

### MEDICION DEL ALARGAMIENTO ELASTICO INMEDIATO

El alargamiento elástico inmediato es la deformación producida en un cuerpo imperfectamente elástico, por una tensión que actúa durante un tiempo que tiende a cero, medida durante un lapso de tiempo que tiende también a cero. Estas condiciones son indispensables ya que de actuar la fuerza, o prolongarse la medición durante un tiempo apreciable, se iniciaría ensiguada el alargamiento elástico diferido que se superpondría al inmediato. El valor obtenido sería la suma de ambos.

Es evidente que ninguno de los tipos de dinamómetro indicados permite ni siquiera acercarse a estas condiciones. El dinamómetro de péndulo tiene un sistema medidor que opone gran inercia. El de plano inclinado adolece igualmente de la inercia del carro y los tres tipos están impulsados por mecanismos que además de oponer su propia inercia, necesitan cierto tiempo para actuar.

Para poder efectuar dicha medición se emplean medios acústicos.

Fórmulas y relaciones básicas.- Según la definición del módulo de elasticidad:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Por tanto el alargamiento elástico inmediato sufrido bajo esfuerzo  $\sigma$ , en el supuesto que E sea constante será:

$$\text{a.e.i.} = \varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

Pero si E es variable, tendremos

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$$

$$d\varepsilon = \frac{1}{E} d\sigma$$

$$\text{a.e.i.} = \varepsilon = \int d\varepsilon = \int \frac{1}{E} d\sigma$$

Si podemos dibujar experimentalmente la curva  $1/E = f(\sigma)$ , podemos conocer el alargamiento  $\varepsilon$ , que será igual al área delimitada por el eje de abscisas, el eje de ordenadas, la curva representativa de la función y la ordenada en el punto correspondiente al valor de la tensión  $\sigma$  que interese.

Medición de E mediante fenómenos acústicos.- La Física nos enseña que la velocidad de propagación de una vibración longitu-



dinal en un cuerpo prismático o cilíndrico, es:

$$v = \sqrt{E/\delta} ; \text{ de donde } E = v^2 \delta$$

siendo  $\delta$  la densidad del cuerpo. En esta fórmula desde luego, el módulo de elasticidad se expresa en gr/cm<sup>2</sup>. Pero como:

$$E = E_{\text{tex}} \delta, \text{ tendremos } E = E_{\text{tex}} \delta = v^2 \delta$$

dividiendo ordenadamente por  $\delta$  resulta:

$$E_{\text{tex}} = v^2$$

Técnica de la medición de  $v^2$ . Aparato Ballou-Silverman..- Consta este aparato de las siguientes partes (4):

1º).- Un dinamómetro de tensión constante (plano inclinado o peso libre), que somete la muestra a la tensión de prueba.

2º).- Un oscilador de alta frecuencia ( del orden de 10.000 ciclos/seg.) de frecuencia  $f$  variable.

3º).- Un cristal que transmite por contacto las vibraciones recibidas del oscilador, al hilo que se ensaya.

4º).- Un segundo cristal situado a la distancia  $d$  del primero que recibe las vibraciones emitidas por el primer cristal, transmitidas a lo largo de la longitud de hilo  $d$  a la velocidad  $v$ . La vibración recogida será de la misma frecuencia

y longitud de onda  $\lambda$  que la emitida, pero estará defasada en retraso debido al tiempo empleado para recorrer la distancia d.

5º).- Un amplificador.

6º).- Un oscilógrafo catódico que recibe superpuestas las vibraciones de ambos cristales y que según la figura proyectada en la pantalla del mismo, nos indicará si las vibraciones están en concordancia de fase, en oposición, o defasadas de un valor cualquiera.

Variando la frecuencia  $f$  conseguiremos que las dos vibraciones estén en oposición de fase, en cuyo momento  $\lambda = 2d$ . Como la frecuencia es indicada por el propio aparato, tendremos,

$$v = f \lambda = 2df$$

$$E_{\text{tex}} = v^2 = 4 d^2 f^2$$

Este aparato ha experimentado diversos perfeccionamientos entre los cuales podemos citar la emisión de cortos trenes de ondas en vez de una vibración continua a fin de evitar la producción de ondas estacionarias y resonancias. Finalmente la adición de un mecanismo registrador que permite registrar de forma continua los valores de  $E$  durante un ciclo completo de carga hasta la rotura, o de cargas y descargas sucesivas, etc.

ESTUDIOS MEDIANTE GRAFICOS TENSION-ALARGAMIENTO

Después de haber expuesto los fundamentos del método que utilizamos para la confección de los gráficos tensión-alargamiento y de haber descrito los principios de los nuevos tipos modernos de dinamómetro y sus técnicas de medición, daremos a continuación los resultados de una serie de ensayos tensión-alargamiento de los hilos de fibras artificiales, bajo condiciones muy diversas pero similares a las que se hallan en la práctica industrial.

Este ha sido, en definitiva, el motivo por el cual se realizó el presente trabajo.



### Influencia del estado higrométrico

Para poner de manifiesto la influencia del estado higrométrico sobre la tenacidad y las propiedades elásticas del rayón, hemos efectuado una serie de ensayos en un dinamómetro de péndulo a distintos grados de humedad que resumimos parcialmente en el gráfico fig. 12.

El método de ensayo seguido ha sido el descrito anteriormente para la obtención del gráfico tensión-alargamiento en seco. Hemos omitido representar en el gráfico las curvas correspondientes a los alargamientos permanentes para evitar confusiones en la figura. En él podemos comprobar los siguientes hechos:

1º).- Cuando el rayón está más seco, tiene mayor tenacidad, pero menor extensibilidad.

2º).- Para  $\sigma = 0,4$  gr/den. el alargamiento total a 98 % de HR, es 13 veces mayor que a 40 % de HR.

3º).- Al pasar de 40 % a 98 % de HR el rayón pierde el 43 % de su resistencia a la rotura, aumentando en cambio su alargamiento a la rotura en un 45 %.

Para deducir el grado de humedad que más conviene utilizar durante las operaciones de preparación y tisaje, recordaremos que en ellas raramente se sobrepasa una tensión igual al 25 %



Influencia del estado higrométrico  
en el gráfico Tensión-alargamiento  
del rayón viscosa.

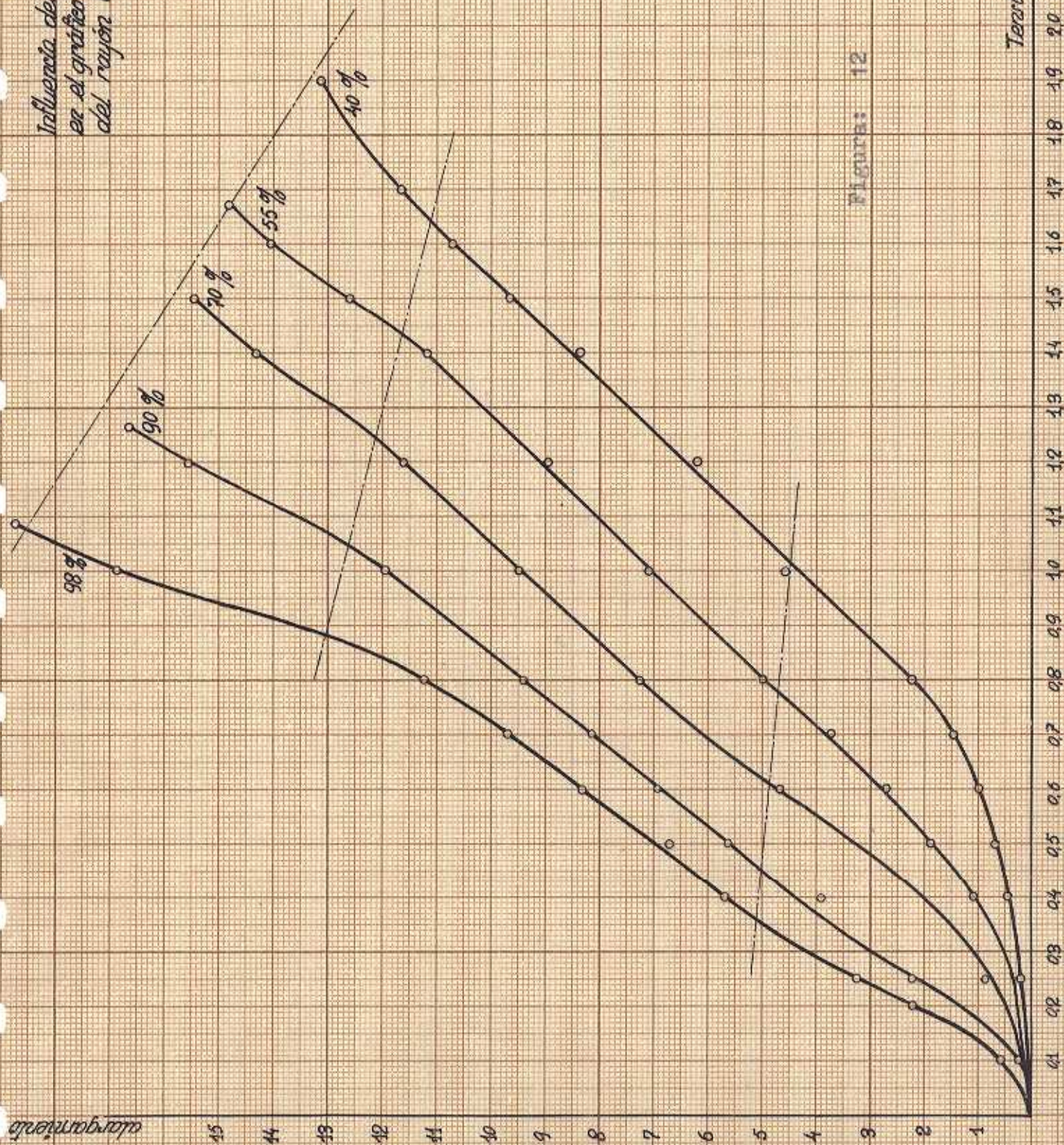


Figura: 12

Tensión en gramos/denier



de la carga de rotura, o sea aproximadamente  $\sigma = 0,4$  gr/den. De los ensayos efectuados tomamos los siguientes datos, que corresponden a dicha tensión de 0,4 gr/den.:

Humedad Relativa	Alargamiento Total	Alargamiento Permanente
40 %	0,4 %	0 %
55 %	1,1 %	0 %
70 %	2,0 %	0 %
80 %	2,9 %	1,3 %
90 %	3,9 %	1,9 %
96 %	5,7 %	3,1 %

Hasta 70 % de HR no se origina deformación permanente sensible con  $\sigma = 0,4$  gr/den. Por tanto el grado óptimo de humedad será éste, por ofrecer el máximo de elasticidad sin que en él se produzca alargamiento permanente alguno. Sin embargo es recomendable operar por precaución a un grado más bajo, o sea 65 % de HR, que coincide con el recomendado por el BISFA y la mayor parte de autores.



Gráfico tensión-alargamiento del rayón mate en seco

Hemos efectuado un ensayo para trazar la curva tensión-alargamiento en seco del rayón 100 den. mate. Hemos seguido el mismo método operatorio empleado para trazar la curva del rayón 100 brillante, y hemos reproducido al mismo tiempo dicha curva con el objeto de efectuar comparaciones.

Consecuencias

1ª) Para tensiones hasta 0,40 gr/den., el rayón mate es más extensible que el brillante, y alcanza ya deformaciones permanentes.

2ª) Para tensiones entre 0,40 y 0,80 gr/den., la situación se invierte, es decir, que el rayón brillante es más extensible que el mate, y al propio tiempo sus deformaciones permanentes son mayores.

3ª) Por encima de 0,80 gr/den., vuelve a ser más extensible el rayón mate que el brillante.

4ª) En el momento de la rotura, la tensión del rayón mate es menor, y sus alargamientos total y permanente mayores que para el rayón brillante.



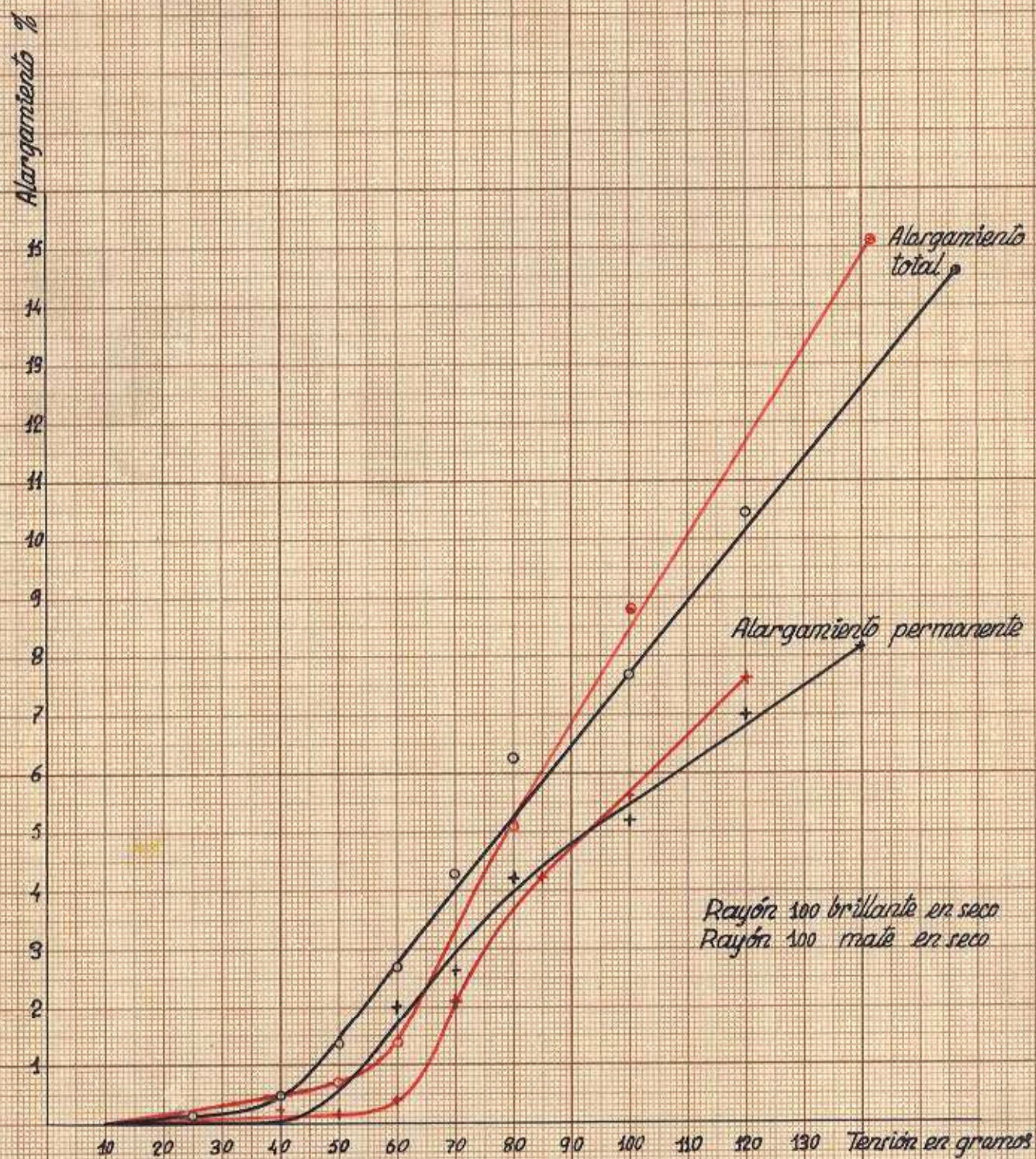


Figure: 13



## Recuperación de dimensiones por mojado y secado

Con el fin de investigar la influencia que tienen sobre el alargamiento de los hilos y tejidos de rayón las diferentes combinaciones de tensiones, mojados y secados sucesivos como las que se encuentran en diferentes fases del proceso de fabricación de tejidos, hemos efectuado una serie de ensayos, reproduciendo esquemáticamente lo que ocurre durante dicha fabricación.

### Método operatorio

Se ha utilizado un dinamómetro de péndulo usual y se ha seguido el método de ensayo descrito anteriormente. En conjunto el ensayo comprende las siguientes fases:

a).- Carga del hilo en seco hasta una tensión  $\sigma$  gr/den. Se mide en este momento el alargamiento total alcanzado.

b).- Descarga del hilo en seco hasta dejar sólo un remanente de tensión de 0,05 gr/den. a fin de que el hilo permanezca recto. Se mide en este momento el alargamiento permanente sufrido por el hilo.

Hasta este punto el gráfico obtenido coincide con el gráfico tensión-alargamiento en seco de la fig. 5.



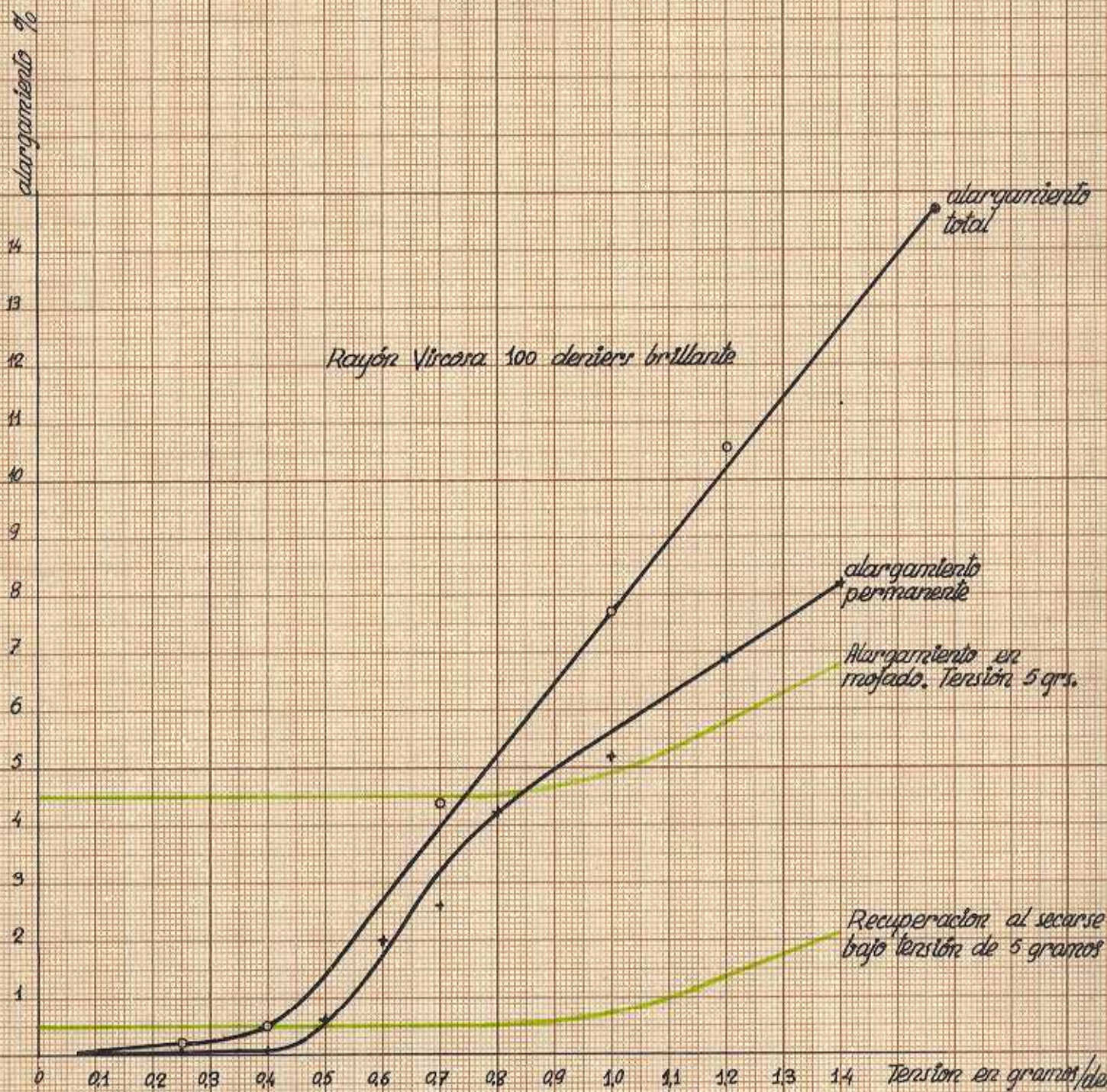


Figura: 14



c).- Conservando la misma tensión mínima de 0,05 gr/den., que casi puede considerarse nula, se moja abundantemente el hilo, dejando transcurrir unos minutos a fin de que la humedad penetre bien en el hilo antes de medir el alargamiento obtenido, que se anota en el gráfico.

d).- Se deja secar bajo la misma tensión de 0,05 gr/den., anotando finalmente el alargamiento remanente.

### Observaciones

1ª).- Al mojarse, el rayón modifica su longitud, alargándose o encogiéndose, hasta alcanzar una longitud igual a  $1 \pm 4,5\%$  de  $l$ , que hasta una carga  $\sigma = 0,8$  gr/den., es constante e independiente de la tensión sufrida anteriormente.

2ª).- Hasta este límite se recuperan completamente las dimensiones iniciales por secado. (El alargamiento remanente del  $1/2\%$  es debido a la tensión de 0,05 gr/den. bajo la cual se ha secado. Desaparece por completo si el secado se efectúa libre de tensión).

3ª).- Pasado el límite de 0,8 gr/den., aparecen deformaciones irre recuperables.

### Consecuencias

Lo que hasta aquí hemos llamado alargamiento permanente, en realidad no lo es más que en parte, siendo el resto un alargamiento recuperable fijado por el roce interno entre las moléculas (5). El agua interpuesta entre las mismas actúa, podemos decir, de "lubricante", permitiendo la recuperación de las dimensiones.

Este gráfico explica perfectamente el fenómeno de "revelado" que producen las operaciones en mojado mencionado anteriormente.

Supongamos un hilo que durante el bobinado ha sufrido una sobretensión de 0,7 gr/den., por ejemplo. Consultando el gráfico vemos que conservará un alargamiento permanente del 3 %. En esta forma será tejido, y en el telar no se notará nada. Pero al mojarlo y secarlo este hilo se encogerá de dicho 3 %, apareciendo como un hilo tirante que ondulará menos que los contiguos y tendrá un aspecto más brillante.

Igual explicación tienen las zonas de menor ancho y defectos similares indicados al principio de este trabajo.



### Curvas tensión-alargamiento de hilos de rayón aprestados

Una de las principales preocupaciones del tejedor es la perfección del aprestado de las urdimbres. Lógico es por tanto efectuar una serie de ensayos tensión-alargamiento trazando las curvas correspondientes a distintas clases de apresto y a distintas máquinas. (fig. 15).

La curva del rayón 100 deniers en seco es la misma trazada en el gráfico (fig. 7) y se ha reproducido aquí únicamente como término de comparación.

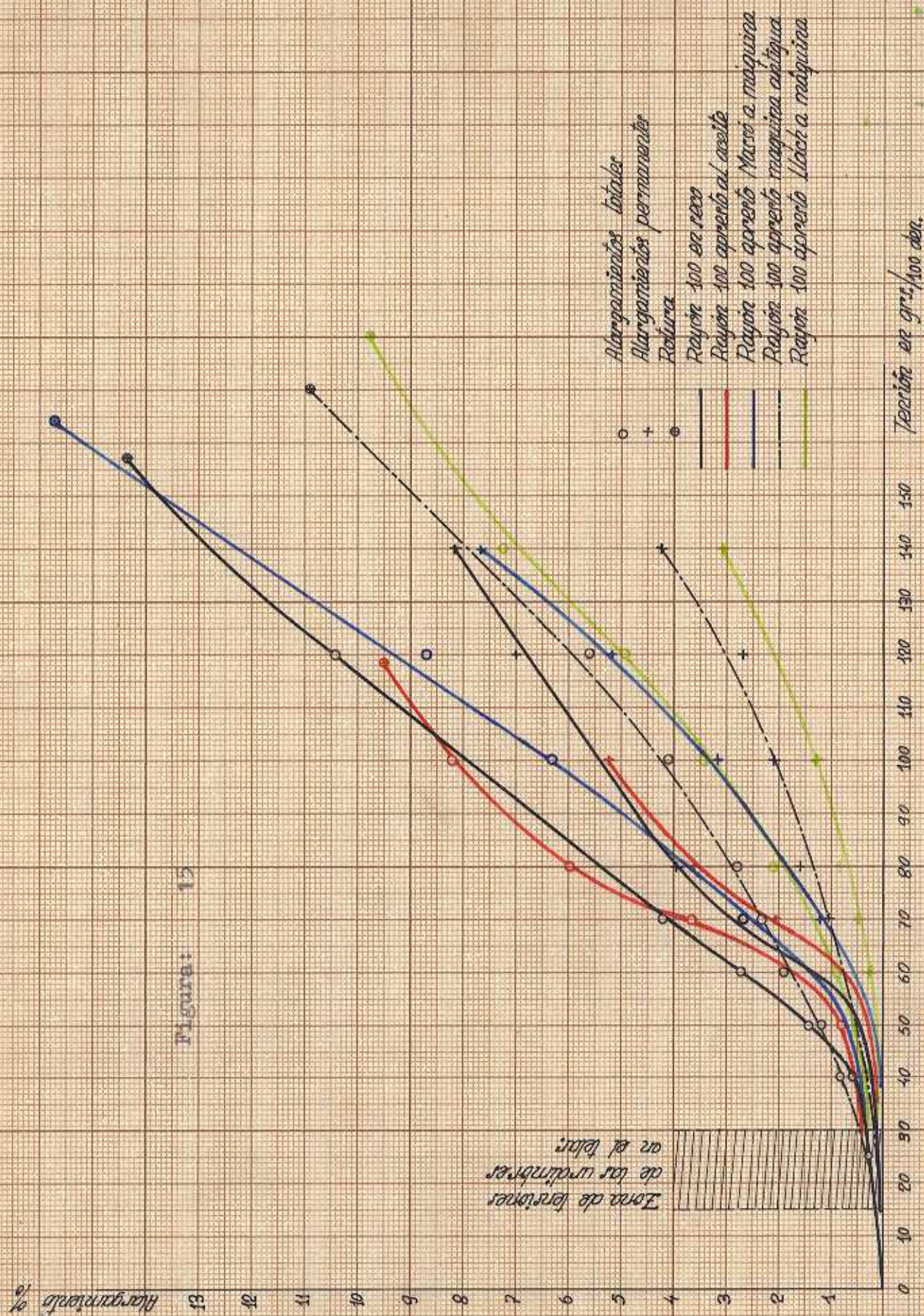
### Consecuencias

1ª) Apresto al aceite de linaza.- Este apresto se efectúa en coronas, sin recibir el hilo tensión alguna durante el aprestado. Goza de buena reputación entre los tejedores por dar urdimbres que se tejen perfectamente. Sus inconvenientes son la dificultad de su eliminación, que requiere un tratamiento fuertemente alcalino a la ebullición, y el peligro de enranciamiento, que puede atacar la celulosa del rayón disminuyendo su resistencia.

Sin embargo los hilos aprestados con aceite de linaza poseen gran elasticidad, por lo que dan buenos resultados en el telar.

En el gráfico podemos comprobar que es el que mayor alarga-







miento elástico tiene dentro de la zona de tensiones de las urdimbres en el telar. Se puede observar igualmente que dicho apresto es el que presenta menor resistencia a la rotura, probablemente porque la celulosa del rayón había sido ya atacada.

2º) Apresto en máquina antigua.- Se trata de una antigua máquina inglesa de aprestar individualmente los hilos de rayón, antes de la operación de urdido. Comprendía una fileta donde se ensartaban los carretes de rayón, una cubeta donde se aprestaban por contacto con un cilindro, unas placas secadoras calentadas por vapor, y una encarretadora que enrollaba los hilos en carretes independientes. Dicho sistema, denominado de carrete a carrete fué abandonado porque la considerable tensión necesaria para hacer girar el carrete de alimentación era ejercida por los carretes de la encarretadora y se transmitía al carrete de alimentación a lo largo de una extensión de hilo de unos 10 metros de longitud, que en buena parte estaba mojado. Como hemos ya indicado, las menores tensiones producen alargamientos permanentes en los hilos mojados que después son causa de defectos de tisaje.

El gráfico adjunto permite comprobar que efectivamente, para las tensiones usuales en el telar tenemos ya alargamientos permanentes.

La tensión de rotura es normal, pero su elasticidad es pequeña, como era previsible.

3º) Aprestos Massó y Llach en máquina Diederichs.- La máquina de aprestar utilizada era una encoladora Diederichs del tipo adecuado para urdimbres de rayón.

Podemos comprobar que ambos aprestos ensayados tienen resistencias a la rotura normales, pero los hilos aprestados con apresto Massó tienen una extensibilidad mucho mayor que los aprestados con el apresto Llach, por lo cual se utilizó el primero con buenos resultados en el telar.



### Gráfico de Cargas y Descargas repetidas

Hemos realizado un ensayo de cargas y descargas repetidas con el fin de investigar los efectos de la fatiga sobre los hilos de rayón. (ver fig. 16).

El método operatorio ha sido el siguiente: se ha puesto en marcha el dinamómetro con una velocidad de la pinza inferior de 80 mm por minuto, hasta alcanzar la tensión de 1 gr/den. Inmediatamente se ha invertido la marcha, disminuyendo la tensión hasta 0,10 gr/den. Llegado a este punto, se ha invertido otra vez la marcha, aumentando la tensión hasta alcanzar nuevamente 1 gr/den. y así sucesivamente. Se han ido anotando los alargamientos correspondientes.

La humedad relativa de la atmósfera fué, durante el ensayo, de 75 % HR., superior a la humedad normal.

### Observaciones

1ª) Para la tensión 1 gr/den. siempre se ha obtenido el mismo alargamiento total.

2ª) Para la tensión de 0,10 gr/den. el alargamiento remanente ha sido mayor en cada nuevo ensayo.

3ª) En el primer y en el segundo ciclos de descarga y carga, se han formado verdaderos ciclos de histéresis. No así en las sucesivas descargas y cargas.



## Grafico de cargas y descargas repetidas

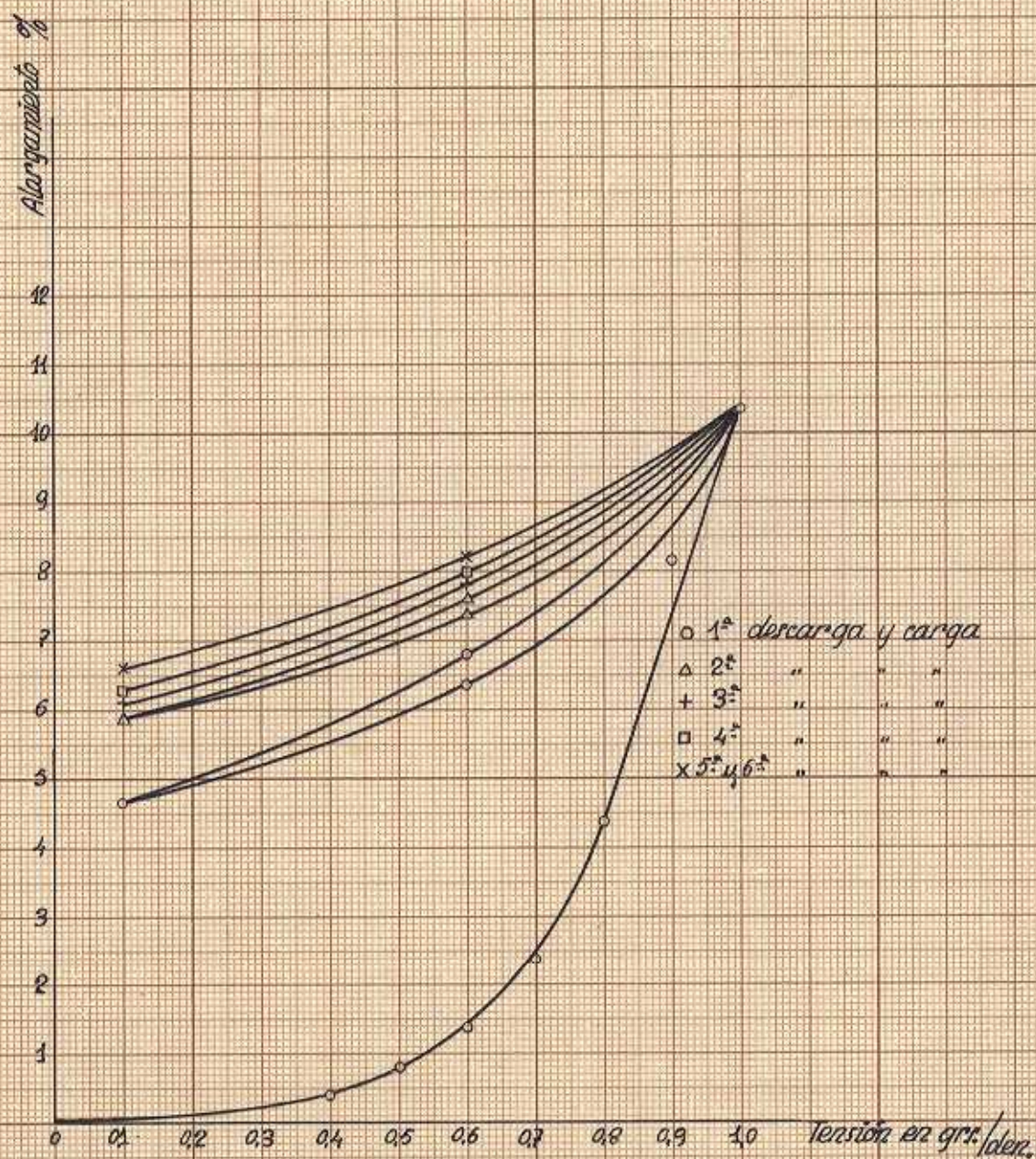


Figure: 16



### Consecuencias

El alargamiento total obtenido no depende del número de repeticiones de los esfuerzos. Podemos comprobar que en todos los casos tiene el mismo valor de 10,4 % o sea que dichas repeticiones no fatigan el hilo en forma sensible.

El alargamiento remanente, en cambio, aumenta en cada repetición. Más que a la fatiga, este aumento debe achacarse al aumento del alargamiento permanente debido al tiempo, cada vez mayor, que el hilo ha estado sometido a tensión. Probablemente este alargamiento remanente tiene un límite superior igual al alargamiento permanente correspondiente a la tensión de 1 gr/den.

Este gráfico no parece tener un significado especial, ya que su forma puede variar extraordinariamente con la velocidad de pinza escogida y la longitud de la probeta.

Tampoco tiene significado alguno aplicado al telar, máquina en la que los hilos sufren esfuerzos repetidos, ya que en ella los esfuerzos máximos soportados por los hilos no alcanzan valores que puedan producir alargamientos permanentes.



### Gráfico tensión-alargamiento del Nylón

Aunque esta fibra no entre dentro del grupo de las llamadas fibras artificiales, sino dentro del de las sintéticas, hemos efectuado un ensayo tensión-alargamiento, trazando el gráfico correspondiente, según el método utilizado anteriormente para el rayón.

#### Observaciones

A la vista del gráfico obtenido (fig. 17), podemos comprobar los siguientes hechos:

1º) La resistencia a la rotura del Nylón es mucho más elevada que la del rayón. La tensión de 321 gr para un hilo de 70 den. representa una carga de rotura  $\sigma_b = 4,6$  gr/den.

2º) El alargamiento a la rotura es algo superior al del rayón: 19,3 % contra 14,5 % de aquel.

3º) El alargamiento elástico, o sea en definitiva la elasticidad de la materia, es muy superior al del rayón. Si tomamos un punto hacia la mitad del diagrama, o sea 200 gr de tensión, comprobamos que el alargamiento permanente es el 18,5 % del total, mientras que el alargamiento elástico es el 81,5 % del total. Para el rayón, en cambio (fig. 7), para la tensión de 100



Hilo de Nylon  
70/34/49

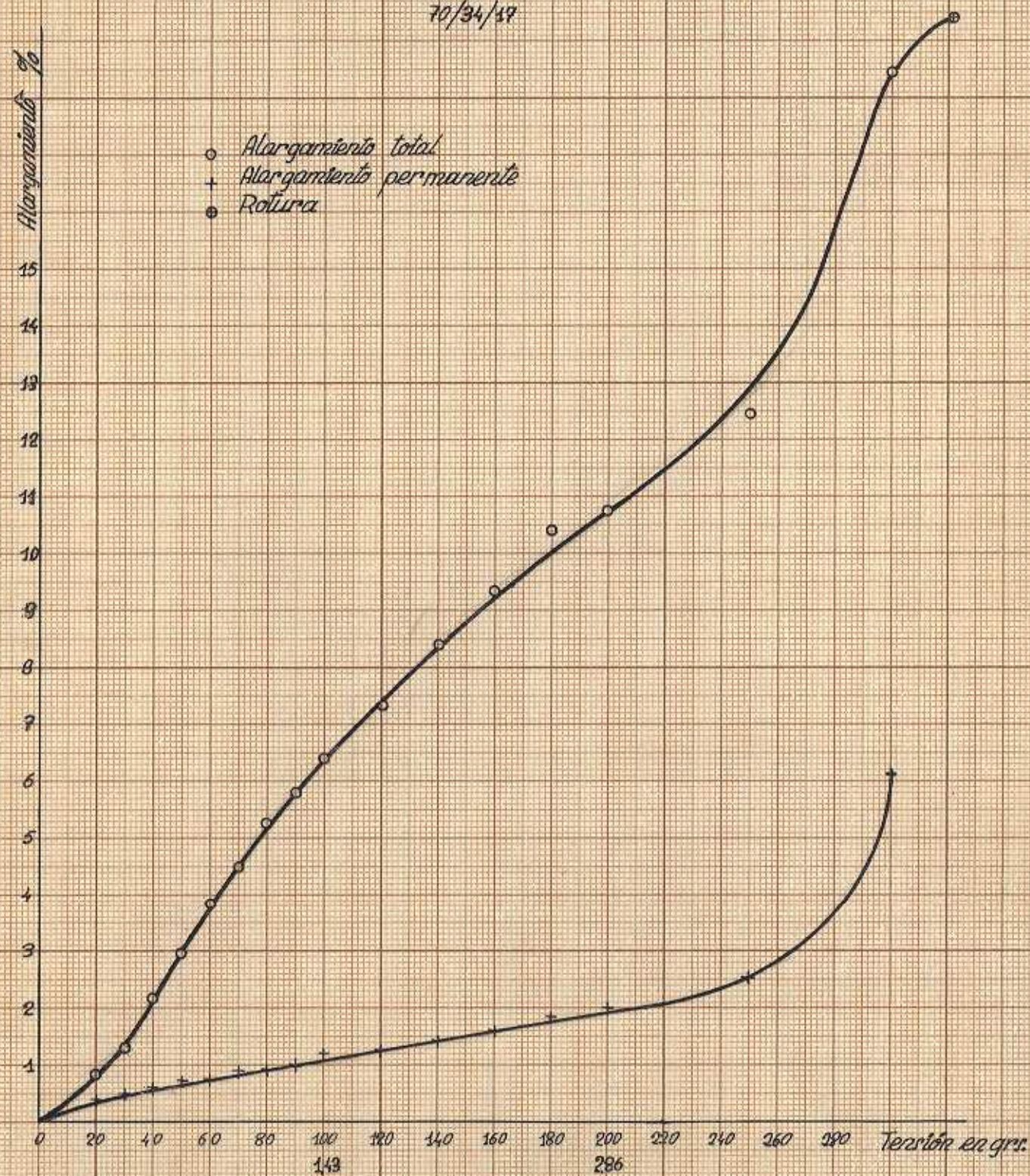


Figura: 17



gr., tenemos que el alargamiento permanente corresponde a un 70 % del total, mientras que el alargamiento elástico sólo representa el 30 % del total.

4º) El módulo de elasticidad de Nylón es casi constante hasta tensiones de 3,5 gr/den. aproximadamente.

5º) Sin embargo, a pesar de la elevada elasticidad del Nylón, observamos que se producen alargamientos permanentes desde las menores tensiones. El Nylón no posee por tanto ninguna zona de elasticidad perfecta y completa como la que tiene el rayón para tensiones por debajo de 0,4 gr/den.

### Consecuencias

Como consecuencia de este fenómeno es necesario trabajar el Nylón con tensiones lo más reducidas y regulares posibles, pues el peligro de producir hilos tirantes es mayor todavía que con el rayón.