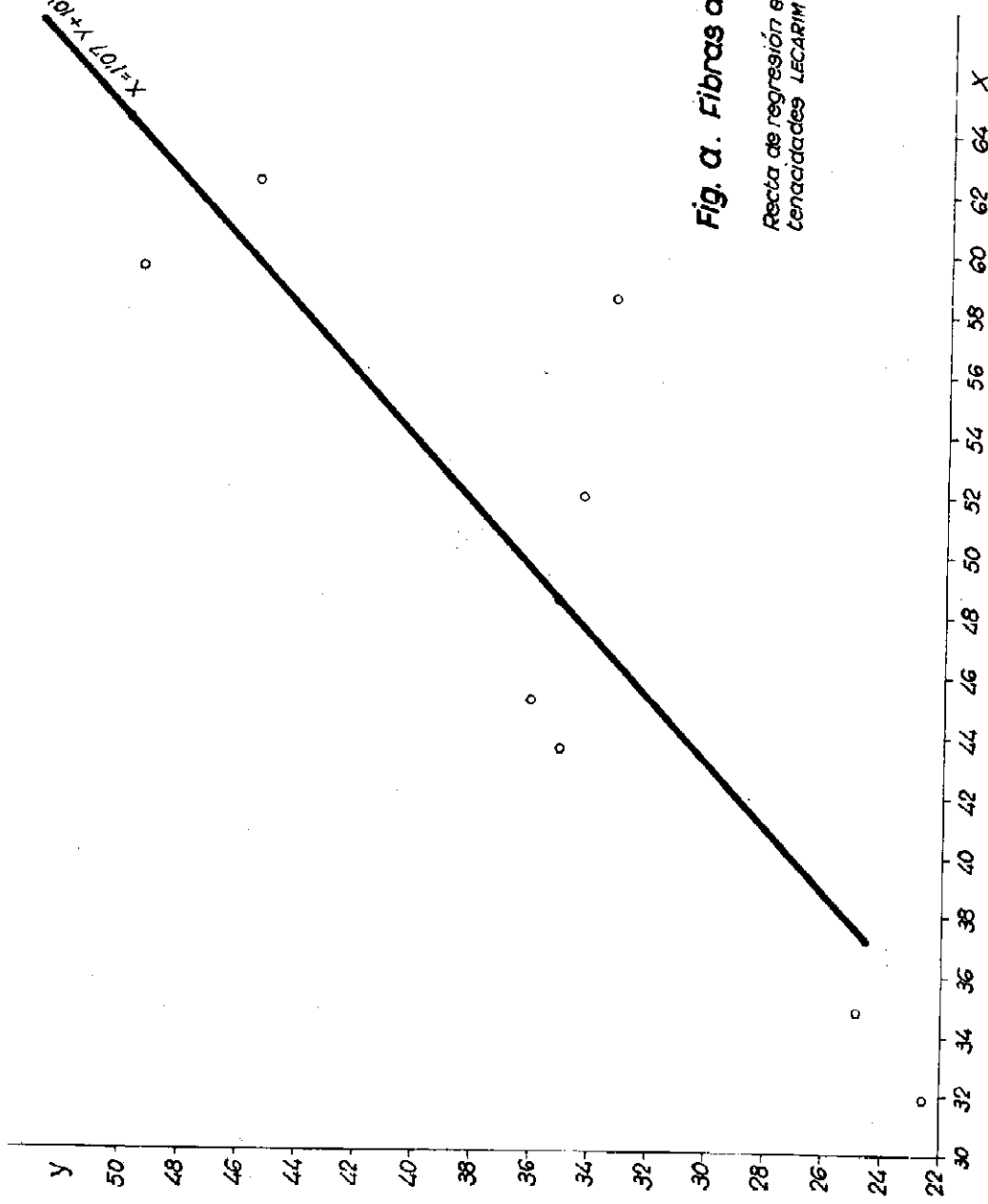
X	Y	x	y	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
22,2	17,2	-12,8	-7,7	98,56	163,84	59,29
31,2	19,6	-3,8	-5,3	20,14	14,44	28,09
41,6	38,9	6,6	14	92,40	43,56	196,—
19,9	17,8	-15,1	-7,1	107,21	228,01	50,41
47,3	53,1	12,3	28,2	346,86	151,29	795,24
35,0	39,7	0,0	14,8	0,—	0,—	219,04
39,0	24,9	4,0	0,0	0,—	16,—	0,—
32,9	21,6	-2,1	-3,3	6,93	4,41	10,89
		+ 10,9	33,6	672,10	621,55	1358,96

$$m_{1x} = \frac{-10,9}{8} = -1,36$$

$$m_{1y} = \frac{33,6}{8} = 4,2$$

$$m_{2x} = \frac{672,1}{8} = 84,01$$

$$m_{2y} = \frac{1358,96}{8} = 169,87$$



**Fig. a. Fibras de poliester**

Recta de regresión entre tenacidades LECARIM e INSTRON

$$m_{xy} = \frac{672,1}{8} = 84,01$$

$$\bar{X} = 35 - 1,36 = 33,64$$

$$\bar{Y} = 24,9 + 4,2 = 29,10$$

$$\sigma_x = \sqrt{84,01 - (-1,36)^2} = 8,69 \quad \sigma_y = \sqrt{169,87 - 4,2^2} = 12,34$$

$$r = \frac{84,01 + 1,36 \cdot 4,2}{8,69 \cdot 12,34} = 0,833$$

Como se observa, la correlación entre los alargamientos obtenidos mediante el sistema por fibra individual y por haces de fibras (Lecarim), es francamente buena, lo que permite calcular la recta de regresión de alargamientos por haces de fibras a alargamientos individuales, tal como se indica a continuación:

$$X = a'Y + b'$$

$$a' = 0,833 \frac{8,69}{12,34} = 0,57$$

$$b' = 33,64 - 0,57 \cdot 29,1 = 17,06$$

Así pues, la recta de regresión tendrá la siguiente expresión:

$$\underline{\underline{X = 0,57 Y + 17,06}}$$

Para la correspondiente representación gráfica, véase la fig. b.

## 5.2. ACRILICA

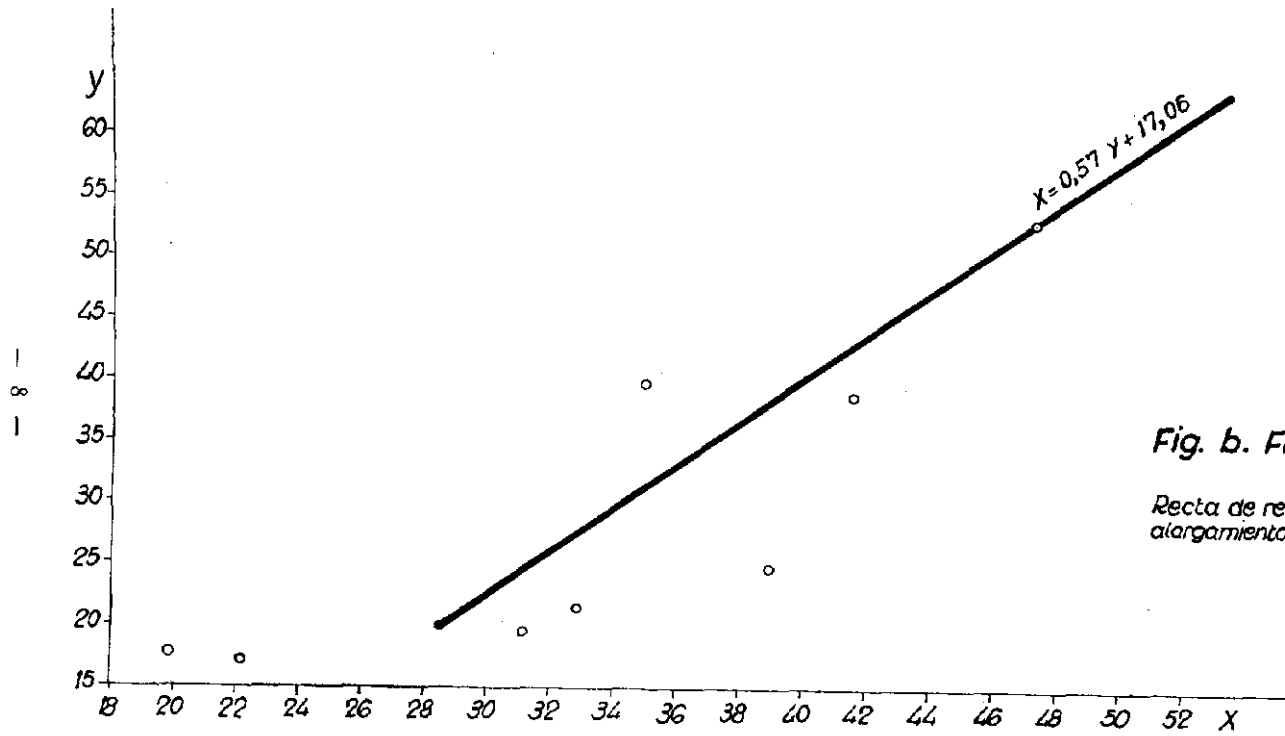
### 5.2.1. Tenacidades

#### 5.2.1.1. Entre Instron y Lecarim

X (Instron)	Y (Lecarim)	x	y	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
30,5	22,1	- 2,5	- 0,4	1	6,25	0,16
26	18,7	- 7	- 3,8	26,6	49,—	14,44
33	23,2	0,0	0,7	0,—	0,—	0,49
31,8	22,5	- 1,2	0,0	0,—	1,44	0,—
28,9	21,6	- 4,1	- 0,9	3,69	16,81	0,81
30,6	21,0	- 2,4	- 1,5	3,60	5,76	2,25
		- 17,2	- 5,9	34,89	79,26	18,15

$$m_{1x} = \frac{-17,2}{6} = -2,87$$

$$m_{1y} = \frac{-5,9}{6} = -0,98$$



**Fig. b. Fibras de poliester**

*Recta de regresión entre  
alargamientos LECARIM e INSTRON*



$$m_{zx} = \frac{79,26}{6} = 13,21$$

$$m_{zy} = \frac{18,15}{6} = 3,02$$

$$m_{xy} = \frac{34,89}{6} = 5,81$$

$$\bar{X} = 33 - 2,87 = 30,13$$

$$\bar{Y} = 22,5 - 0,98 = 21,52$$

$$\sigma_x = \sqrt{13,21 - (-2,87)^2} = 2,23 \quad \sigma_y = \sqrt{3,02 - (-0,98)^2} = 1,44$$

$$r = \frac{5,81 - 2,87 \cdot 0,98}{2,23 \cdot 1,44} = 0,934$$

Como se ve, la correlación es extraordinaria buena. La correspondiente recta de regresión será:

$$X = a'Y + b'$$

$$a' = 0,934 \frac{2,23}{1,44} = 1,45$$

$$b' = 30,13 - 1,45 \cdot 21,52 = 1,07$$

Así pues, la recta tendrá la expresión

$$\underline{\underline{X = 1,45 Y - 1,07}}$$

Para la representación gráfica véase la fig. c.

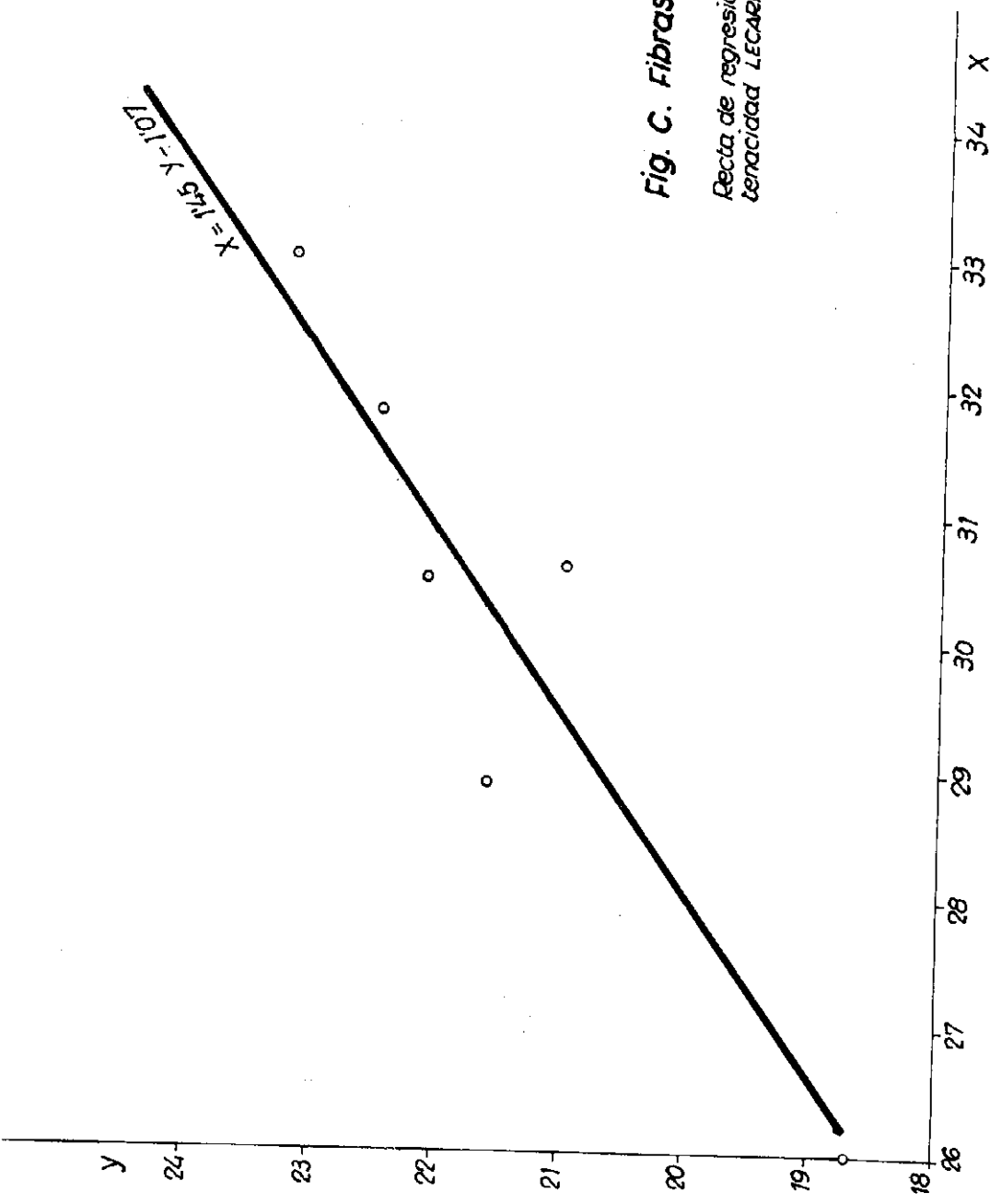
### 5.2.2. Alargamientos

La tabla y cálculos correspondientes son:

X	Y	x	y	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
35,4	38,0	3,3	7,0	21,1	10,89	49,—
28,6	32,8	—3,5	1,8	6,3	12,25	3,24
31,3	31,0	—0,8	0,0	0,—	0,64	0,—
32,1	33,8	0,0	2,8	0,—	0,—	7,84
40,3	39,6	8,2	8,6	70,52	67,24	73,96
39,6	36,5	7,5	5,5	41,25	56,25	30,25
		14,7	25,7	128,57	147,27	164,29

$$m_{1x} = \frac{14,7}{6} = 2,45$$

$$m_{1y} = \frac{25,7}{6} = 4,28$$



**Fig. C. Fibras acrílicas.**

*Recta de regresión entre tenacidad LECABIM e INSTRON*

$$m_{2x} = \frac{147,27}{6} = 24,54$$

$$m_{2y} = \frac{164,29}{6} = 27,38$$

$$m_{xy} = \frac{128,57}{6} = 21,43$$

$$\bar{X} = 32,1 + 2,45 = 34,55$$

$$\bar{Y} = 31 + 4,28 = 35,28$$

$$\sigma_x = \sqrt{24,54 - (2,45)^2} = 4,3 \quad \sigma_y = \sqrt{27,38 - (4,28)^2} = 3,01$$

$$r = \frac{21,43 - 2,45 \cdot 4,28}{4,3 \cdot 3,01} = 0,84$$

Existiendo buena correlación se pasa a determinar la correspondiente recta de regresión:

$$X = a'Y + b'$$

$$a' = 0,84 \frac{4,31}{3,01} = 1,2$$

$$b' = 34,55 - 1,2 \cdot 35,28 = 7,78$$

La recta de regresión tendrá la siguiente expresión:

$$\underline{\underline{X = 1,2 Y - 7,78}}$$

Véase la representación gráfica en fig. d.

## 6. DISCUSIONES

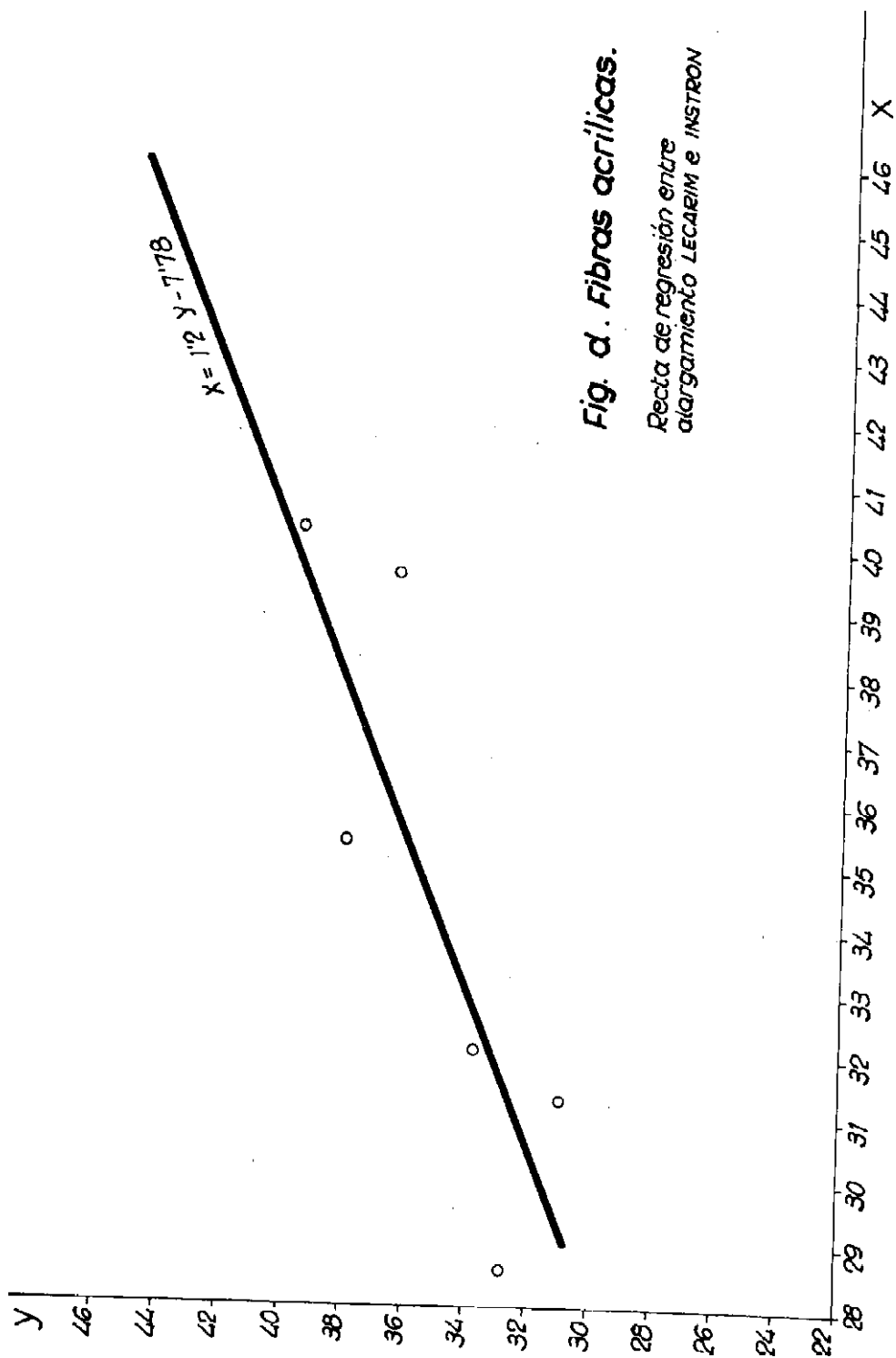
### 6.1. POLIESTER

#### 6.1.1. Tenacidades

Se observa que existe una buena correlación entre las tenacidades de las fibras de poliéster obtenidas con el dinamómetro Instron por fibra individual y por haces de fibras aplicándole el dispositivo Lecarim. Sin embargo, esta correlación ( $r = 0,863$ ) es algo menor que lo obtenido con el Stelometer (ver Parte I). No obstante, esta correlación es francamente buena dentro del campo textil, que se caracteriza por una gran dispersión de valores de los parámetros medidos.

#### 6.1.2. Alargamientos

Al igual que en las tenacidades, se observa una ligera disminución en el coeficiente de correlación. Sin embargo, el valor obtenido ( $r = 0,833$ ) es francamente alto y puede servir para determinar la recta de regresión correspondiente. También



**Fig. d. Fibras acrílicas.**

Recta de regresión entre  
alargamiento LECARIM e INSTRON

tenemos que *indicar aquí*, al igual que lo hicimos en el Stelometer, que los valores absolutos de los alargamientos obtenidos con el procedimiento de fibra individual y por haces de fibras son muy distintos, lo que *no impide en absoluto* el poder pasar de un tipo a otro mediante las correspondientes rectas de regresión.

## 6.2. ACRILICA

### 6.2.1. Tenacidades

Tal como era de esperar a la vista de los resultados obtenidos con el Stelometer en el sentido de que a medida que aumentaba la galga del ensayo Stelometer se iban obteniendo mejores correlaciones, se ha obtenido en este caso una correlación del orden de  $r = 0,934$ .

Este valor hace que pueda afirmarse que las tenacidades por fibra individual y por haces de fibras, si bien con valores absolutos diferentes, sean perfectamente comparables y que mediante las correspondientes rectas de regresión se pueda fácilmente pasar de unos a otros. Se comprende que en nuestro caso sólo sea interesante la recta de regresión que permite el paso a tenacidades por haces de fibras a tenacidades individuales, por lo que en la representación gráfica se ha dibujado sólo dicha recta.

### 6.2.2. Alargamientos

El valor de la correlación correspondiente a los alargamientos ha sido del mismo orden que en las fibras de poliéster ( $r = 0,84$ ) por lo que también se pueden obtener las correspondientes rectas de regresión para pasar de un tipo de alargamiento a otro.

## 7. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos comparando los procedimientos de determinación por fibra individual y por haces de fibras (Lecarim), se pueden generalizar las conclusiones obtenidas en la Parte I de este trabajo y que citamos de nuevo.

1. Existe una muy buena correlación entre las resistencias y alargamientos obtenidos en el dinamómetro Instron por el procedimiento de fibra individual y por haces de fibra mediante la aplicación en el mismo del dispositivo Lecarim, tanto para las fibras de poliéster como del tipo acrílico. Por la forma de trabajar el dispositivo Lecarim que es independiente del alargamiento de la fibra (cosa que no ocurría con el Stelometer), así como por los resultados obtenidos en las dos muestras de poliamida de que se disponía, hace suponer que estos resultados pueden generalizarse por cualquier tipo de fibra sintética.

2. Existiendo una buena correlación entre las distintas tenacidades y alargamientos por los dos procedimientos anteriormente reseñados, es posible deducir las correspondientes rectas de regresión que permiten pasar de los valores dados por el procedimiento por haces de fibras (Lecarim) a valores individuales.

3. Haciendo uso de la anterior conclusión, pueden obtenerse reducciones de tiempo en ensayos de rutina del orden de los  $\frac{7}{8}$ .

## 8. AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la SEDA DE BARCELONA, S. A. su colaboración en el desarrollo de esta Parte II así como a las Srtas. M.<sup>a</sup> Dolores Vives y Montserrat García, por sus trabajos experimentales.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- (1) Mesure de la tenacité des laines en forme de fasceaux a l'aide du dispositif Lecarim. — L'Institut Textile de France, n.º 155, julio-agosto 1971.
- (2) Blankenburg G., Philippen H., Spiegelmacher.