

Universidad Nacional de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA
QUIMICA Y MANUFACTURERA



“CONTRACCIONES DEBIDO A LA APLICACION DE TORSION”

—:o:—

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Textil

ABRAHAM F. ABDALA NAZAL

PROMOCION - 1978 - 2

LIMA • PERU • 1980

A mis Padres

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido en la realización del presente trabajo , en especial a mis asesores, Ingenieros Carlos Cruz R. , Tomás Ramirez E. , y Fernando Díaz R.

A todos los profesores del Departamento de Procesos Industriales en el Area Textil, así como al Sr. Abraham Ashtu y Srta. Rosa Zapata por su invaluable ayuda en las pruebas ejecutadas.

De una manera muy especial a la Sra. Ing. Doris Maraví de Muscari, Jefe del Departamento de Procesos Industriales.

I N D I C E

RESUMEN Y CONCLUSIONES

I. PROPOSITO Y EFECTO DE LA TORSION

- 1.1. Influencia de la Torsión de la Resistencia
- 1.2. Efecto de la Torsión en la Elasticidad
- 1.3. Efecto de la Torsión en la Contracción del Hilado

II. DESCRIPCION DE LAS VARIABLES A UTILIZAR

III. MODELO 1. COMPORTAMIENTO DE LAS FIBRAS PERIFERICAS

IV. MODELO 2. COMPORTAMIENTO DE LAS FIBRAS INTERIORES

V. MODELO 3. INFLUENCIA DEL ESPESOR O FINURA DE LAS FIBRAS

VI. MODELO 4. MEJORA A LA TERCERA ALTERNATIVA DEL MODELO 3

VII. PARTE EXPERIMENTAL

7.1. Descripción del Equipo Utilizado en las Pruebas y Características del Algodón Empleado

7.2. Cálculo de las Constantes de la Máquina

7.3. Resultados

7.4. Observaciones

APENDICE I. OBTENCION DE LA ECUACION DE REGRESION DE DOS VARIABLES

APENDICE II. INTEGRAL DE LA FORMA $\int \sqrt{ax^2 + b}$

APENDICE III. OBTENCION DE LA ECUACION DE REGRESION DE TRES VARIABLES

APENDICE IV. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN Y CONCLUSIONES

La presente Tesis, llamada Contracciones debido a la Aplicación de Torsión, tiene por objeto establecer alguna relación matemática que determine cual es el grado de contracción de un hilado de algodón, cuando se le aplica torsión.

Con este fin se desarrollaron 4 Modelos Teóricos, para luego trabajar una parte experimental que confirme o rechaze los supuestos establecidos en cada Modelo.

Según cada uno de estos Modelos se encontraron las siguientes expresiones:

$$\text{Modelo 1 } \% C = 5.03k - 8.47$$

$$\text{Modelo 2 } \% C = 1.79k - 3.13$$

$$\text{Modelo 3a } \% C = 2.62k - 4,55$$

$$\text{Modelo 3b } \% C = 2.62k - 4.56$$

$$\text{Modelo 3c } \% C = 2.63k - 4.57$$

$$\text{Modelo 4 } \% C = 0.33N^{-1.088}T^{2.159}$$

en donde:

- % C : Porcentaje de Contracción
- k : Constante de torsión (sistema inglés)
- N : Título del Material (sistema inglés)
- T : Torsión Aplicada (vueltas por pulgada)

En la parte experimental se trabajaron tres títulos:

$$N_e = 22.9$$

$$N_e = 17.5$$

$$N_e = 10.8$$

y cada uno de éstos con 10, 14 y 10 torsiones distintas respectivamente.

Se encontró que el comportamiento real seguía muy aproximadamente al Modelo 4, pues los errores o diferencias entre lo pronosticado y lo real eran:

N_e	% error
22.9	- 2.06%
17.5	- 2.32%
10.8	- 3.05%

Las características de la prueba están explicadas con más deta-

lle en el Capítulo VII, de la misma manera que los supuestos de cada modelo se encuentran en su respectivo capítulo.

I. PROPOSITOS Y EFECTOS DE LA TORSION

Es sabido que los hilados son torsionados con el propósito de crear fuerzas laterales, que generando fuerzas de fricción, evitan el deslizamiento entre las fibras. Esto es fácil de demostrar, pues si tomamos una mecha de carda y la sometemos a tracción, notamos que se disgrega sin dificultad, pero si le aplicamos cierta torsión vemos cómo la cinta disminuye en su diámetro a medida que torcemos, a la vez que ésta incrementa su resistencia, puesto que la compresión generada hace más difícil el deslizamiento entre las fibras.

I.1. INFLUENCIA DE LA TORSION EN LA RESISTENCIA

La razón por la cual, dentro de ciertos límites, la torsión aumenta la resistencia, puede demostrarse con el siguiente ejemplo.

Consideremos una fibra en la periferia de un hilo torsionado, y sometamos esta fibra a tracción (fig.1.1a.). Esta

fibra puede estar enrollada bajo distintos ángulos de hélice α , notando que éste tiene gran influencia en la presión interna generada.

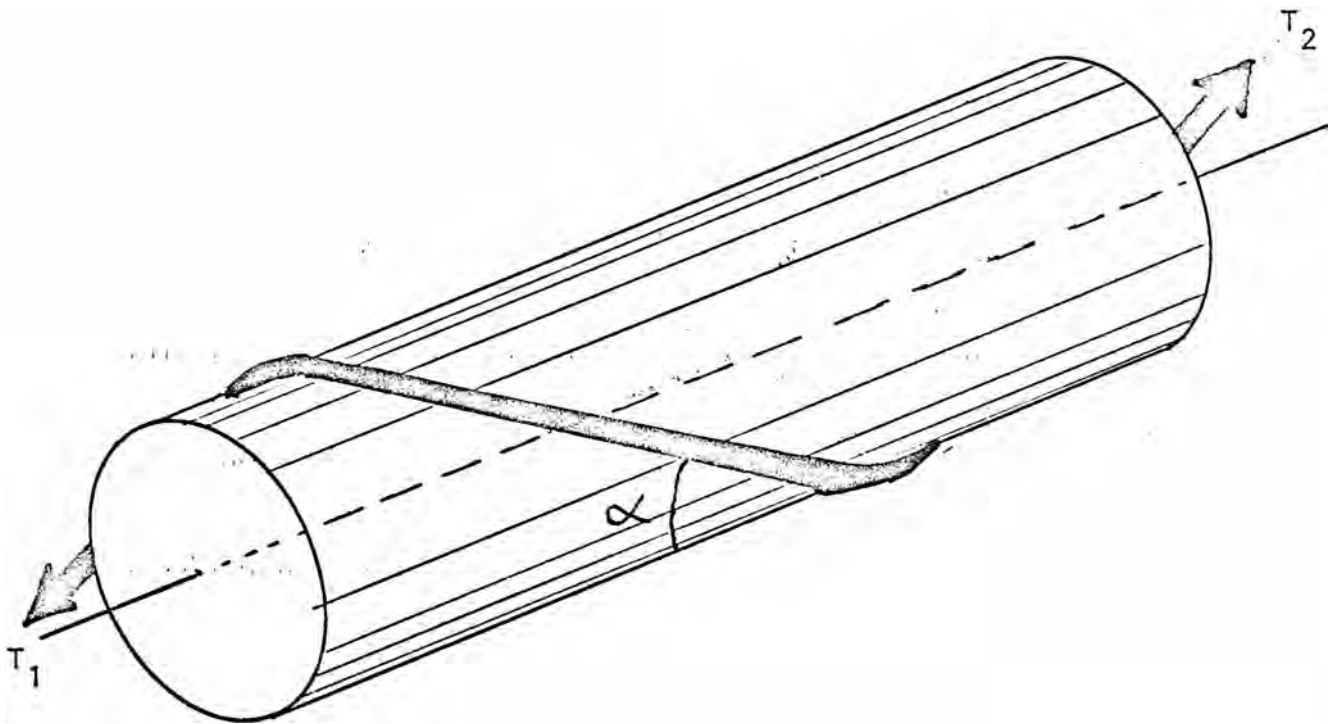


fig.1.1a.

Para demostrar esto último, analizaremos el sistema como se indica a continuación.

Consideremos este hilo, como un cilindro visto de frente y to-

memos una porción de fibra tal como AB, de longitud λ sometida a la tracción de las fuerzas T_1 y T_2 .

Descomponiendo estas fuerzas en dos componentes, una tangencial al cilindro y otra paralela al eje del mismo, hagamos un diagrama de las fuerzas que actúan sobre la porción de fibra (fig. 1.

1.B)

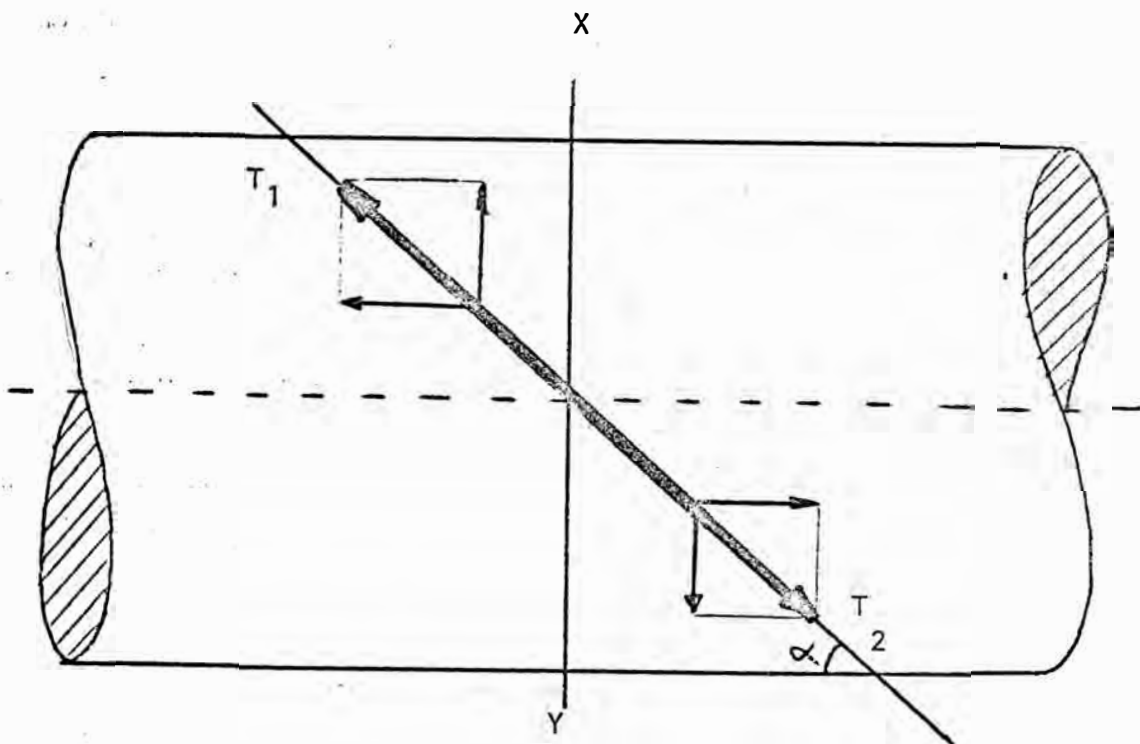


fig. 1.1b.

A estar el sistema en equilibrio:

$$\sum F_x = 0$$

$$T_1 \cos \alpha = T_2 \cos \alpha$$

de donde:

$$T_1 = T_2$$

Haciendo un corte al cilindro, según el plano XY (fig. 1.1c.)

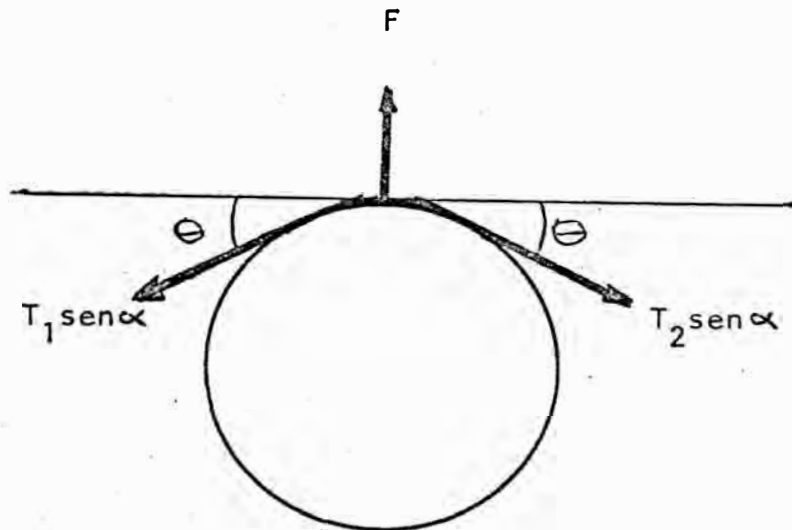


fig. 1.1c.

Si llamamos F a la fuerza de compresión generada hacia el interior del hilo por la acción de los componentes tangenciales de

T_1 y T_2 , tenemos:

$$\sum F_y = 0 \text{ de donde:}$$

$$F - T_1 \text{sen} \alpha \text{sen} \theta - T_2 \text{sen} \alpha \text{sen} \theta = 0$$

como: $T_1 = T_2$, obtenemos:

$$F = 2T \text{sen} \alpha \text{sen} \theta$$

Si analizamos algebraicamente esta expresión, notamos que θ es un valor constante para la longitud AB tomada, mientras que α va ría según el ángulo de hélice.

Nosotros buscamos que esta fuerza de compresión F sea máxima, lo que se consigue maximizando el factor variable $\text{sen} \alpha$, es decir, cuando α es igual a 90° , pues $\text{sen} 90^\circ = 1$. Si la resistencia del hilo fuese dada sólo por la compresión, tendríamos entonces que buscar siempre la máxima torsión posible con el fin de acercar este ángulo de hélice a 90° .

Como sabemos, esto no es cierto, pues la resistencia no sólo depende de la compresión, sino de las fuerzas de fricción generadas, como lo demostraremos a continuación.

Consideramos dos fibras que estén arrolladas bajo el mismo ángulo helicoidal y estudiaremos las fuerzas generadas entre ellas, por la acción de una fuerza F paralela al eje del hilo.

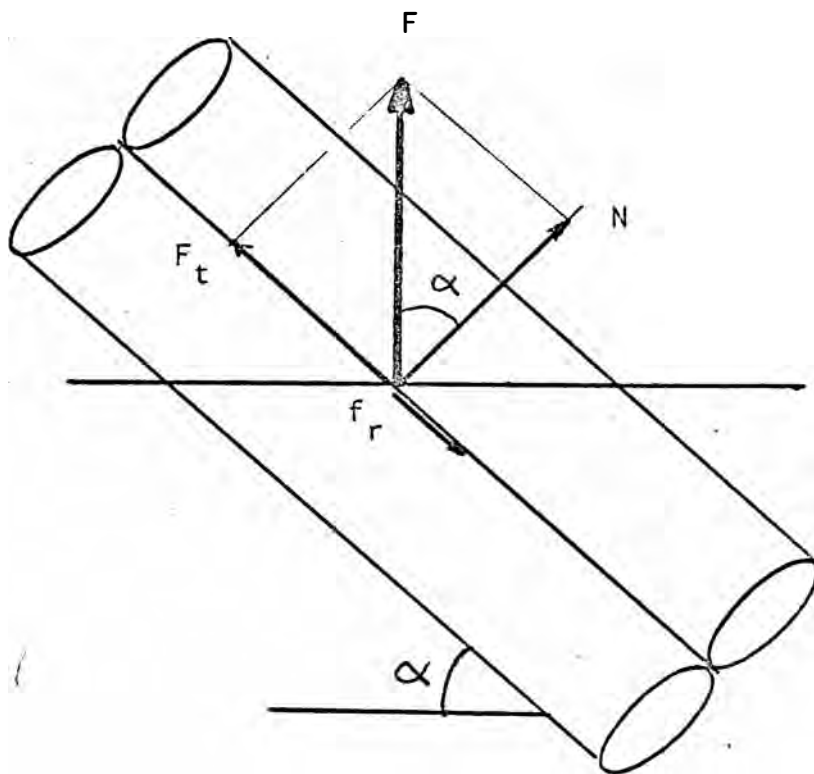


fig.1.1d.

Descomponiendo F en dos componentes: una paralela a las fibras y la otra perpendicular a ellas, y haciendo un diagrama de cuerpo libre (fig.1.1d.):

$$F_t = F \sin \alpha$$

$$N = F \cos \alpha$$

f_r = Fuerza de rozamiento entre fibras.

$f_r = u \cdot N$, donde u es el coeficiente de fricción entre fibras.

La fuerza total generada sobre una sección de la fibra es:

$$R = F_t - f_r$$

$$R = F \sin \alpha - u F \cos \alpha = F (\sin \alpha - u \cos \alpha)$$

Esta fuerza R se buscará minimizarla, puesto que esta es la fuerza que hace fallar la fibra.

Si graficamos $|\sin \alpha - u \cos \alpha|$ vs α se obtiene una curva del siguiente tipo (fig.1.1e).

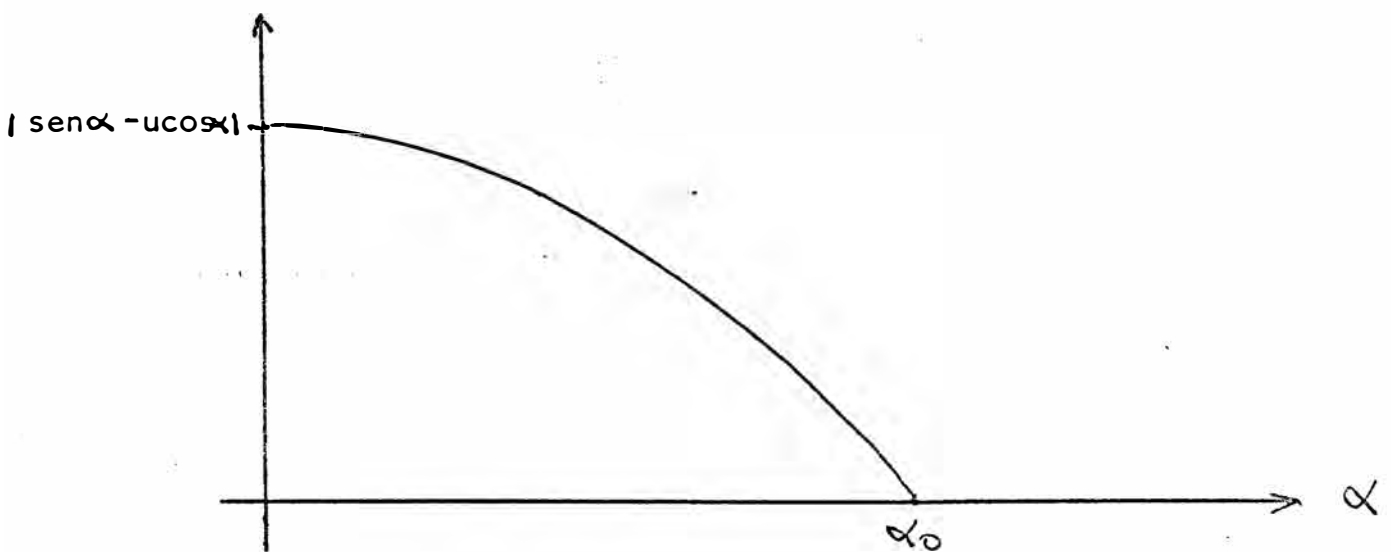


fig.1.1e.

El valor buscado es α_0 , puesto que para este valor la diferencia es mínima, es decir:

$$\operatorname{sen} \alpha_0 = u \operatorname{cos} \alpha_0 \quad \text{de donde:}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = u$$

Esto es, que bajo el punto de vista de la fricción exclusivamente, el ángulo de hélice es $\alpha = \operatorname{arctg}(u)$, mientras que si consideramos sólo el factor de compresión interna, el ángulo es $\alpha = 90^\circ$.

Para poder determinar entonces, cuál sería el ángulo ideal de torsión, debemos combinar los dos efectos antes mencionados, ponderando adecuadamente la importancia de cada factor.

1.2. EFECTO DE LA TORSION EN LA ELASTICIDAD

Según el autor italiano Carminati, en un hilado existen dos tipos de elasticidad:

1. Elasticidad de rotura: Límite máximo de alargamiento del hilado hasta la rotura.
2. Elasticidad útil: Determina el poder de recuperación de un hilado sometido a tracción y luego dejado en reposo.

Este mismo autor hace mención a una Ley de Torsión; que afirma que la elasticidad aumenta constantemente con la torsión y el diámetro del hilo.

Es importante notar que tanto la resistencia como la elasticidad, dependen de otros parámetros como las condiciones atmosféricas, temperatura y humedad relativa, así como la longitud, y denier de las fibras.

1.3. EFFECTO DE LA TORSION EN LA CONTRACCION DEL HILADO

Tomemos una porción de hilo, al momento de salir del cilindro delantero, es decir con una torsión prácticamente igual a cero, y dentro de él una fibra cualquiera AB de longitud λ tal como vemos en la fig. 1.3a.

La relación de longitud a peso, o título, en este caso será:

$$T = \frac{\lambda}{P} \dots\dots\dots (1)$$

donde P es el peso de esta porción de hilo, y λ es la longitud o altura del cilindro, que concuerda con la longitud de la fibra

AB tomada.

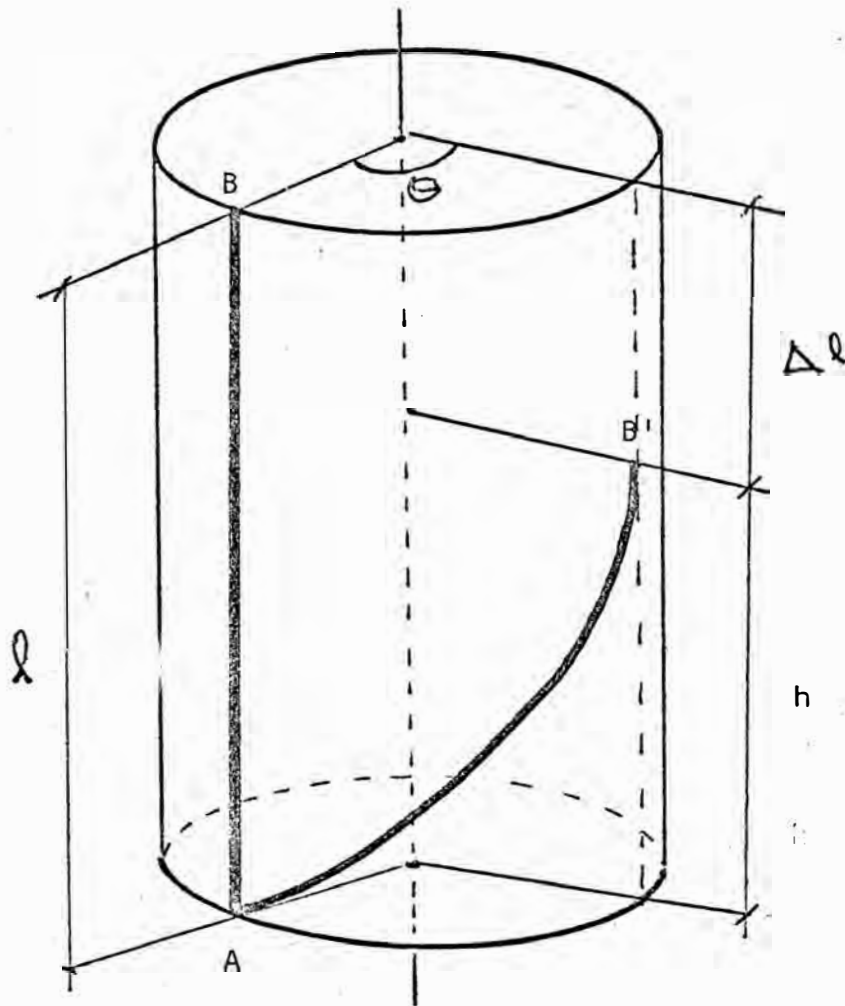


fig. 1.3a.

Ahora estudiaremos que ocurre con esta fibra al momento de torsio

nar el hilo una pequeña cantidad, tomando como fijo el punto A.

La fibra AB, tomará la posición AB', es decir que el punto B

se desplaza θ grados y a la vez se ve obligado a descender una

longitud

En este caso el título será:

$$T' = \frac{l - \Delta l}{P} \dots\dots\dots(2)$$

siendo P el mismo peso en ambos casos, pues no hay pérdidas de material.

De las expresiones (1) y (2), despejamos P y tenemos que:

$$P = \frac{l}{T} = \frac{l - \Delta l}{T'} = \frac{h}{T'}, \quad \text{de donde:}$$

$$T' = \frac{h}{l} T$$

puesto que $h < l$, $\frac{h}{l} < 1$ de donde:

$$T' < T$$

De esta manera demostramos que el título del material ha variado como se podía suponer.

Si ahora seguimos torciendo esta fibra, bajo las mismas condiciones antes mencionadas, el punto B seguirá descendiendo, haciéndose cada vez menor la relación $\frac{h}{\lambda}$, con lo que podemos afirmar que la variación o disminución del título es prácticamente proporcional a la torsión aplicada.

II. DESCRIPCION DE LAS VARIABLES A EMPLEAR

Presentaré a continuación una relación de las variables con las que trabajaré a lo largo de todo este estudio.

1. Torsión del material (t). Expresada en vueltas/plg
2. Diámetro del hilo (d). Según la fórmula de Ashenhurst

$$d = \frac{1}{0.9 \sqrt{840 \cdot N}}$$

obtenemos una relación entre el título y el diámetro del hilo, expresado en pulgadas.

3. Espesor de las fibras (s). En el estudio se considerarán a las fibras como elementos cilíndricos, donde s es el diámetro de la base de estos cilindros.
4. Título teórico del material (N_t). Representa el título del hilo a la salida del cilindro delantero. Se calcula como el título del pabito alimentado multiplicado por la constante de estiraje. En otras palabras N_t representa el título del hilo cuando se encuentra libre de torsión, es decir sin contracción.

5. Título real (N_r). Representa el título real del hilo, una vez aplicada la torsión.
6. Constante de torsión (k). Expresada en unidades inglesas. En este trabajo, usaremos valores de k comprendidos entre 2 y 6 con variaciones de 0.25.
7. Número de capas de la sección del hilo (n). Esta variable será explicada con más detalle en el momento apropiado.

III. MODELO 1. COMPORTAMIENTO DE LAS FIBRAS PERIFERICAS

En éste y en todos los modelos que presentaré a continuación, supondremos a un hilo como un elemento perfectamente cilíndrico.

Este modelo se caracteriza por estudiar únicamente el comportamiento del conjunto de fibras de la periferia del hilo.

Por último, consideremos un hilo que tiene una torsión de t vueltas/pulgada, y tomemos una longitud de hilo igual a $\frac{1}{t}$ pulgadas, con el propósito de tener una sola vuelta o espiral y así poder simplificar los cálculos.

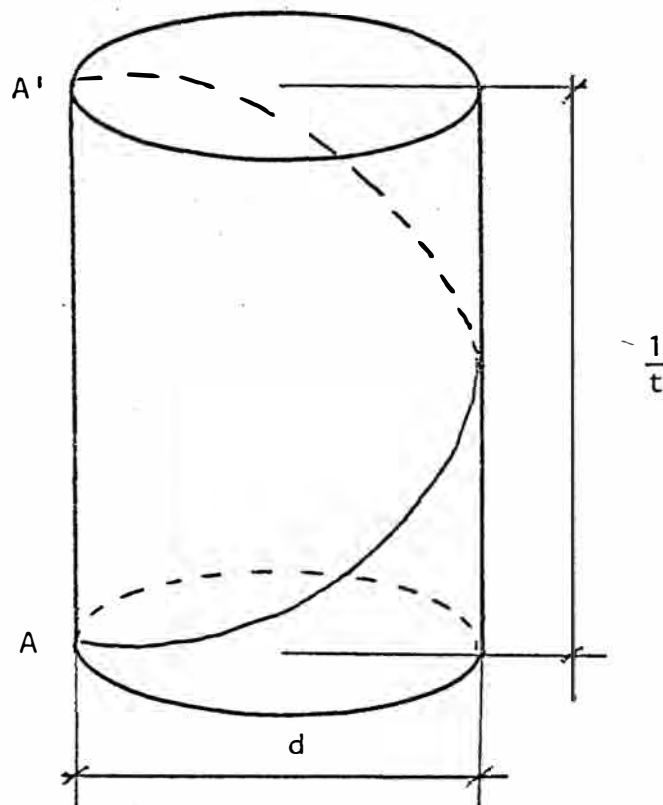


fig.3.1.

En la fig.3.1. tenemos que AA' es una fibra torsionada en la periferia de este cilindro(hilo) de altura $\frac{1}{t}$ y de diámetro d .

Si hacemos, un corte a lo largo de la generatriz que pasa por AA' , y desarrollamos la superficie lateral del cilindro sobre un plano, obtendremos un rectángulo, cuya altura será la misma del cilindro, $\frac{1}{t}$ y su base será el desarrollo de la circunferencia de la base, es decir πd (fig.3.2).

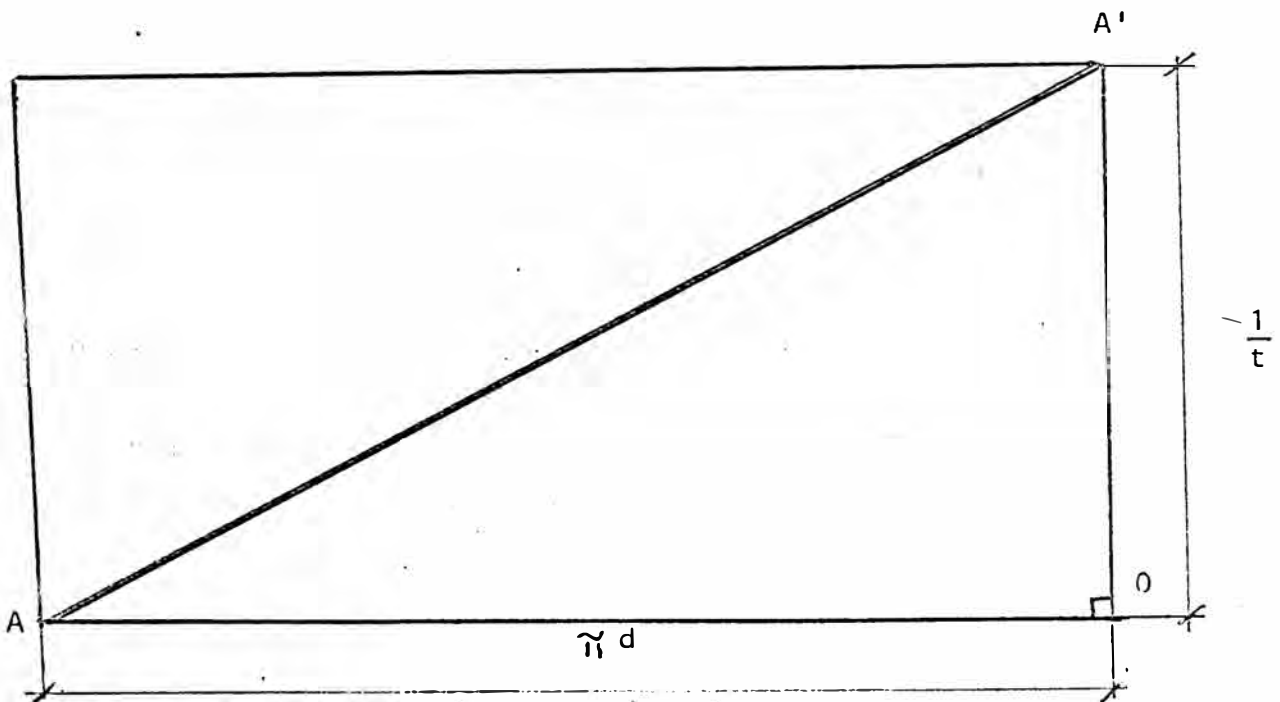


fig.3.2.

En el $\triangle AOA'$, según el teorema de Pitágoras:

$$AA' = \sqrt{(\pi d)^2 + \left(\frac{1}{t}\right)^2}$$

$$AA' = \sqrt{\frac{(\pi dt)^2 + 1}{t^2}}$$
$$AA' = \frac{1}{t} \sqrt{(\pi dt)^2 + 1} \quad \dots (1)$$

La fibra AA' antes de ser torcida determina el título del hilo.

Si consideramos como N_t a este título, tendremos:

$$N_t = \frac{AA'}{P} \quad \dots (a)$$

donde P es el peso de esta porción de hilo.

Si N_r es el título real después de recibir la torsión, tendre -

mos que:

$$N_r = \frac{OA'}{P} \quad \dots (b)$$

De las expresiones (a) y (b):

$$P = \frac{AA'}{N_t} = \frac{OA'}{N_r}$$

despejando N_r en función de N_t :

$$N_r = \frac{OA'}{AA'} N_t \quad \dots (1)$$

donde: $OA' = \frac{1}{t}$ y $AA' = \frac{1}{t} \sqrt{(\pi dt)^2 + 1}$

Reemplazando estos valores en (1):

$$N_r = \frac{\frac{1}{t} N_t}{\frac{1}{t} \sqrt{(\pi dt)^2 + 1}}$$

Simplificando:

$$N_r = \frac{N_t}{\sqrt{(\pi dt)^2 + 1}} \dots\dots (II)$$

Por otro lado, d y t están relacionados con N_t y N_r de la siguiente manera:

$$t = k \sqrt{N_t}$$
$$d = \frac{1}{0.9 \sqrt{840 N_r}}$$

Es importante notar que t es considerado como una función de N_t , mientras que d es función de N_r , puesto que debido a la torsión existe adelgazamiento del hilo.

Tendremos entonces:

$$\pi dt = \frac{\pi \times 1}{0.9 \sqrt{840 N_r}} k \sqrt{N_t}$$
$$\pi dt = \frac{\pi k}{0.9 \sqrt{840}} \sqrt{\frac{N_t}{N_r}}$$

Reemplazando en (II)

$$N_r = \frac{N_t}{\sqrt{\frac{\pi^2 k^2}{0.81 \times 840} \frac{N_t}{N_r} + 1}}$$
$$\frac{N_r}{N_t} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\pi^2 k^2}{0.81 \times 840} \frac{N_t}{N_r} + 1}} \dots\dots (III)$$

Con el propósito de simplificar algebraicamente la expresión

(III) hagamos los siguientes cambios de variables:

$$X = \frac{N_r}{N_t}$$

$$c = \frac{\pi^2 k^2}{0.81 \times 840}$$

tendremos reemplazando en (III):

$$X = \frac{1}{\sqrt{\frac{c}{X} + 1}}$$

Elevando al cuadrado:

$$X^2 = \frac{1}{\frac{c}{X} + 1}$$

$$X^2 \left(\frac{c}{X} + 1 \right) = 1$$

$$cX + X^2 = 1$$

Ordenando obtenemos una ecuación de 2do grado de la forma:

$$X^2 + cX - 1 = 0$$

cuya raíz positiva es:

$$X = \frac{-c + \sqrt{c^2 + 4}}{2} \dots\dots\dots (IV)$$

Además, si la contracción del hilo la expresamos en porcentaje:

$$\begin{aligned}\% \text{ contracción} &= \frac{N_t - N_t}{N_t} \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{N_r}{N_t}\right) \times 100\% \\ &= (1 - X) 100\%\end{aligned}$$

Es decir, para cada valor de k , tendremos su correspondiente valor de c , el que desarrollado en (IV) dará el correspondiente valor de X , con el que se encontrará el porcentaje de contracción.

Comparando los resultados obtenidos en el laboratorio contra los obtenidos en este Modelo 1, notamos que obtenemos valores muy elevados.

Esta gran diferencia se debe básicamente al hecho de suponer que la torsión de un hilo está dada solamente por la fibras periféricas del mismo, lo cual es errático, puesto que existen fibras interiores que también se torsionan, pero de una manera distinta como estudiaremos en el siguiente modelo.

Tabulando los valores de k, c, X y el % de contracción:

k	c	N_r/N_t	%contr.
2.00	0.058022	0.971409	2.859
2.25	0.073434	0.963956	3.604
2.50	0.906599	0.955696	4.430
2.75	0.109698	0.946653	5.335
3.00	0.130550	0.936852	6.314
3.25	0.153215	0.936322	7.368
3.50	0.177693	0.915092	8.491
3.75	0.203984	0.903195	9.680
4.00	0.232089	0.890666	10.933
4.25	0.262007	0.877541	12.246
4.50	0.293738	0.863859	13.614
4.75	0.327282	0.849659	15.034
5.00	0.362639	0.834986	16.502
5.25	0.399810	0.819880	18.012
5.50	0.438794	0.804387	19.561
5.75	0.479591	0.788553	21.145
6.00	0.522201	0.772424	22.756

Ajustando los valores del % de contracción y los valores de la constante de torsión a la ecuación de una recta, por el método de los mínimos cuadrados (Ver Apéndice I) tenemos:

$$\% \text{ contr.} = 5.027k - 8.471$$

MODELO 1

% Contr.

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

2

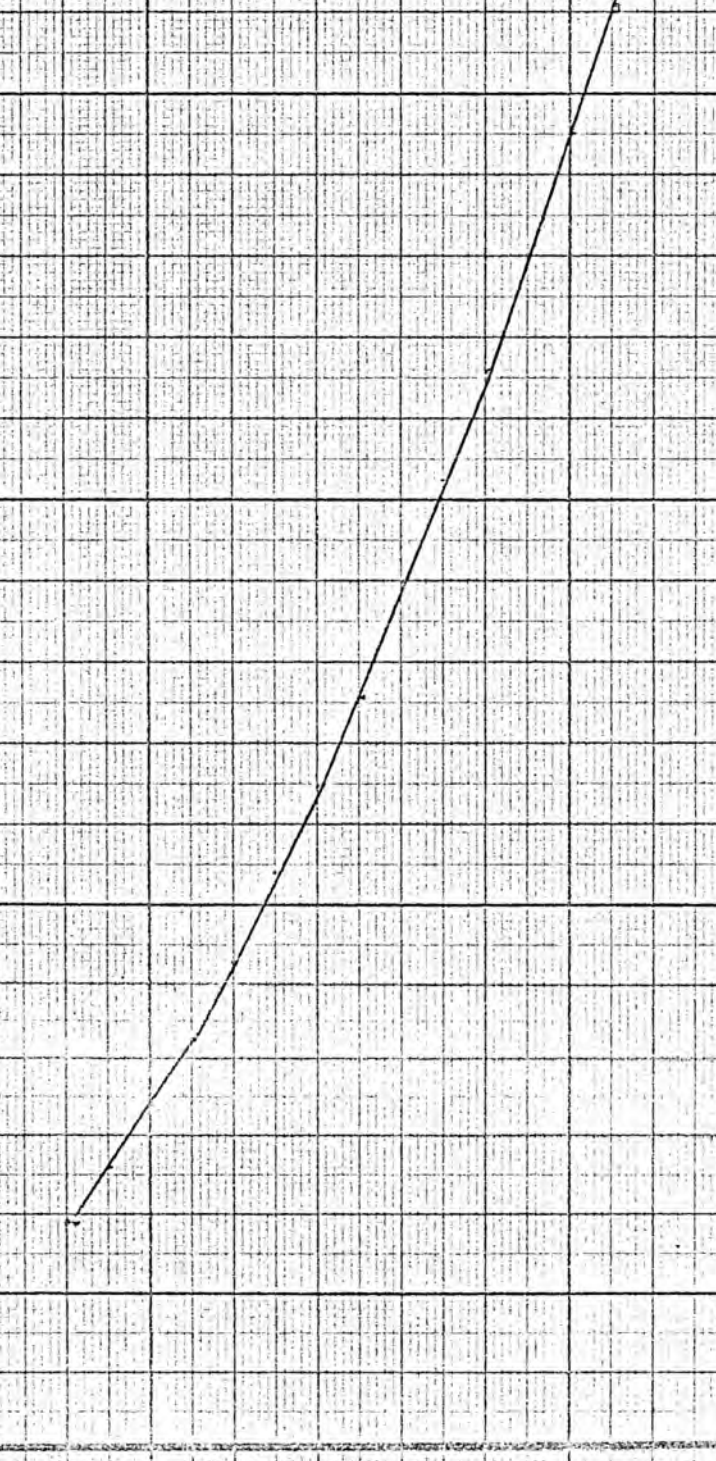
3

4

5

6

k



IV. MODELO 2. COMPORTAMIENTO DE FIBRAS INTERIORES

En el Modelo 1 estudiamos el comportamiento del conjunto de fibras de la periferia del hilo.

Sabemos que un hilo es una masa compacta de fibras, en la que tanto las fibras interiores, como las periféricas o exteriores, son torsionadas, pero no de la misma manera como estudiaremos a continuación.

Bajo los mismos supuestos que el Modelo 1, es decir, un hilo de torsión t vueltas por pulgada, pero en este caso estudiaremos dos fibras, una situada en la periferia del hilo, y la otra en el interior del mismo, situada a una distancia de x pulgadas del eje del hilo.

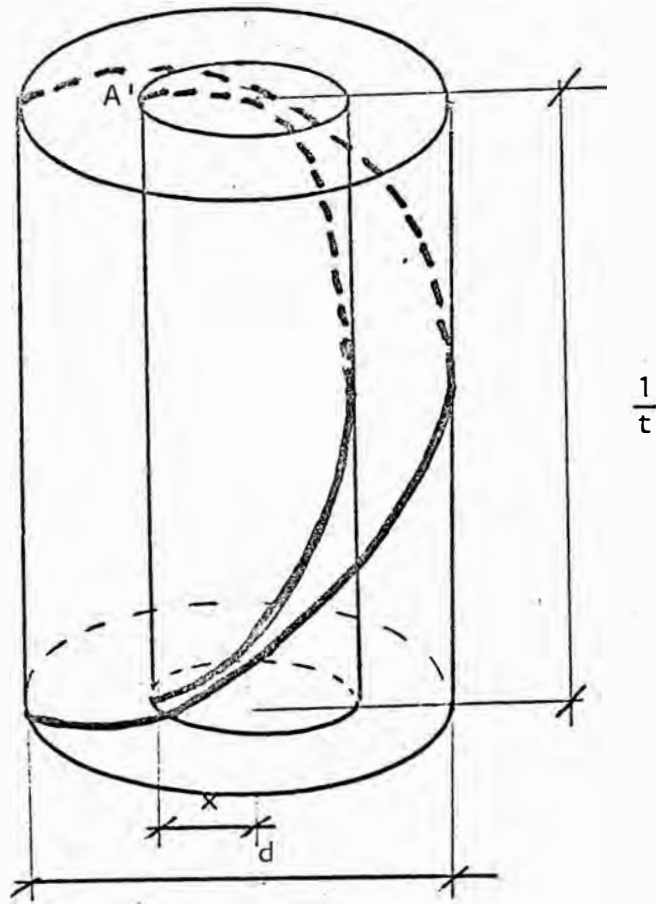


fig. 4.1.

De la misma manera, desarrollando alrededor de AA' tendremos:

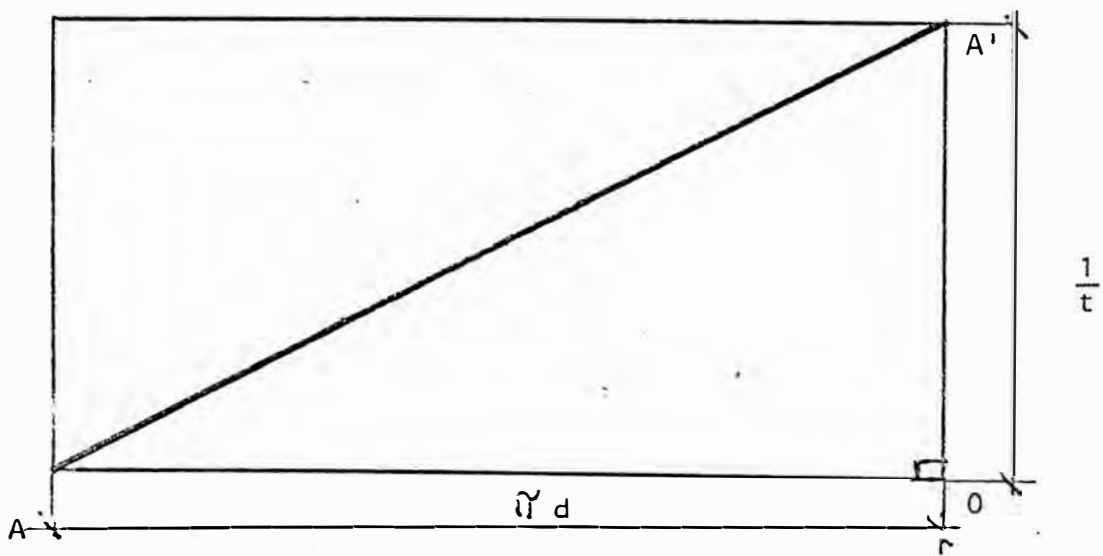


fig.4.2.

Por Pitágoras:

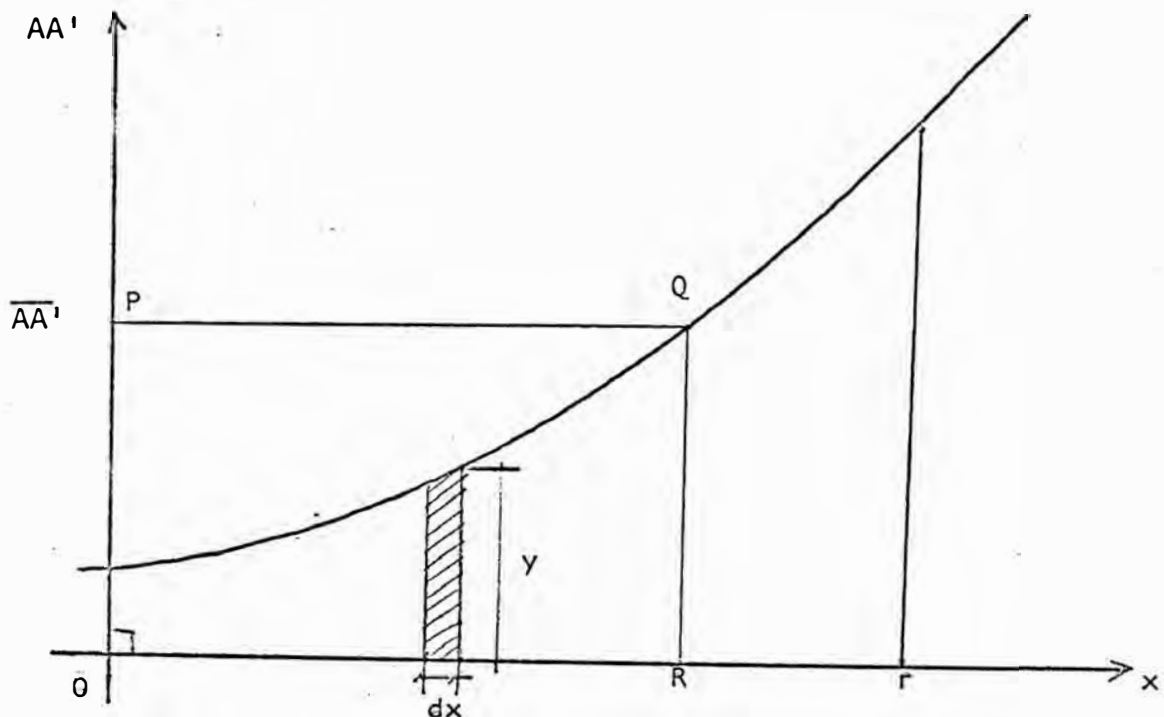
$$AA' = \sqrt{(2\pi X)^2 + \left(\frac{1}{t}\right)^2}$$

$$AA' = \sqrt{\frac{4\pi^2 X^2 t^2 + 1}{t^2}}$$

$$AA' = \frac{1}{t} \sqrt{4\pi^2 t^2 X^2 + 1} \dots\dots\dots (1)$$

Como notamos en la expresión (1) a medida que X aumenta AA' también aumenta, por lo que debemos encontrar un valor promedio en un intervalo que varía desde X = 0 hasta X = r.

Si graficamos AA' vs X tenemos:



El valor de AA' promedio, que lo llamaremos $\overline{AA'}$ es aquel valor de AA' , que hace que el área del rectángulo $OPQR$ sea igual al área bajo la curva desde $X = 0$, hasta $X = r$. Si S es el área del rectángulo, tendremos:

$$S = \overline{AA'} \cdot r \dots\dots\dots (1)$$

Además con la ayuda del cálculo integral, podemos evaluar S de la siguiente manera:

Consideremos el elemento diferencial sombreado, su área será:

$$DS = ydX$$

$$dS = \frac{1}{t} \sqrt{4\pi^2 t^2 X^2 + 1} \cdot dX$$

integrando entre $X = 0$ y $X = r$

$$S = \int_0^r \frac{1}{t} \sqrt{4\pi^2 t^2 X^2 + 1} \cdot dx \dots\dots (2)$$

Igualando (1) y (2)

$$\overline{AA'} \cdot r = \int_0^r \frac{1}{t} \sqrt{4\pi^2 t^2 X^2 + 1} \cdot dX$$

Despejando $\overline{AA'}$

$$\overline{AA'} = \int_0^r \frac{1}{tr} \sqrt{4\pi^2 t^2 X^2 + 1} \cdot dX$$

$$AA' = \frac{1}{tr} \int_0^r \sqrt{4\pi^2 t^2 X^2 + 1} \cdot dX \dots\dots (3)$$

Para evaluar esta integral, según el Apéndice II:

$$\int \sqrt{aX^2 + b} \cdot dX = \frac{X}{2} \sqrt{aX^2 + b} + \frac{b}{2\sqrt{a}} \ln (X\sqrt{a} + \sqrt{aX^2 + b})$$

En nuestro caso:

$$a = 4\pi^2 t^2$$

$$b = 1$$

Entonces:

$$\int \sqrt{4\pi^2 t^2 X^2 + 1} \cdot dX = \frac{X}{2} \sqrt{4\pi^2 t^2 X^2 + 1} + \frac{1}{4\pi t} \ln (2\pi t X + \sqrt{4\pi^2 t^2 X^2 + 1})$$

Evaluando esta integral entre 0 y r, y reemplazando en (3)

para encontrar AA', tenemos:

$$AA' = \frac{1}{tr} \left(\frac{r}{2} \sqrt{4\pi^2 t^2 r^2 + 1} + \frac{1}{4\pi t} \ln (2\pi tr + \sqrt{4\pi^2 t^2 r^2 + 1}) \right) \dots\dots (4)$$

De la misma manera como trabajamos en el Modelo 1 y usando la

misma notación en las variables, tenemos:

$$N_r = \frac{N_t \frac{1}{t}}{AA'} \dots\dots\dots (11)$$

$$N_r = \frac{N_t \cdot \frac{1}{t}}{\frac{1}{tr} \left(\frac{r}{2} \sqrt{4\pi^2 t^2 r^2 + 1} + \frac{\ln(2\pi tr + \sqrt{4\pi^2 t^2 r^2 + 1})}{4\pi t} \right)}$$

dando de común denominador al numerador y simplificando:

$$N_r = \frac{4\pi r t N_t}{2\pi r t \sqrt{4\pi^2 t^2 r^2 + 1} + \ln(2\pi t r + \sqrt{4\pi^2 t^2 r^2 + 1})}$$

Poniendo en función del diámetro d , del hilo:

$$\frac{N_r}{N_t} = \frac{2\pi dt}{\pi dt \sqrt{(\pi dt)^2 + 1} + \ln(\pi dt + \sqrt{(\pi dt)^2 + 1})} \dots (III)$$

Como sabemos d y t están relacionados con N_t y N_r de la siguiente

manera:

$$t = k\sqrt{N_t}$$

$$d = \frac{1}{0.9\sqrt{840N_r}}$$

entonces:

$$\pi dt = \frac{\pi}{0.9\sqrt{840N_r}} k\sqrt{N_t}$$

$$\pi dt = \frac{\pi k}{0.9\sqrt{840}} \sqrt{\frac{N_t}{N_r}}$$

Haciendo un cambio de variables por:

$$c = \frac{\pi k}{0.9\sqrt{840}}$$

$$x = \sqrt{\frac{N_t}{N_r}}$$

$$\pi dt = cx \dots (5)$$

Reemplazando (5) en (III)

$$\frac{1}{x^2} = \frac{2cx}{cx\sqrt{(cx)^2 + 1} + \ln(cx + \sqrt{(cx)^2 + 1})}$$

Simplificando:

$$cx\sqrt{(cx)^2 + 1} + \ln(cx + \sqrt{(cx)^2 + 1}) = 2cx^3$$

Ordenando:

$$\ln(cx + \sqrt{(cx)^2 + 1}) + cx(\sqrt{(cx)^2 + 1} - 2x^2) = 0 \dots (IV)$$

Para resolver la ecuación IV no existe ningún método directo,

pero si trabajamos un programa de calculadora que emplee el método

de aproximaciones sucesivas podemos llegar a la raíz de la

ecuación con un error del orden de 10^{-7} . Tabulando los valores

obtenidos: (Tabla 2.1.)

Ajustando una recta por el método de mínimos cuadrados tendremos:

mos:

$$\% \text{ contr.} = 1.79k - 3.1323$$

En este caso los valores obtenidos están muy por debajo de los

resultados encontrados en el laboratorio.

Tabla 2.1.

k	% Contracción
2.00	0.9857
2.25	1.2106
2.50	1.4908
2.75	1.7988
3.00	2.1343
3.25	2.4965
3.50	2.8841
3.75	3.2996
4.00	3.7397
4.25	4.2023
4.50	4.6918
4.75	5.2022
5.00	5.7358
5.25	6.2912
5.50	6.8000
5.75	7.4649
6.00	8.1578

La causa de esta diferencia radica en el hecho de que nosotros consideramos fibras cuyas distancias al eje del hilo varían infinitesimalmente, lo cual es falso para las fibras pues tienen un espesor determinado, el cual como estudiaremos en el Modelo siguiente influyen en los valores de contracción encontrados.

MODELO 11

% contr.

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

1

2

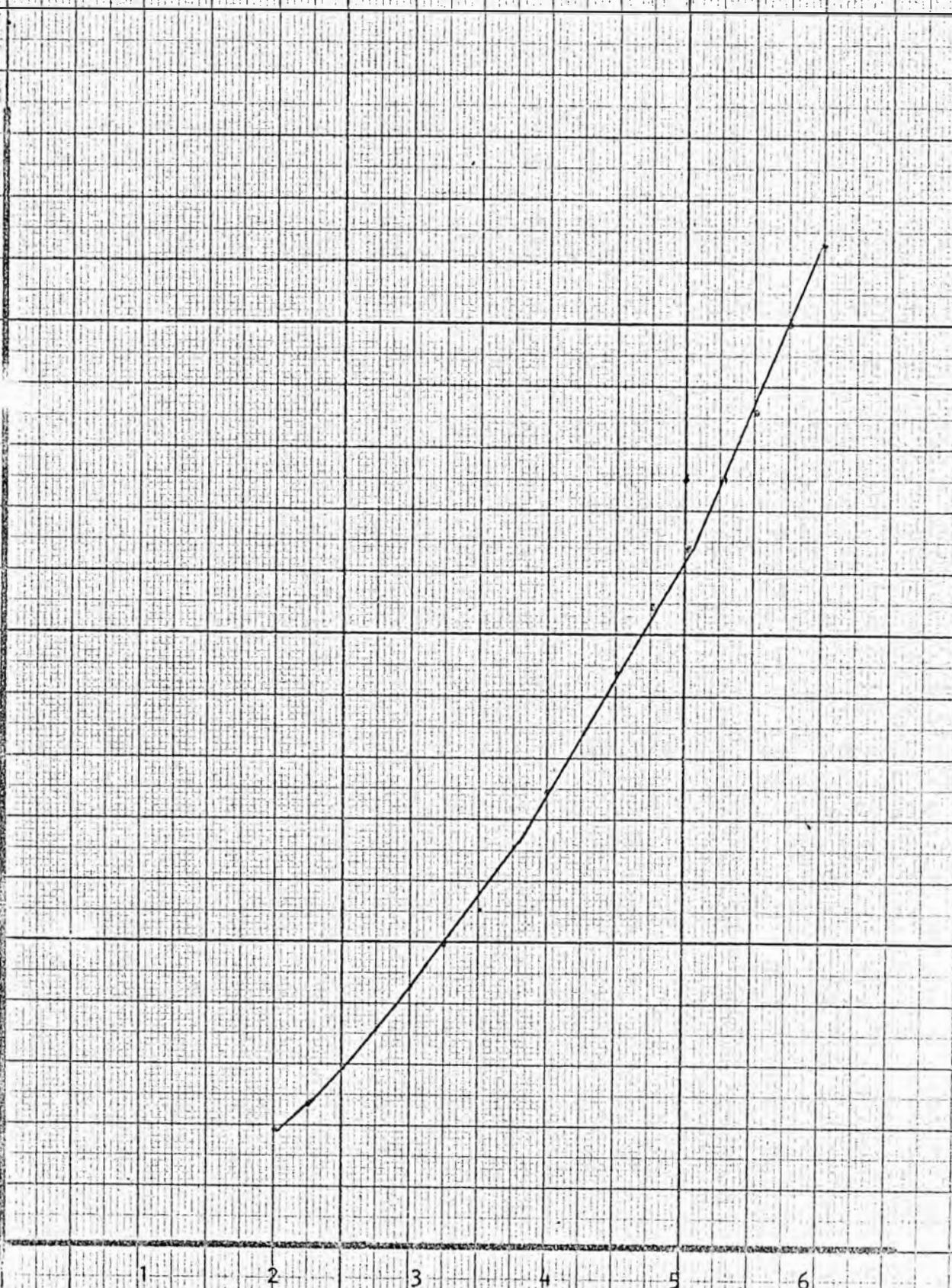
3

4

5

6

k



V. MODELO 3. INFLUENCIA DEL ESPESOR O FINURA DE LA FIBRA

Los supuestos en los que se basa este Modelo son:

1. Las fibras son perfectamente circulares en su sección transversal.
2. Un hilo está compuesto por capas concéntricas de fibras
3. El número de fibras en cada capa varía de la siguiente manera. Sabemos que el número de circunferencia de radio r que se necesitan para rodear completamente a otra circunferencia del mismo radio es 6, puesto que el hexágono regular es el polígono cuyo lado es igual al radio del círculo circunscrito, como fácilmente se demuestra en geometría (fig.5.1.)

Basándonos en la fig.5.1. tenemos:

Al estar todas las fibras de la capa i a la misma distancia del eje del hilo, todas tienen el mismo comportamiento en lo que a torsión se refiere.

En la capa i existen $6i$ fibras

La distancia del eje del hilo, al centro de una fibra de la capa i , es $r = si$, donde s es el espesor de la fibra, e varía desde 1 a n , donde n es el número de capas de fibras.

El diámetro del hilo será:

$$d = (2n + 1) \cdot s$$

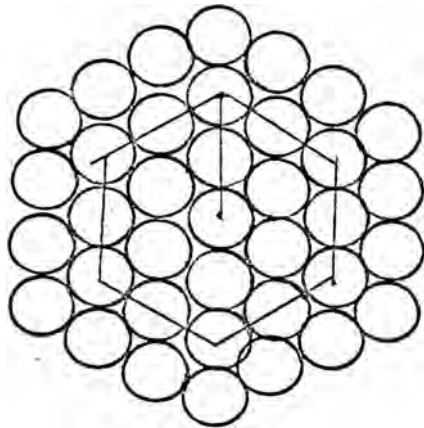


fig.5.1.

Considerando al igual que en los primeros modelos un hilo de t torsiones o vueltas por pulgada, tomemos una fibra de la capa i (fig.5.2.)

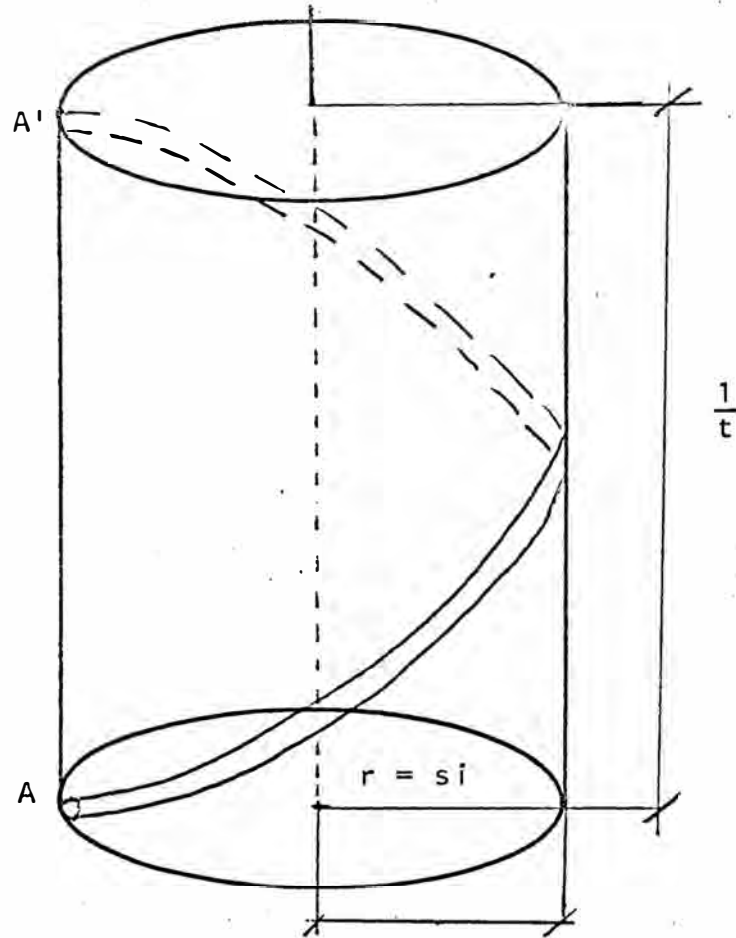


fig.5.2.

Usando la figura 5.3. para calcular el valor de AA'_i .

$$AA'_i = \sqrt{(2\pi si)^2 + \left(\frac{1}{t}\right)^2}$$

$$AA'_i = \frac{1}{t} \sqrt{(2\pi sti)^2 + 1} \dots\dots\dots (1)$$

Además:

$$s = \frac{d}{2n + 1} = \frac{1}{0.9(2n+1) \sqrt{840N_r}}$$

$$t = k \sqrt{N_t}$$

entonces:

$$2\pi st = 2\pi \frac{1}{0.9(2n+1) \sqrt{840N_r}} k \sqrt{N_t}$$

$$2 \pi t s t = \frac{2 \pi k}{0.9(2n+1) \sqrt{840}} \sqrt{\frac{N_t}{N_r}}$$

Cambiando variables:

$$c = \frac{2 \pi k}{0.9(2n+1) \sqrt{840}}$$

$$x = \frac{N_t}{N_r}$$

Reemplazando en (I):

$$AA'_i = \frac{1}{t} \sqrt{(cx_i)^2 + 1} \dots\dots (II)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots\dots, n$$

Para poder calcular el valor promedio de AA' , $\overline{AA'}$, es necesario ponderar la longitud de la hélice en cada capa y el número de fibras en esta capa. Resulta ser algo parecido a calcular el valor promedio de una variable, dada una tabla de frecuencias.

N° de Capa	Longitud de la hélice en esta capa	N° de Fibras en esta capa	Producto de las dos columnas anteriores
0	$1/t$	1	$1/t$
1	$1/t \sqrt{(cx)^2 + 1}$	6	$6/t \sqrt{(cx)^2 + 1}$
2	$1/t \sqrt{(2cx)^2 + 1}$	12	$12/t \sqrt{(2cx)^2 + 1}$
3	$1/t \sqrt{(3cx)^2 + 1}$	18	$18/t \sqrt{(3cx)^2 + 1}$
4	$1/t \sqrt{(4cx)^2 + 1}$	24	$24/t \sqrt{(4cx)^2 + 1}$
5	$1/t \sqrt{(5cx)^2 + 1}$	30	$30/t \sqrt{(5cx)^2 + 1}$
6	$1/t \sqrt{(6cx)^2 + 1}$	36	$36/t \sqrt{(6cx)^2 + 1}$
7	$1/t \sqrt{(7cx)^2 + 1}$	42	$42/t \sqrt{(7cx)^2 + 1}$
8	$1/t \sqrt{(8cx)^2 + 1}$	48	$48/t \sqrt{(8cx)^2 + 1}$
9	$1/t \sqrt{(9cx)^2 + 1}$	54	$54/t \sqrt{(9cx)^2 + 1}$

$$AAI = \frac{\text{Número de fibras en la capa } i \times \text{long. de cada hélice}}{\text{Número total de fibras}}$$

$$\overline{AA'} = \frac{\frac{1}{t} \left(1 + \sum_{i=1}^n 6i \sqrt{(cxi)^2 + 1} \right)}{1 + \sum_{i=1}^n 6i} \dots\dots (III)$$

Además, según los modelos anteriores:

$$N_r = \frac{N_t \frac{1}{t}}{\overline{AA'}}$$

de donde:

$$t \cdot \overline{AA'} = \frac{N_t}{N_r} \dots\dots\dots (IV)$$

Reemplazando (III) en (IV)

$$\frac{t \cdot \frac{1}{t} \left(1 + \sum_{i=1}^n 6i \sqrt{(cxi)^2 + 1} \right)}{1 + \sum_{i=1}^n 6i} = x^2$$

Obteniendo la siguiente ecuación:

$$1 + \sum_{i=1}^n 6i \sqrt{(cxi)^2 + 1} = x^2 (1 + \sum_{i=1}^n 6i) \dots\dots (V)$$

PRIMERA ALTERNATIVA

Como primera alternativa consideremos que el número de capas concéntricas es de 6, es decir, debemos reemplazar en la ecuación (V) el valor de n por su equivalente de 6.

La ecuación a resolver sería entonces:

$$1 + 6\sqrt{(cx)^2 + 1} + 12\sqrt{(2cx)^2 + 1} + 18\sqrt{(3cx)^2 + 1} + 24\sqrt{(4cx)^2 + 1} + 30\sqrt{(5cx)^2 + 1} + 36\sqrt{(6cx)^2 + 1} = 127x^2$$

Para resolver esta ecuación trabajando por el método de aproximaciones sucesivas, con un error del orden de 10^{-7} , tendremos:

k	x	% Contrac.
2.00	1.007161838	1.42
2.25	1.009061103	1.79
2.50	1.011197937	2.20
2.75	1.013554799	2.66
3.00	1.016138186	3.15
3.25	1.018948636	3.68
3.50	1.021986717	4.26
3.75	1.025253031	4.86
4.00	1.028748202	5.51
4.25	1.032472883	6.19
4.50	1.036427740	6.91
4.75	1.040613454	7.65
5.00	1.045030713	8.43
5.25	1.049680205	9.24
5.50	1.054562614	10.08
5.75	1.059678612	10.95
6.00	1.065028852	11.84

Ajustando estos valores a la ecuación de una recta:

$$\% \text{ contr.} = 2.62k - 4.55$$

En este caso los resultados obtenidos se acercan más a los resultados reales, pero tenemos el inconveniente que este Modelo es válido cuando contamos con 127 fibras en la sección transversal del hilo lo cual daría como resultado un hilo de baja cali-

11

12

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

2

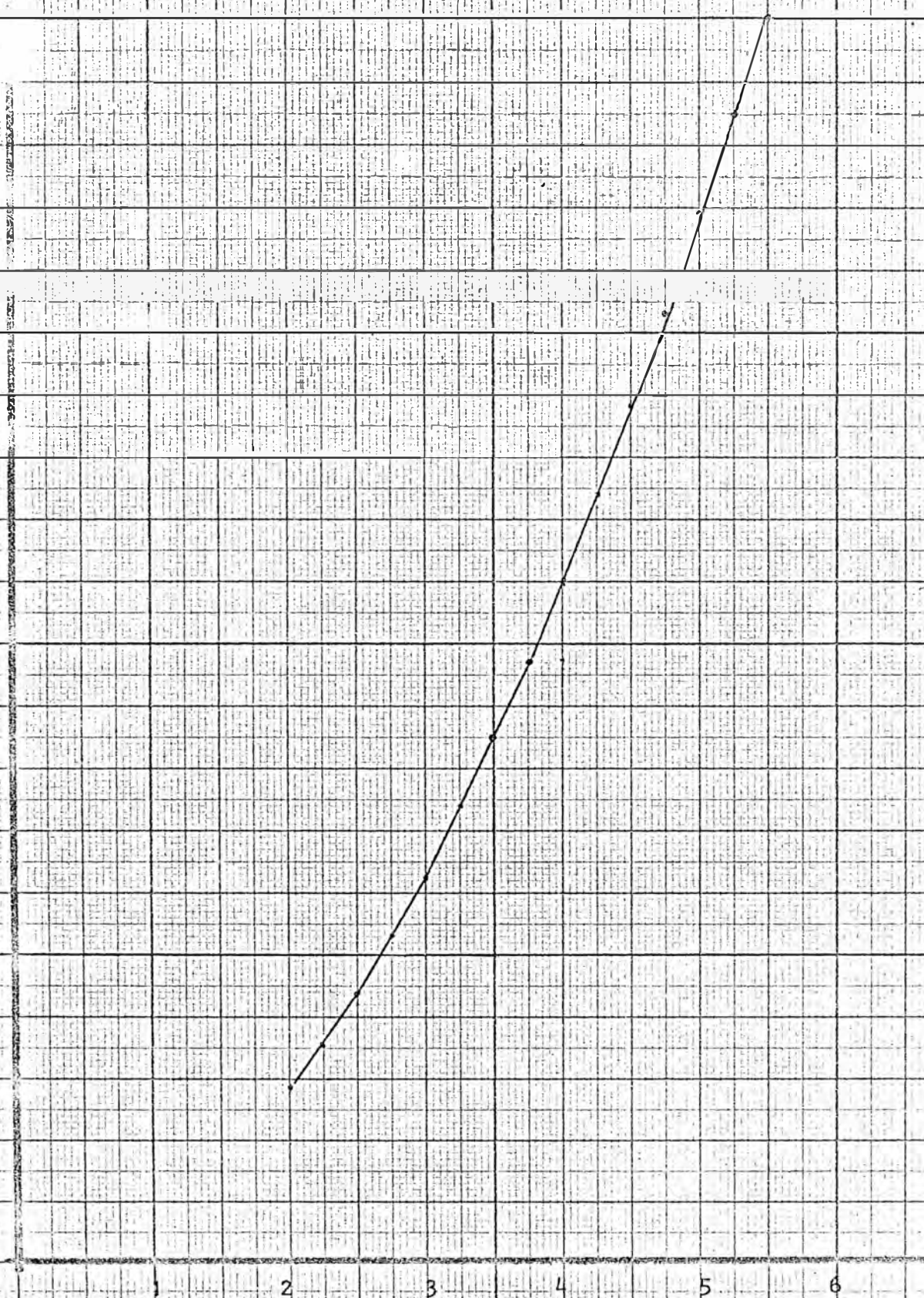
3

4

5

6

k



dad, pues se estarían usando fibras gruesas y por consiguiente cortas.

SEGUNDA ALTERNATIVA

Como segunda alternativa consideremos ahora 7 capas concéntricas de fibras.

La ecuación (V) a resolver sería:

$$1 + 6\sqrt{(cx)^2 + 1} + 12\sqrt{(2cx)^2 + 1} + 18\sqrt{(3cx)^2 + 1} + 24\sqrt{(4cx)^2 + 1} + 30\sqrt{(5cx)^2 + 1} + 36\sqrt{(6cx)^2 + 1} + 42\sqrt{(7cx)^2 + 1} - 173x^2 = 0$$

Tabulando los resultados:

k	x	% contr.
2.00	1.007186557	1.42
2.25	1.009098387	1.80
2.50	1.011236557	2.21
2.75	1.013601528	2.67
3.00	1.013601528	3.16
3.25	1.019013902	3.70
3.50	1.022062413	4.27
3.75	1.025339931	4.88
4.00	1.028846086	5.53
4.25	1.032584528	6.21
4.50	1.036552928	6.93
4.75	1.041752967	7.68
5.00	1.045185336	8.46
5.25	1.049850727	9.27
5.50	1.054749826	10.11
5.75	1.059883307	10.98
6.00	1.065251828	11.88

2da. ALTERNATIVA

%contr.

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

1

2

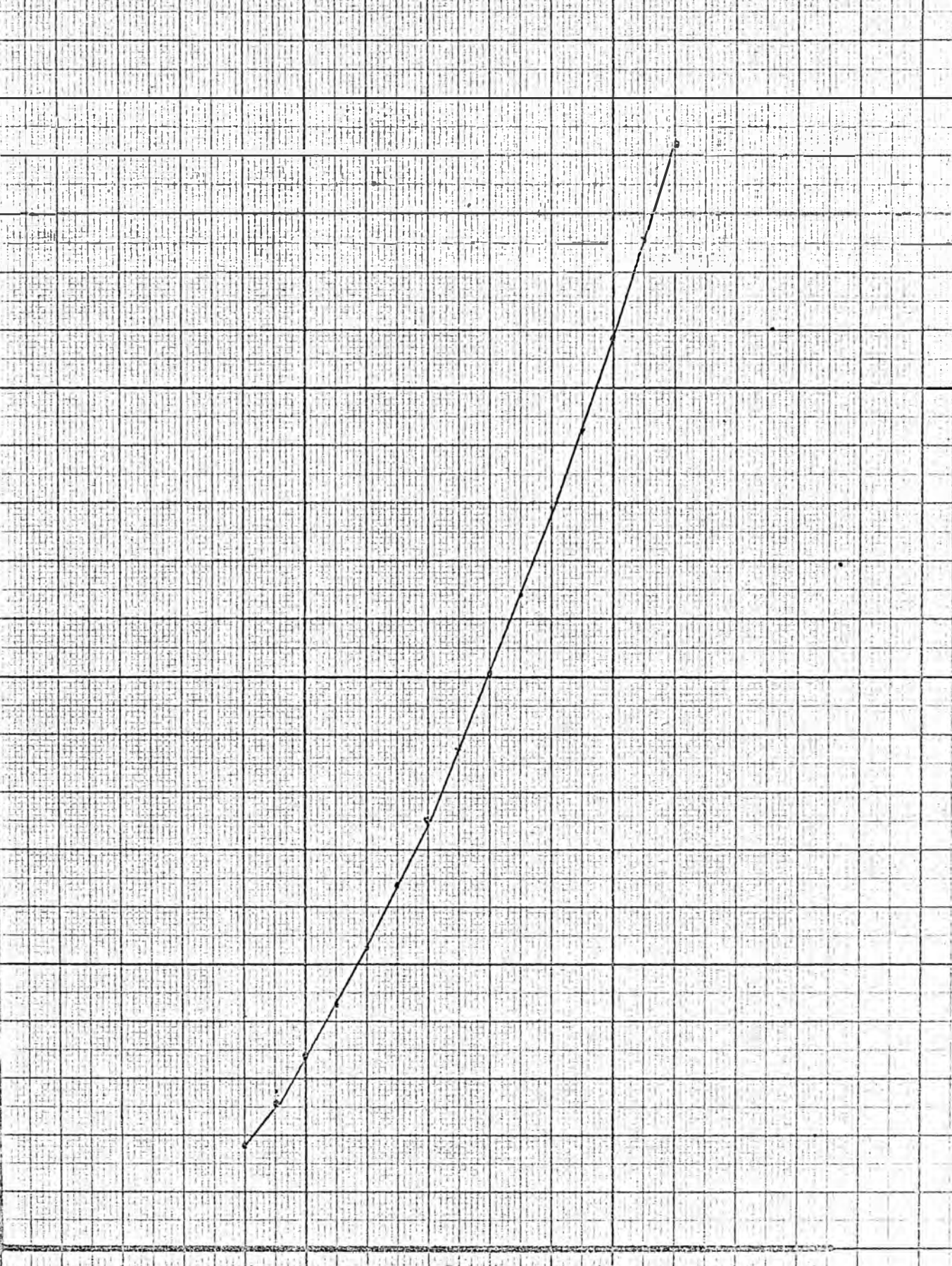
3

4

5

6

k



Ajustando estos valores a la ecuación de una recta

$$\% \text{ contr.} = 2.62k - 4.56$$

Esta nueva alternativa se acerca más a los resultados reales contando ahora con 173 fibras en la sección transversal del hilo.

TERCERA ALTERNATIVA

Esta nueva alternativa nos ofrece una situación extrema de considerar 8 capas de fibras.

Reemplazando entonces en la ecuación (V) el valor de n por 5 tendremos:

$$\begin{aligned} & 1 + 6\sqrt{(cx)^2 + 1} + 12\sqrt{(2cx)^2 + 1} + 18\sqrt{(3cx)^2 + 1} + 24\sqrt{(4cx)^2 + 1} \\ & + 30\sqrt{(5cx)^2 + 1} + 36\sqrt{(6cx)^2 + 1} + 42\sqrt{(7cx)^2 + 1} + 48\sqrt{(8cx)^2 + 1} \\ & - 217x^2 = 0 \end{aligned}$$

Tabulando los resultados:

k	x	% contr.
2,00	1.007203109	1.43
2.25	1.009119334	1.80
2.50	1.011262417	2.22
2.75	1.013628170	2.67
3.00	1.016231035	3.17
3.25	1,019057605	3.71
3.50	1.022113100	4.28
3.75	1.025398122	4.89
4.00	1.028913301	5.64
4.25	1.032659290	6.23
4.50	1.036636760	6.94
4.75	1.040846392	7.69
5.00	1.045288882	8.48
5.25	1.049964922	9.29
5.50	1.054875199	10.13
5.75	1.060020392	11.00
6.00	1.065401158	11.90

Ajustando a la ecuación de una recta:

$$\% \text{ contr.} = 2.63k - 4.57$$

Este Modelo tiene una gran aproximación con el estudio mencionado en el Modelo 1, y por esta razón será el modelo tomado como base para su perfeccionamiento posteriormente.

Seguir intentando nuevas alternativas con valores de n superior

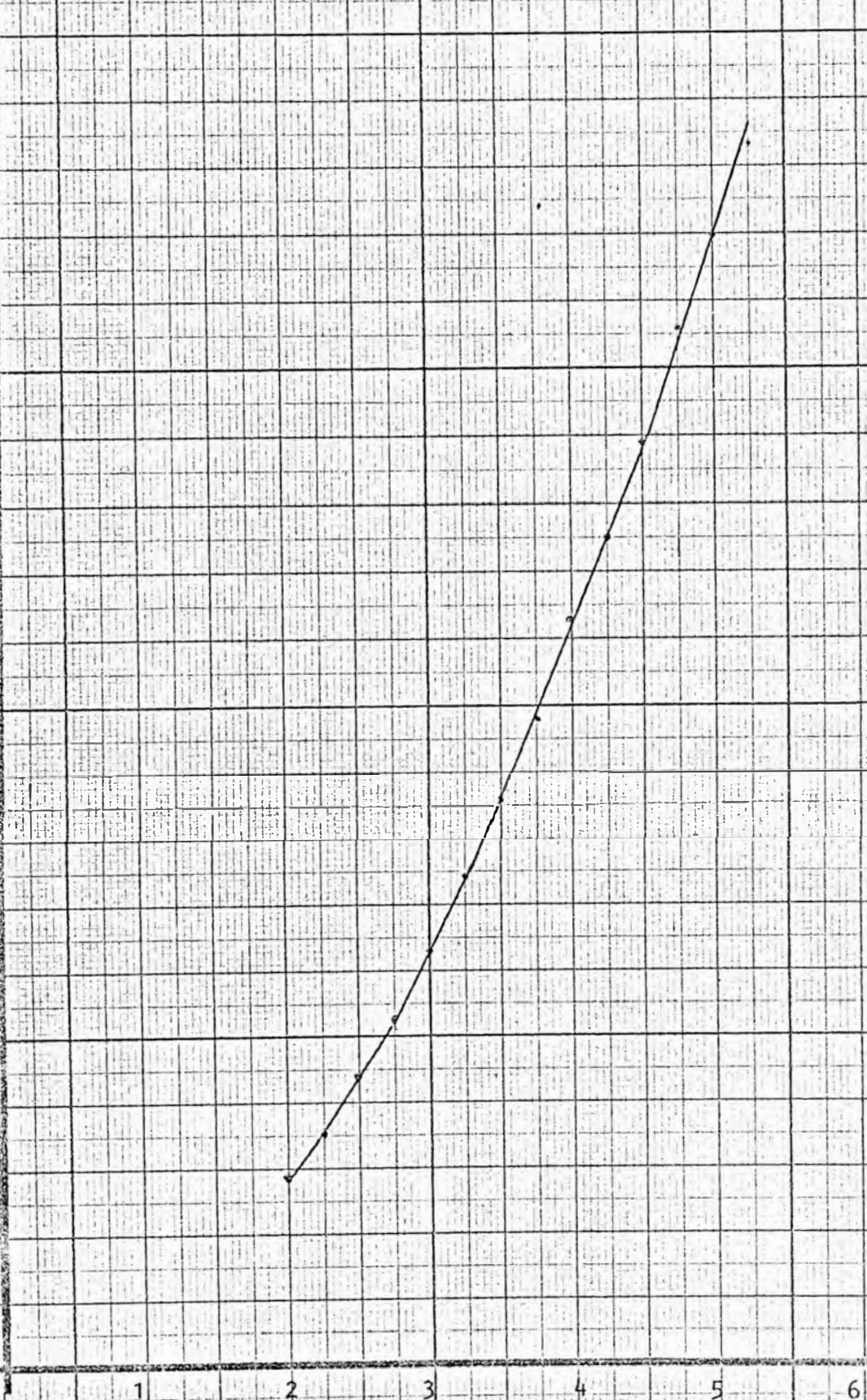
%contr.

3ra. ALTERNATIVA

10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

1 2 3 4 5 6

k



res: a 8 sería introducir muchos errores pues aumentaríamos el número de fibras en la sección de 217 con las que contamos en este modelo a 271 fibras, que resultaría de suponer 9 capas concéntricas de fibras, lo cual va en clara oposición a lo que ocurre industrialmente.

VI. MODELO 4. MEJORA A LA TERCERA ALTERNATIVA DEL MODELO 3

En todos los Modelos desarrollados, obtenemos una expresión que relaciona el % de contracción, con la constante de torsión, k empleada.

Analizando un poco tendremos que:

$$k = \frac{t}{\sqrt{N_t}}$$

en donde t representa la torsión real del hilo y N_t el título teórico.

Pero el valor de t está ligado directamente al porcentaje de contracción, como demostraremos a continuación.

Supongamos que según el cálculo de Engranajes obtenemos que el material tendrá una torsión teórica de T vueltas por pulgada.

Si debido a la aplicación de estas T vueltas el hilo se contrae un $p\%$, estas T vueltas no estarán aplicadas a 1 pulgada de material,

sino a $\frac{100-p}{100}$ pulgadas, con lo que la torsión real t se

calculará mediante una regla de tres directa en donde se encuentra que:

tra que:

$$t = T \frac{100}{100-p}$$

En otras palabras t está en función de p y al estar k en función de t , una expresión del tipo:

$\% \text{contr.} = ak + b$, no es lo suficientemente clara, pues el valor de k no es conocido mientras no se conozca t , que a su vez no se conoce si no se conoce el porcentaje de contracción.

Todo esto nos lleva a pensar en un nuevo modelo en el que ya no consideraremos a t como $t = k\sqrt{N_t}$, sino simplemente t , es decir, que ahora la contracción estará en función de dos parámetros que son el título del hilo y la torsión del material.

Los supuestos con los que trabajamos son los mismo que para el Modelo 3, con las diferencias antes mencionadas. Entonces la fibra de la capa i tendrá una longitud:

$$AA'_i = \frac{1}{t} \sqrt{(2\pi st_i)^2 + 1} \dots (1), \quad i = 1, 2, 3, \dots, 8$$

y además:

$$2\pi st = \frac{2\pi t}{0.9 \times 17 \times \sqrt{840 \cdot N_r}}$$

haciendo el cambio de variable:

$$c = \frac{\pi \cdot 2}{0.9 \times 17 \times \sqrt{840}}$$

tendremos:

$$2\pi st = \frac{ct}{\sqrt{N_r}}$$

Reemplazando en (I):

$$AA'_i = \frac{1}{t} \sqrt{\frac{(cti)^2}{N_r} + 1}$$

Evaluando el valor promedio de AA' tenemos

$$AA' = \frac{1}{t} \left(1 + \sum_{i=1}^6 6i \sqrt{\frac{(cti)^2}{N_r} + 1} \right) \dots\dots (II)$$

Por otro lado:

$$N_r = \frac{N_t \frac{1}{t}}{AA'} \dots\dots (a)$$

Reemplazando (a) en (II) y simplificando obtenemos la ecuación

a resolver:

$$\begin{aligned} & 1 + 6 \sqrt{\frac{(ct)^2}{N_r} + 1} + 12 \sqrt{\frac{(2ct)^2}{N_r} + 1} + 18 \sqrt{\frac{(3ct)^2}{N_r} + 1} + 24 \sqrt{\frac{(4ct)^2}{N_r} + 1} \\ & + 30 \sqrt{\frac{(5ct)^2}{N_r} + 1} + 36 \sqrt{\frac{(6ct)^2}{N_r} + 1} + 42 \sqrt{\frac{(7ct)^2}{N_r} + 1} + 48 \sqrt{\frac{(8ct)^2}{N_r} + 1} \\ & = 217 \frac{N_t}{N_r} \end{aligned}$$

Para resolver esta ecuación, usando el método de aproximaciones

sucesivas en un programa de calculadora, trabajaré con rangos de

títulos desde $N_e = 10$ hasta $N_e = 40$ y torsiones desde $t = 6$ vueltas/

pulgadas hasta $t = 40$ vueltas/pulgada.

Sería conveniente explicar brevemente como funciona el programa con el que se calculan las raíces de la ecuación. La máquina es alimentada con los valores de c, t y N_t . A la vez se le introduce un valor cualquiera para N_r y con estos cuatro parámetros se calculan los dos miembros de la ecuación, para luego poder establecer una diferencia entre ambos.

Si esta diferencia es positiva (negativa) el valor de N_r aumenta (disminuye) y se evalúan nuevamente los miembros de la ecuación, estableciendo la diferencia entre ellos, hasta lograr que la diferencia sea menor que 10^{-5} , con lo que se consiguen aproximaciones con errores del orden del 0.0001%.

Los resultados obtenidos de N_r sirven a su vez para calcular el valor del porcentaje de contracción (%C) y con este el valor de la torsión real T .

La tabulación de los datos es la que sigue a continuación:

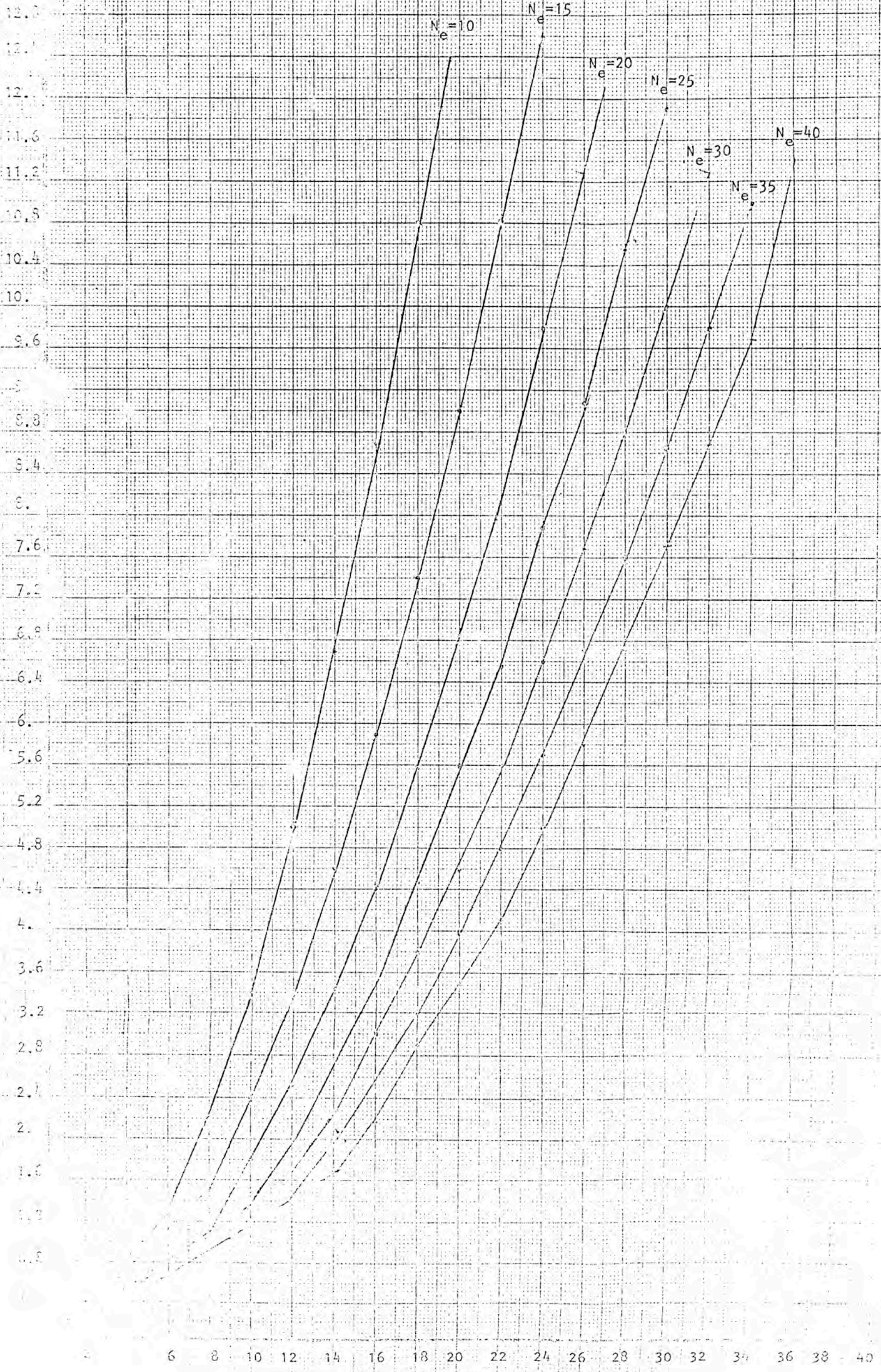
t	$N_t = 10$			$N_t = 15$			$N_t = 20$		
	N_r	T	%C	N_r	T	%C	N_r	T	%C
6	9.8716	5.9230	1.2840
8	9.7733	7.8186	2.2670	14.7721	7.8785	1.5193	19.7715	7.9086	1.1425
10	9.6488	9.6488	3.5120	14.6460	9.7640	2.3600	19.6445	9.8223	1.7775
12	9.4994	11.3993	5.0060	14.4937	11.5950	3.3753	19.4908	11.6945	2.5460
14	9.3269	13.0577	6.7310	14.3165	13.3621	4.5567	19.3112	13.5178	3.4440
16	9.1331	14.6130	8.6990	14.1156	15.0566	5.8960	19.1067	15.2854	4.4665
18	8.9200	16.0560	10.8000	13.8925	16.6710	7.3833	18.8784	16.9906	5.6080
20	8.6899	17.3798	13.1010	13.6488	18.1985	9.0080	18.6277	18.6277	6.8615
22	-----	-----	-----	13.3862	19.6331	10.7587	18.3557	20.1913	8.2215
24	-----	-----	-----	13.1064	20.9702	12.6240	18.0639	21.6767	9.6805
26	-----	-----	-----	-----	-----	-----	17.7540	21.3048	11.2300
28	-----	-----	-----	-----	-----	-----	17.4273	24.3982	12.8635

t	$N_t = 25$			$N_t = 30$			$N_t = 35$		
	N_r	T	%C	N_r	T	%C	N_r	T	%C
10	24.6437	9.8575	1.4252	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12	24.4891	11.7548	2.0436	29.4879	11.7952	1.7070	34.4871	11.8242	1.4654
14	24.3080	13.6125	2.7680	29.3058	13.6760	2.3140	34.3043	13.7217	1.9877
16	24.1013	15.4248	3.5948	29.0976	15.5178	3.0080	34.0950	15.5863	2.5857
18	23.8698	17.1863	4.5208	28.8641	17.3185	3.7863	33.8599	17.4137	3.2574
20	23.6147	18.8918	5.5412	28.6060	19.0707	4.6467	33.5997	19.1998	4.0009
22	23.3370	20.5366	6.6520	28.3243	20.7711	5.5857	33.3152	20.9410	4.8137
24	23.0378	22.1163	7.8488	28.0201	22.4161	6.5997	33.0073	22.6336	5.6934
26	22.7185	21.8098	9.1260	27.6944	22.1555	7.6853	32.6770	24.2744	6.6371
28	22.3804	25.0660	10.4784	27.3484	25.5252	10.0557	31.9531	27.3884	8.7054
30	22.0249	26.42999	11.9004	26.9833	26.9833	10.0557	31.9531	27.3884	8.7054
32	-----	-----	-----	26.6004	28.3738	11.3320	31.5618	28.8565	9.8234
34	-----	-----	-----	-----	-----	-----	31.1523	30.2622	10.9934
36	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30.7260	31.6093	12.2114

t	$N_t = 40$		
	N_r	T	%C
12	39.4864	11.8459	1.2840
14	39.3031	13.7561	1.7423
16	39.0931	15.6372	2.2673
18	38.8568	17.4856	2.8580
20	38.5950	19.2975	3.5125
22	38.3083	21.0696	4.2293
24	37.9976	22.7986	5.0060
26	37.6638	24.4815	5.8405
28	37.3076	26.1153	6.7310
30	36.9302	29.6977	7.6745
32	36.5324	29.2259	8.6690
34	36.1153	30.6980	9.7118
36	35.6801	32.1121	10.7998
38	35.2277	33.4663	11.9308

MODELO IV

concr.



Ajustando los valores de %C, T y N_t a Modelos de tres variables (ver Apéndice III) tenemos:

- Suponiendo un Modelo de la forma:

$$\%C = a_0 + a_1 \cdot N_t + a_2 \cdot T$$

Según los cálculos de regresión del apéndice III se obtiene:

$$\%C = 1.1277 - 0.2427N_t + 0.6066T \dots\dots (I)$$

con un coeficiente de correlación $r^2 = 0.91069$

- Suponiendo un Modelo de la forma:

$$\%C = a_0 \cdot N_t^{a_1} \cdot T^{a_2}$$

según el apéndice se obtiene:

$$\%C = 0.3303N_t^{-1.0884} T^{2.1593} \dots\dots\dots (II)$$

con un coeficiente de correlación $r^2 = .9962$

De estos dos Modelos, obviamente el que se ajusta más es el segundo, pues su coeficiente de correlación es prácticamente 1.

Resumiendo entonces, la fórmula (II) es aquella que nos dá el porcentaje de contracción de un hilo de título teórico N_t y de torsión teórica T.

La segunda parte de este proyecto consistirá en analizar que tan certero es el Modelo recién obtenido por medio de pruebas a realizar en el Laboratorio.

VII. PARTE EXPERIMENTAL

Se tratará de encontrar que tan confiable es la expresión:

$$\%C = 0.3303.N_t - 1.0844.T^{2.1593} \dots\dots\dots (1)$$

encontrada en el Modelo 4, donde:

% C : Porcentaje de Contracción del Hilo

T : Torsión teórica impartida al material

N_t : Título Teórico del hilo, sin considerar la contracción.

Tendríamos entonces:

$$\% C = \frac{N_t - N_r}{N_t}$$

donde N_r es el título real medido en el laboratorio. La determinación de N_r se hará de la siguiente manera: Se trabajará en cada prueba con 6 husos, de los cuales se extraerán 5 muestras, con las que se formarán madejas de 120 yds. y a las que se les encontrará el título en una balanza de títulos.

Con estos 30 valores (6x5) se calculará un valor promedio del título para la prueba el cual se comparará con el N_t para poder

determinar el porcentaje de contracción.

Es importante notar que N_t se calcula conociendo el peso por unidad de longitud de la mecha alimentada y el estiraje mecánico de la continua de hilar, calculado tomando como base el esquema de movimientos de la máquina (fig.7.1).

El valor de T será calculado también con el esquema de movimientos de la máquina.

Una vez encontrado estos valores de N_t y T, se procederá a reemplazarlos en la fórmula (1), calculando así el porcentaje de contracción pronosticado, que a su vez nos permitirá calcular el título pronosticado (N_p) de la siguiente manera:

$$N_p = N_t \left(\frac{100 - \%C}{100} \right)$$

Por último evaluaremos las diferencias porcentuales entre N_p y N_r , lo cual nos servirá para poder determinar si el Modelo 4 es el apropiado o no, estableciendo además posibles causas que distorsionen los resultados.

7.1. DESCRIPCION DEL EQUIPO EMPLEADO EN LAS PRUEBAS Y CARACTERISTICAS DEL ALGODON TRABAJADO

El algodón utilizado en las pruebas tiene las siguientes características:

Variedad : TAnguis
Grado : $3 \frac{1}{2}$
Hebra : $1 \frac{3}{16}$ "

Para la determinación de la longitud de fibra se empleó un fibrógrafo digital, cuyos resultados se dan a conocer en la Tabla 7.1. en la que se tiene:

Longitud al 2.5% = 1.13"

Longitud al 25% = 0.71"

Longitud al 50% = 0.49"

En lo que se refiere a la finura, se realizaron 5 pruebas en el Micronaire, con muestras de 50 gramos, con los siguientes resultados:

1	2	3	4	5	\bar{x}
5.5	5.3	5.0	5.1	5.5	5.28 microgramos/pulg.

Se encuentra entonces dentro del rango de un algodón grueso.

Respecto a la resistencia, trabajando con el índice Shirley, ob-

LONGITUD DE FIBRA

%	1	2.5	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
1	1.22	1.14	1.04	0.93	0.77	0.72	0.66	0.57	0.47	0.40	0.34	0.27	0.17	0.16
2	1.23	1.14	1.04	0.93	0.77	0.71	0.67	0.58	0.49	0.41	0.34	0.26	0.21	0.18
3	1.22	1.13	1.04	0.92	0.78	0.72	0.66	0.57	0.50	0.42	0.31	0.23	0.21	0.18
4	1.21	1.12	1.03	0.90	0.77	0.71	0.65	0.56	0.51	0.44	0.34	0.27	0.20	0.17
5	1.23	1.14	1.04	0.92	0.77	0.72	0.68	0.59	0.51	0.44	0.34	0.26	0.20	0.16
\bar{x}	1.22	1.13	1.03	0.92	0.77	0.71	0.66	0.57	0.49	0.42	0.33	0.25	0.19	0.17

Tabla VII.1.

tuvimos los siguientes resultados:

Muestra	Fuerza de Rotura (lbs)	Peso (mgrs)	Índice Presley
1	17.75	2.206	8.036
2	14.00	1.830	7.642
3	17.20	2.354	7.306
4	19.80	2.500	7.920
5	13.65	1.646	8.280

Correspondiendo un valor promedio para el Índice Presley de 7.84, que equivale a 85,000 lbs/pulg².

En lo que se refiere a la continua empleada para las pruebas el esquema de la transmisión de movimientos se muestra en la fig. 7.1a.

7.2.2. CALCULO DE LAS CONSTANTES DE LA MAQUINA

1. Cálculo del Estiraje Mecánico (E_m):

$$E_m = \frac{V.\text{cil. del.}}{V.\text{cil. post}} = \frac{W \text{ cil. del.}}{W \text{ cil. post}} \text{ pues los dos cilindros}$$

tienen el mismo diámetro.

Según la fig. 7.1.

Suponiendo que el cilindro posterior gira a 1R.PM.

huso $\emptyset = 1 \frac{1}{16}$ "

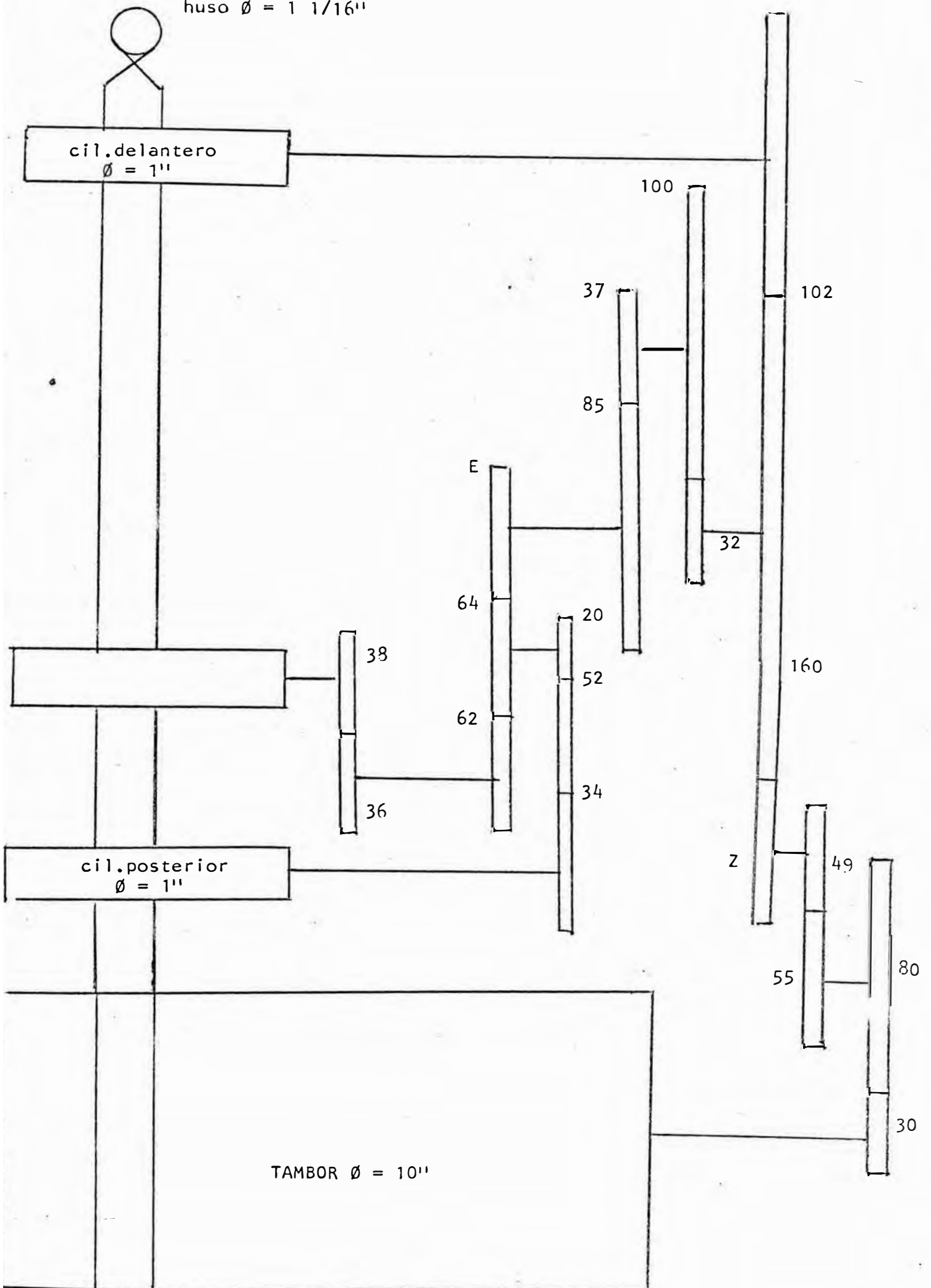


fig. 7.1.a

$$W_{\text{cil.del.}} = 1 \times \frac{34 \times 64 \times 85 \times 100 \times 160}{20 \times E \times 37 \times 32 \times 102}$$

$$W_{\text{cil.dl.}} = \frac{1,225.225}{E}$$

2. Cálculo de la Torsión Teórica (T)

$$T = \frac{\text{R.P.M. huso}}{\text{pulg/min cil.dl.}}$$

Suponiendo que el cilindro delantero entrega 1" de material, las revoluciones necesarias del cilindro delantero para esta entrega serán:

$$= \frac{1}{\pi} \text{ R.P.M.}$$

Si el cilindro delantero gira a $\frac{1}{\pi}$ el huso girará:

$$\text{R.P.M. huso} = \frac{1 \times 102 \times 49 \times 80 \times 10}{\pi \times 2 \times 55 \times 30 \times 17 / 16}$$

$$\text{R.P.M.} = \frac{725.978}{Z}$$

Notaremos que debido a que el espesor de la faja transportadora es muy pequeño, no se ha tomado en cuenta este factor.

7.2.3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el Laboratorio serán tabulados siguiendo las siguientes variables:

E : Piñón de Estiraje Empleado

Z : Piñón de Torsión

P : Peso en gramos de 12 yardas de mecha alimentada.

E_m : Estiraje mecánico, calculado como expliqué anteriormente:

$$E_m = \frac{1225.225}{E}$$

T : Torsión Teórica en vueltas por pulgada, calculada:

$$T = \frac{725.978}{Z}$$

N_t : Título teórico del hilo, calculado:

P gr --- 12 yds (pabilo sin estirar)

P gr $12 \times E_m$ (pabilo estirado)

453.59gr X yds (yds que pesan 1 lb)

$$X = \frac{453.59 \times 12 \times E_m}{P}$$

N_r : Título Real del Hilo, medido en el Laboratorio.

$\%C_r$: Porcentaje de Contracción real:

$$\%C_r = \frac{N_t - N_r}{N_t} \times 100\%$$

t : Torsión real, calculada como:

$$t = \frac{100T}{100 - \%C_r}$$

%C : Porcentaje de Contracción evaluado según la Ecuación (1)

N_p : Título Pronosticado, calculado como explicado anteriormente.

k : Constante de torsión:

$$k = \frac{T}{\sqrt{N_r}}$$

%e : Porcentaje de Error:

$$\%e = \frac{N_p - N_r}{N_p} \times 100\%$$

DETERMINACION DEL PESO DE LA MECHA ALIMENTADA

Para determinar con la mayor precisión posible el peso de alimentación P, se tomaron 5 muestras de 12 yds c/u obteniéndose los siguientes resultados:

Bobina	P(gr/12yd)	Bobina	P(gr/12yd)
1	5.3986	7	5.4134
2	5.2387	8	5.4593
3	5.4312	9	5.3627
4	5.3768	10	5.3801
5	5.4958	11	5.3071
6	5.4129	12	5.4214

Teniendo en cuenta que las variaciones en el peso de alimentación deberán ser mínimas, con el propósito de observar algún error huso a huso, agrupamos las bobinas en pares de la siguiente manera:

huso	Bobina	P (gr/12yd)
1	1.6	10.8115
2	7.10	10.7935
3	2.8	10.7980
4	3.9	10.7939
5	4.12	10.7982
6	5.11	10.8029

pues de esta forma se hacen mínimas las diferencias entre husos en los pesos alimentados.

En el presente Laboratorio se trabajaron tres títulos:

$$N_e = 22.9$$

$$N_e = 17.5$$

$$N_e = 10.8$$

y con cada uno de estos títulos se hicieron 10, 14 y 10 pruebas de torsiones, respectivamente.

El porqué se eligieron estos títulos para las pruebas radica en el hecho que el Modelo que queremos probar habla de 217 fibras en su sección transversal, y dadas las características del material trabajado, ir a títulos más delgados o más gruesos sería erróneo, pues el número de fibras en la sección varía considerablemente.

Los resultados obtenidos aparecen en las tablas a continuación, (para más detalle ver Apéndice IV).

HOJA RESUMEN DE RESULTADOS PARA UN TITULO 22.9

E	Z	P	E _m	T	N _T	N _r	%C _r	t	%C	N _p	k	%e
32	50	10.7997	32.2883	14.5196	22.9731	22.5808	1.7076	14.7791	3.3217	22.2100	3.03	-1.67
	48			15.1246		22.5648	1.7773	15.3983	3.5992	22.1463	3.16	-1.89
	44			16.4995		22.3166	2.8577	16.9849	4.3500	21.9738	3.44	-1.56
	40			18.1494		22.2656	3.0793	18.7261	5.2527	21.7664	3.79	-2.29
	38			19.1047		21.9724	4.3560	19.9748	5.9505	21.6061	3.99	-1.70
	36			20.1661		21.8139	5.0459	21.2377	6.6988	21.4342	4.21	-1.77
	32			22.6868		21.5000	6.4123	24.2412	8.6494	20.9861	4.73	-2.45
	29			25.0338		21.1500	7.9358	27.1917	10.7986	20.4923	5.22	-3.21
	26			27.9222		21.0292	8.4616	30.5033	13.4834	19.8757	5.83	-5.80
	21			34.5703		19.6458	14.4835	40.4253	23.2333	17.6357	7.21	- 11.40

HOJA RESUMEN DE RESULTADOS PARA UN TITULO 17.5

E	Z	P	E _m	T	N _t	N _r	%C _r	t	%C	N _p	k	%e
42	64	10.7997	29.1720	11.3434	17.5034	17.3306	0.9872	11.4565	2.6465	17.0402	2.71	-1.70
	60			12.0996		17.3639	0.7970	12.1968	2.9818	16.9815	2.89	-2.25
	56			12.9639		17.2863	1.2403	13.1267	3.4367	16.9019	3.10	-2.75
	50			14.5196		17.0613	2.5208	14.8958	4.3876	16.7654	3.47	-1.95
	48			15.1246		16.9257	3.3005	15.6408	4.8215	16.6595	3.62	-1.60
	44			16.4995		16.6444	4.9076	17.3510	5.8919	16.4721	3.94	-1.05
	42			17.2852		16.7396	4.3637	18.0739	6.3752	16.3875	4.13	-2.15
	40			18.1494		16.6729	4.7448	19.0534	7.0597	16.2677	4.34	-2.50
	38			19.1047		16.5153	5.6402	20.2477	7.9397	16.1137	4.57	-2.50
	36			20.1660		16.4313	6.1251	21.4818	8.9012	15.9454	4.82	-3.05
	32			22.6868		16.0733	8.1704	24.7053	11.6618	15.4622	5.42	-4.00
	30			24.1993		15.8625	9.3748	26.7026	13.5519	15.1314	5.78	-4.85
	26			27.9222		15.5350	11.2458	32.4602	18.6030	14.2472	6.67	-9.04
	21			34.5703		14.3609	17.9537	42.1351	32.7142	11.7772	8.26	-21.94

HOJA RESUMEN DE RESULTADOS PARA UN TITULO 10.80

E	Z	P	E_m	T	N_t	N_r	$\%C_r$	t	$\%C$	N_p	k	$\%e$
68	56	10.7997	18.0180	12.9639	10.8109	10.4088	3.7194	13.4647	5.7442	10.1899	3.94	-2.15
	48			15.1246		10.1432	6.1762	16.1202	8.1334	9.9316	4.60	-2.13
	44			16.4995		10.0058	7.4471	17.8274	9.8796	9.7428	5.02	-2.70
	40			18.1494		9.7740	9.5912	20.0749	12.4270	9.4674	5.52	-3.24
	38			19.1047		9.6187	11.0278	21.4727	14.1532	9.2808	5.81	-3.64
	36			20.1657		9.4604	12.4290	23.0444	16.2229	9.0571	6.13	-4.45
	32			22.6868		9.3809	13.2274	26.1451	20.7042	8.5726	6.90	-9.43
	29			25.0338		9.0569	16.2244	24.8820	26.8014	7.9134	7.61	-14.45
	26			27.9222		8.4106	22.2026	35.8909	38.1862	6.6826	9.10	-25.86
	21			34.5703		7.1700	33.6780	52.1250	72.5288	2.2312	10.51	-208.89

7.4. OBSERVACIONES

Como podemos apreciar, el porcentaje de error aumenta a medida que la torsión se incrementa, en todos los títulos trabajados.

Esto es debido más que nada a un error en el Laboratorio, causado por las altas torsiones a la que es sometido el hilo, pues con estos valores de torsión el hilo tiende a enrollarse sobre si mismo al momento de formar la madeja, por lo que tuve que aplicar cierta tensión en los hilos, la cual no se aplicó en torsiones más bajas, alterándose por lo tanto los resultados.

Por otro lado, estas torsiones son tan elevadas, que industrialmente no se usan, salvo muy contadas excepciones, por lo que desechando estos valores el error promedio para cada título trabajado es:

N_e	% error
22.9	- 2.0675%
17.5	- 2.3182%
10.8	- 3.0515%

lo cual está dentro de ciertos márgenes permisibles de error.

- Debemos también tomar en cuenta que al formar la madeja el hilo sale por la parte superior del huso, por lo que la torsión aumenta en 1 vuelta por espira desarrollada. Es un fenómeno similar al que ocurre cuando halamos una serpentina por la parte superior, donde vemos que la serpentina tiende a enrollarse sobre si misma.

- Por otro lado, la torsión la hemos calculado como función de las revoluciones de los husos, pero sabemos que la torsión efectiva está dada por el número de vueltas del cursor sobre el anillo, la cual varía con el crecimiento del diámetro de la bobina.

Estas variaciones son del orden del 2-3%, el cual interviene en el error final del trabajo.

En el Apéndice IV se pueden apreciar los resultados en detalle y del mismo observar que no existe diferencias en los resultados obtenidos huso a huso en todos los títulos.

Por otro lado, debemos tomar en cuenta las posibles variaciones de temperatura y humedad, que traen consigo variaciones en la elasticidad del hilo.

La balanza empleada para la determinación del título, en los títulos trabajados, está graduada en cuartos de escala, por lo que en algunos casos se tuvo que aproximar el valor visualmente.

Para aclarar esto último, supongamos que la guía de la balanza cae entre el primer y segundo límite; el título en este caso está entre el .00 y el .25, pudiendo ser .10 o .15, de-

terminándose el valor visualmente como dije líneas arriba.

Como recomendación, deberíamos de buscar instrumentos más precisos para la lectura de valores, o trabajar todas las pruebas en una misma balanza electrónica de gramos y luego hacer las transformaciones necesarias. En base a todas estas observaciones, podemos afirmar que el Modelo 4 es correcto para material y títulos trabajados, con un buen nivel de significancia.

APENDICE I

OBTENCION DE LA ECUACION DE REGRESION DE DOS VARIABLES

Supongamos dos variables, x e y , relacionadas por una expresión del tipo:

$$y = mx + b \dots\dots\dots (a)$$

A su vez, llamemos y_r al valor real de la variable y para un valor de la variable x y e_r el error o diferencia que existe entre el valor de y obtenido en la expresión (a) y el valor y_r .

Entonces:

$$e_r = y_r - y$$

Se tratará de minimizar $\sum e_r^2$

Sea $z = \sum e_r^2$

$$z = \sum (y_r - y)^2$$

Reemplazando y por su valor dado en (a):

$$z = \sum (y_r - mx - b)^2$$

$$z = \sum (y_r^2 + (mx)^2 + b^2 - 2y_r mx - 2y_r b + 2mbx)$$

$$z = \sum y_r^2 + m^2 \sum x^2 + nb^2 - 2m \sum y_r x - 2b \sum y_r + 2mb \sum x$$

Para encontrar los valores de m y b que hacen z mínimo, tomaremos las derivadas parciales de z con respecto a m y b.

Derivando:

$$\frac{\partial z}{\partial m} = 2m \sum x^2 - 2 \sum y_r x + 2b \sum x = 0$$

Ordenando:

$$m \sum x^2 + b \sum x = \sum y_r x \quad \dots\dots (i)$$

$$\frac{\partial z}{\partial b} = 2nb - 2 \sum y_r + 2m \sum x = 0$$

Ordenando:

$$m \sum x + bn = \sum y_r \quad \dots\dots\dots (ii)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones simultáneas:

(i) y (ii) tendremos:

$$b = \frac{\sum x \cdot \sum x y_r - \sum y_r \cdot \sum x^2}{(\sum x)^2 - n \sum x^2}$$
$$m = \frac{\sum y_r - nb}{\sum x}$$

APENDICE II

Cálculo de una integral de la forma:

$$\int \sqrt{ax^2 + b} . dx$$

En $\int \sqrt{ax^2 + b} . dx$, hagamos las siguientes sustituciones:

$$x = \frac{b}{a} \operatorname{tg}\theta, \text{ entonces}$$

$$dx = \frac{b}{a} \sec^2\theta . d\theta$$

Sustituyendo:

$$\begin{aligned} \int \sqrt{ax^2 + b} . dx &= \int \sqrt{a\left(\frac{b}{a} \operatorname{tg}^2\theta\right) + b} . \sqrt{\frac{b}{a} \sec^2\theta} . d\theta \\ &= \int \sqrt{b(\operatorname{tg}^2\theta + 1)} . \sqrt{\frac{b}{a} \sec^2\theta} . d\theta \\ \int \sqrt{ax^2 + b} . dx &= \frac{b}{\sqrt{a}} \sec^3\theta . d\theta \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

Evaluamos $\int \sec^3\theta . d\theta$ por el método de integración por partes:

$$u = \sec\theta \dots\dots\dots (a)$$

$$dv = \sec^2\theta . d\theta \dots\dots\dots (b)$$

$$du = \operatorname{sen}\theta (\cos\theta)^{-2} . d\theta \dots\dots\dots (c)$$

$$v = \operatorname{tg}\theta \dots\dots\dots (d)$$

Según la integración por partes:

$$\int u . dv = uv - \int v . du \dots\dots\dots (A)$$

Reemplazando a,b,c,d en A:

$$\int \sec \theta \cdot \sec^2 \theta \cdot d\theta = \sec \theta \cdot \operatorname{tg} \theta - \int \operatorname{tg} \theta \frac{\operatorname{sen} \theta}{\cos^2 \theta} \cdot d\theta$$

$$\int \sec^3 \theta \cdot d\theta = \frac{\operatorname{sen} \theta}{\cos^2 \theta} - \int \frac{\operatorname{sen}^2 \theta}{\cos^3 \theta} \cdot d\theta \dots\dots\dots (11)$$

Evaluando nuevamente por parte:

$$\int \frac{\operatorname{sen}^2 \theta}{\cos^3 \theta} \cdot d\theta = \int \operatorname{sen} \theta \cdot \frac{\operatorname{sen} \theta}{\cos^3 \theta} \cdot d\theta \dots\dots\dots (A')$$

haciendo:

$$u = \operatorname{sen} \theta \dots\dots\dots (a')$$

$$dv = \frac{\operatorname{sen} \theta}{\cos^3 \theta} \cdot d\theta \dots\dots\dots (b')$$

$$du = \cos \theta \cdot d\theta \dots\dots\dots (c')$$

$$v = \frac{1}{2\cos^2 \theta} \dots\dots\dots (d')$$

Reemplazando a',b',c',d' en A:

$$\int \operatorname{sen} \theta \frac{\operatorname{sen} \theta}{\cos^3 \theta} \cdot d\theta = \frac{\operatorname{sen} \theta}{2\cos^2 \theta} - \int \frac{1}{2\cos^2 \theta} \cdot \cos \theta \cdot d\theta$$

$$= \frac{\operatorname{sen} \theta}{2\cos^2 \theta} - \frac{1}{2} \int \sec \theta \cdot d\theta \quad ***$$

$$\int \frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{cos}^2 \theta} = \frac{\text{sen} \theta}{2 \text{cos}^2 \theta} - \frac{1}{2} \ln(\sec \theta + \text{tg} \theta) \dots\dots (III)$$

Reemplazando (III) en (II)

$$\int \sec^3 \theta = \frac{\text{sen} \theta}{\text{cos}^2 \theta} - \left(\frac{\text{sen} \theta}{2 \text{cos}^2 \theta} - \frac{1}{2} \ln(\sec \theta + \text{tg} \theta) \right)$$

$$\int \sec^3 \theta \cdot d\theta = \frac{\text{sen} \theta}{2 \text{cos}^2 \theta} + \frac{1}{2} \ln(\sec \theta + \text{tg} \theta)$$

Poniendo en función de $\sec \theta$ y $\text{tg} \theta$

$$\int \sec^3 \theta \cdot d\theta = \frac{1}{2} (\sec \theta \text{tg} \theta + \ln(\sec \theta + \text{tg} \theta)) \dots\dots (IV)$$

Reemplazando (IV) en (I)

$$\int \sqrt{ax^2 + b} \cdot dx = \frac{b}{\sqrt{a}} \left(\frac{1}{2} \text{tg} \theta \cdot \sec \theta + \frac{1}{2} \ln(\sec \theta + \text{tg} \theta) \right) \dots\dots (V)$$

Poniendo en función de x sabiendo que:

$$\text{tg} \theta = \sqrt{\frac{a}{b}} x$$

$$\sec \theta = \sqrt{\text{tg}^2 \theta + 1}$$

$$\sec \theta = \sqrt{\frac{ax^2 + b}{b}}$$

tendremos:

$$\int \sqrt{ax^2 + b} \cdot dx = \frac{b}{a} \left(\frac{1}{2} \sqrt{\frac{a}{b}} x \cdot \sqrt{\frac{ax^2 + b}{b}} + \frac{1}{2} \ln \left(\sqrt{\frac{ax^2 + b}{b}} + \sqrt{\frac{a}{b}} x \right) \right)$$

Simplificando:

$$\int \sqrt{ax^2 + b} \cdot dx = \frac{x}{2} \sqrt{ax^2 + b} + \frac{b}{2\sqrt{a}} \ln(\sqrt{ax^2 + b} + x\sqrt{a}) \dots (VI)$$

Cálculo de $\int \sec \theta \cdot d\theta$

$$\sec \theta = \frac{d\theta}{\cos \theta} = \frac{d\theta}{(1 - \sin^2 \theta)^{1/2}} \dots (I)$$

Si hacemos $x = \sin \theta \dots 9a)$

$$dx = \cos \theta \cdot d\theta$$

$$d\theta = \frac{dx}{\cos \theta} = \frac{dx}{(1 - \sin^2 \theta)^{1/2}}$$

$$d\theta = \frac{dx}{(1 - x^2)^{1/2}} \dots (II)$$

Descomponiendo (II) en fracciones parciales:

$$\sec \theta \cdot d\theta = \frac{dx}{2(1+x)} + \frac{dx}{2(1-x)}$$

$$\frac{1}{2} \ln(1+x) - \frac{1}{2} \ln(1-x)$$

$$\frac{1}{2} \ln\left(\frac{1+x}{1-x}\right)$$

$$= \ln \sqrt{\frac{1+x}{1-x}}$$

Sustituyendo x por $\operatorname{sen} \theta$:

$$\operatorname{sec} \theta \cdot d\theta = \ln \sqrt{\frac{1 + \operatorname{sen} \theta}{1 - \operatorname{sen} \theta}}$$

Racionalizando:

$$\int \operatorname{sec} \theta \cdot d\theta = \ln \sqrt{\frac{1 + \operatorname{sen} \theta}{1 + \operatorname{sen} \theta} \cdot \frac{1 + \operatorname{sen} \theta}{1 - \operatorname{sen} \theta}}$$

$$\int \operatorname{sec} \theta \cdot d\theta = \ln \frac{1 + \operatorname{sen} \theta}{\operatorname{cos} \theta}$$

$$\int \operatorname{sec} \theta \cdot d\theta = \ln(\operatorname{sec} \theta + \operatorname{tg} \theta)$$

APENDICE III

Obtención de la Ecuación de Regresión con tres variables.

Supongamos que las variables X_1, X_2, y , están relacionadas por una expresión del siguiente tipo:

$$y = Ax_1 + Bx_2 + C$$

Además y_r , es el valor real de la variable y , para un par de valores de x_1 y x_2 .

Llamando e_r al error entre el modelo general y el punto (x_1, x_2, y_r) , tendremos que:

$$e_r = y_r - y$$

Se tratará de minimizar $\sum e_r^2$

$$\text{Sea } z = \sum e_r^2$$

tendremos:

$$z = \sum (y_r - Ax_1 - Bx_2 - C)^2$$

$$z = \sum (y_r^2 - 2Ax_1y_r - 2Bx_2y_r - 2Cy_r + (Ax_1)^2 + c^2 + 2ABx_1x_2 + 2ACx_1 + 2BCx_2)$$

$$z = \sum y_r^2 - 2A \sum x_1y_r - 2B \sum x_2y_r - 2C \sum y_r + A^2 \sum x_1^2 + B^2 \sum x_2^2 + nc^2 + 2AB \sum x_1x_2 + 2AC \sum x_1 + 2BC \sum x_2$$

Tomando las derivadas parciales de z con respecto a A, B y C se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\frac{\partial z}{\partial A} = -2 \sum x_1y_r + 2A \sum x_1^2 + 2B \sum x_1x_2 + 2C \sum x_1 = 0$$

Ordenando:

$$A \sum x_1^2 + B \sum x_1x_2 + C \sum x_1 = \sum x_1y_r \dots\dots\dots (I)$$

$$\frac{\partial z}{\partial B} = -2 \sum x_2y_r + 2B \sum x_2^2 + 2A \sum x_1x_2 + 2C \sum x_2 = 0$$

Ordenando:

$$A \sum x_1x_2 + B \sum x_2^2 + C \sum x_2 = \sum x_2y_r \dots\dots\dots (II)$$

$$\frac{\partial z}{\partial C} = -2 \sum y_r + 2nc + 2A \sum x_1 + 2B \sum x_2 = 0$$

Ordenando:

$$A \sum x_1 + B \sum x_2 + nC = \sum y_r \dots\dots\dots (III)$$

Resolviendo las ecuaciones (I), (II) y (III) se obtienen los

valores de A,B,C que logran el valor mínimo de z.

$$A = \frac{\begin{vmatrix} x_1 y_r & x_1 x_2 & x_1 \\ x_2 y_r & x_2^2 & x_2 \\ y_r & x_2 & n \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_1^2 & x_1 x_2 & x_1 \\ x_1 x_2 & x_1 x_2^2 & x_2 \\ x_1 & x_2 & n \end{vmatrix}}$$

$$B = \frac{\begin{vmatrix} x_1^2 & x_1 y_r & x_1 \\ x_1 x_2 & x_2 y_r & x_2 \\ x_1 & y_r & n \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_1^2 & x_1 x_2 & x_1 \\ x_1 x_2 & x_2^2 & x_2 \\ x_1 & x_2 & n \end{vmatrix}}$$

$$C = \frac{\begin{vmatrix} x_1^2 & x_1 x_2 & x_1 y_r \\ x_1 x_2 & x_2^2 & x_2 y_r \\ x_1 & x_2 & y_r \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_1^2 & x_1 x_2 & x_1 \\ x_1 x_2 & x_2^2 & x_2 \\ x_1 & x_2 & n \end{vmatrix}}$$

Por otro lado, tenemos el parámetro llamado coeficiente de correlación (r^2), con las características de indicarnos que tan exacta es la regresión hecha.

Este valor de r^2 se calcula de la siguiente manera:

$$r^2 = \frac{\sum (y - \bar{y}_r)^2}{\sum (y_r - \bar{y}_r)^2}$$

En donde:

y : valor pronosticado según el modelo

y_r : valor real de la variable

\bar{y}_r : valor promedio de y_r

A medida que r^2 se aproxima a la unidad (1), la regresión hecha es más significativa.

Por otro lado si el modelo en el cual queremos hacer una regresión no es lineal, como lo era el caso estudiado anteriormente, sino de la forma:

$$Y = a_0 x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2}$$

Podemos linealizarlo tomando logaritmos hasta obtener:

$$\ln(y) = \ln(a_0) + a_1 \ln(x_1) + a_2 \ln(x_2)$$

$$Y' = C' + A' \cdot x_1' + B' \cdot x_2'$$

trabajándose igual que el caso anterior.

APENDICE IV

En este apéndice encontraremos los resultados obtenidos en todas las pruebas realizadas huso a huso.

Las variables son las mismas que las mencionadas en 7.3. y cabe hacer las siguientes aclaraciones:

En las pruebas realizadas para el título 10.8, se formaron madejas de 40 yardas y no de 120, para luego medirles el título en la balanza, y este resultado dividirlo entre 3.

Esto se hizo debido básicamente a 2 causas:

Al ser un título grueso, la producción en mts/min era muy lenta, por lo que se debía esperar mucho tiempo para obtener madejas completas de 120 yds.

Por otro lado, la balanza de títulos, no nos permitía medir títulos del orden de 6-7, como se encontraron en la primera prueba. Hay otros métodos para hacerlo.

RESULTADOS DETALLADOS PARA N_e 22.9 .

HOJA DE RESULTADOS

E : 32
 Z : 21
 E_m : 38.2883
 T : 34.5703

Huso	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7979	10.7982	10.8029	10.7997
N _t	22.9480	22.9863	22.9767	22.9894	22.9763	22.9663	22.9731
N _r	19.4750	19.3500	19.2500	19.2500	20.3000	20.2500	19.6458
1	20.25	20.20	19.50	20.00	20.30	20.25	
2	18.70	18.50	19.00	18.50	20.30	20.00	
3	19.50	19.50	19.00	20.00	20.30	20.50	
4	19.50	19.20	19.50	-----	-----	-----	
5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
%C _r	15.1343	15.8194	16.2196	16.2514	11.6481	11.8273	14.4835
t	40.7354	41.0669	41.2630	41.2788	39.1493	39.2075	40.4253

HOJA DE RESULTADOS

E : 32
 Z : 26
 E_m : 38.2883
 T : 27.9222

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	22.9480	22.9863	22.9767	22.9854	22.9763	22.9663	22.9731
N_r	20.7750	20.85	21.50	21.05	21.075	20.9250	21.0292
1	20.75	20.70	21.50	21.10	21.15	21.00	
2	20.80	21.00	21.50	21.00	21.00	20.85	
3	20.75	21.40	21.50	21.00	21.10	20.85	
4	20.80	20.30	21.50	21.10	21.05	21.00	
$\%C_r$	9.4694	9.2938	6.4270	8.4203	8.2750	8.8882	8.4616
t	30.8429	30.7832	29.8401	30.4895	30.4413	30.6461	30.5033

HOJA DE RESULTADOS

E : 32
 Z : 29
 E_m : 38.2883
 T : 22.6868

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	22.9460	22.9863	22.9767	22.9854	22.9763	22.9663	22.9731
N_r	21.0750	20.9000	21.3250	21.3500	21.1500	21.1000	21.1500
1	20.90	21.10	21.50	21.20	20.80	21.00	
2	21.25	20.70	21.15	21.50	21.50	21.2	
3	--	--	--	--	--	--	
4	--	--	--	--	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	8.1221	9.0763	7.1887	7.1151	7.9486	8.1263	7.9358
t	27.2586	27.5327	26.9727	26.9514	27.1594	27.2479	27.1917

HOJA DE RESULTADOS

E : 32
 Z : 32
 E_m : 38.2883
 T : 22.6868

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	22.9480	22.9863	22.9767	22.9854	22.9763	22.9663	22.9731
N_r	21.5000	21.3833	21.7500	21.3333	21.4667	21.5667	21.5000
1	21.50	21.40	21.75	21.35	21.25	21.40	
2	21.50	21.00	22.00	21.40	21.40	21.60	
3	21.50	21.75	21.50	21.25	21.75	21.70	
4	--	--	--	--	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	6.31	6.9737	5.3390	7.1878	6.5702	6.0941	6.4123
t	24.2148	24.3876	23.9664	24.4438	24.2822	24.1591	24.2412

HOJA DE RESULTADOS

E : 32

Z : 36

E_m : 38.2883

T : 20.1661

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	22.9480	22.9863	22.9767	22.9854	22.9763	22.9663	22.9731
N_r	21.8333	21.6833	21.8666	21.9000	21.8500	21.7500	
1	21.80	21.75	22.10	22.00	21.70	21.50	
2	21.70	21.50	21.75	21.80	22.00	22.00	
3	22.00	21.80	21.75	--	--	--	
4	--	--	--	--	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	4.8576	5.6686	4.8315	4.7723	4.9020	5.2960	5.0459
t	21.1957	21.3832	21.1899	21.1655	21.2056	21.2938	21.2377

HOJA DE RESULTADOS

E : 32
 Z : 38
 E_m : 38.2883
 T : 19.1042

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	22.9480	22.9863	22.9767	22.9854	22.9763	22.9663	22.9731
N_r	21.7375	21.9225	22.0350	22.0225	21.9000	22.2166	21.9724
1	22.30	22.00	21.70	22.20	21.60	22.10	
2	21.80	21.75	22.50	22.00	22.50	22.25	
3	21.60	22.30	22.50	22.00	21.60	21.60	
4	21.25	21.64	21.44	21.89	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	5.2751	4.6280	4.0986	4.1894	4.6844	3.2643	4.3560
t	20.1686	20.0317	19.9211	19.9400	20.0436	19.7493	19.1047

HOJA DE RESULTADOS

E : 32
 Z : 40
 E_m : - 38.2883
 T : 18.1494

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	22.9480	22.9863	22.9767	22.9854	22.9763	22.9663	22.9731
N_r	22.0500	21.9000	22.1833	21.9166	22.1667	22.0667	22.2656
1	21.90	21.80	21.80	21.75	22.00	22.50	
2	22.00	21.90	22.00	21.75	22.00	21.50	
3	22.25	22.00	22.75	22.25	22.50	22.20	
4	--	--	--	--	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	3.9133	4.7259	3.4532	4.6501	3.5236	3.9170	3.0797
t	18.8886	19.0497	18.7986	19.0346	18.8123	18.8893	18.7261

HOJA DE RESULTADOS

E : 32
 Z : 44
 E_m : 38.2833
 T : 16.4995

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	22.9480	22.9863	22.9767	22.9854	22.9763	22.9663	22.9731
N_r	22.3333	22.4000	22.3333	22.2833	22.5666	21.9833	22.3166
1	22.50	22.30	22.40	22.25	22.50	21.80	
2	22.50	22.40	22.50	22.40	22.50	21.90	
3	22.00	22.50	22.10	22.20	22.70	22.25	
4	--	--	--	--	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	2.6788	2.5507	2.8003	3.0548	1.7831	4.2802	2.8577
t	16.9537	16.9314	16.9748	17.0194	16.7991	17.2373	16.9849

HOJA DE RESULTADOS

E : 32
 Z : 48
 E_m : 38.2883
 T : 15.1246

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N _t	22.9480	22.9863	22.9767	22.9854	22.9763	22.9663	22.9731
N _r	22.6750	22.6938	22.7166	22.4282	22.3813	22.4938	22.5648
1	22.60	22.90	22.75	22.40	22.50	22.60	
2	22.75	22.50	22.65	22.60	22.60	22.75	
3	--	22.50	22.75	22.40	22.30	22.50	
4	--	22.875	--	22.3125	22.125	22.125	
5	--	--	--	--	--	--	
%C _r	1.1898	1.2725	2.1321	2.4244	2.5900	2.0413	1.7773
t	15.3067	15.3194	15.2978	15.5003	15.5267	15.4397	15.3983

HOJA DE RESULTADOS

E : 32
 Z : 50
 E_m : 38.2883
 T : 14.5196

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N _t	22.9480	22.9863	22.9767	22.9854	22.9763	22.9663	22.9731
N _r	22.6250	22.5400	22.6200	22.6500	22.4900	22.5600	22.5808
1	22.50	22.20	22.50	22.60	22.5000	22.4000	
2	22.75	22.75	23.00	22.85	22.65	22.70	
3	--	22.75	23.00	22.75	22.15	22.50	
4	--	22.50	22.35	22.40	22.40	22.75	
5	--	22.50	22.25	--	22.75	22.45	
%C _r	1.4077	1.9416	1.5527	1.4594	2.1165	1.7691	1.7076
t	14.7269	14.8071	14.7486	14.7346	14.8336	14.7811	14.7719

RESULTADOS DETALLADOS PARA

$$N_e = 17.5$$

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 21
 E_m : 29.1720
 T : 34.5703

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N _t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N _r	14.3750	14.2750	14.3500	14.3500	14.3750	14.4000	14.3609
1	14.30	14.30	14.20	14.35	14.25	14.25	
2	14.50	14.25	14.50	14.35	14.50	14.55	
3	14.40	14.25	14.35	14.35	14.50	14.55	
4	14.30	14.30	--	--	14.25	14.25	
5	--	--	--	--	--	--	
%C _r	17.7830	18.4909	18.0284	18.0596	17.8841	17.7055	17.9537
t	42.0477	42.4129	42.1736	42.1896	34.5703	42.0082	42.1351

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 26
 E_m : 29.1720
 T : 27.9222

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N_r	15.6500	15.6000	15.6250	15.5750	15.5000	15.2500	15.5350
1	15.55	15.50	15.50	15.65	15.50	15.25	
2	15.75	15.70	15.75	15.50	15.50	15.25	
3	15.75	15.60	15.50	--	15.50	15.25	
4	15.55	--	15.75	--	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	10.4907	10.9252	10.7453	11.0647	11.4577	12.8478	11.2458
t	31.1948	31.3469	31.2837	31.3961	31.5354	32.0385	31.4602

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 30
 E_m : 20.1720
 T : 24.1493

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N _t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N _r	16.2500	16.0250	15.8000	15.6000	15.7667	15.7333	15.8625
1	16.25	16.25	15.80	15.60	15.75	15.60	
2	16.25	15.80	15.50	15.60	15.80	16.00	
3	16.25	--	16.10	--	15.70	15.60	
4	--	--	--	--	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
%C _r	7.0590	8.4985	9.7456	10.9219	9.9342	10.0858	9.3748
t	26.0372	26.4469	26.8123	27.1663	26.8684	26.9138	27.7026

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 32
 E_m : 29.1720
 T : 22.6868

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N_r	16.2000	16.1500	16.1000	15.8875	16.0500	16.0500	16.0733
1	16.15	16.10	16.00	16.00	16.25	16.30	
2	16.15	16.30	16.50	15.75	16.10	16.00	
3	16.20	16.00	16.00	15.80	15.75	16.00	
4	16.30	16.20	15.90	16.00	16.10	15.90	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	7.3450	7.7847	8.0319	9.2802	8.3158	8.2759	8.1704
t	24.4852	24.6020	24.6682	25.0075	24.7446	24.7337	24.7053

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 36
 E_m : 29.1720
 T : 20.1660

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N_r	16.5625	16.4250	16.3750	16.2875	16.5375	16.4000	16.4313
1	16.40	16.50	16.30	16.25	16.75	16.30	
2	16.75	16.40	16.40	16.25	16.60	16.50	
3	16.50	16.30	16.40	16.35	16.30	16.40	
4	16.60	16.50	16.40	16.30	16.50	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	5.2717	6.2145	6.4610	6.9962	5.5310	6.2757	6.1251
t	21.2884	21.5023	21.5590	21.6831	21.3468	21.5164	21.4818

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 38
 E_m : 29.1720
 T : 19.1047

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N_r	16.5333	16.5500	16.6625	16.3333	16.6375	16.3750	
1	16.60	16.50	16.80	16.20	16.50	16.30	
2	16.60	16.50	16.50	16.30	16.75	16.50	
3	16.50	16.60	16.60	16.40	16.70	16.20	
4	--	16.60	16.75	16.50	16.60	16.50	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	5.4387	5.5008	4.8187	6.7347	4.9598	6.4186	5.6452
t	20.2035	20.2167	20.0719	20.4843	20.1016	20.4151	20.2477

HOJA DE RESULTADOS

E : 42.
 Z : 40
 E_m : 29.1720
 T : 17.2852

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N_r	16.7625	16.8500	16.6750	16.3875	16.7625	16.6000	16.6729
1	17.00	17.00	16.70	16.75	17.80	16.60	
2	16.50	17.00	16.50	16.30	16.70	16.60	
3	16.80	16.60	16.75	16.75	16.20	16.75	
4	16.75	16.80	16.75	16.20	16.75	16.60	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	4.1248	3.7878	4.7473	6.4252	4.2457	5.1327	4.7448
t	18.9309	18.8639	19.0540	19.3956	18.9541	19.1314	19.0534

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 42
 E_m : 29.1720
 T : 17.2852

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4989	17.5034
N_r	16.7750	16.8875	16.7625	16.4750	16.7750	16.7625	16.7396
1	16.80	16.75	16.75	16.40	16.75	16.75	
2	16.80	17.00	16.75	16.40	16.80	16.80	
3	17.00	17.00	16.80	16.50	16.80	16.75	
4	16.50	16.80	16.75	16.60	16.75	16.75	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	4.0563	3.5737	4.2475	5.9255	4.1734	4.2085	4.3637
t	18.0160	17.9258	18.0520	18.3739	18.0382	18.0446	18.0739

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 44
 E_m : 29.1720
 T : 11.3434

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N_r	16.7000	16.7833	16.8333	16.5333	16.5000	16.5167	16.6444
1	16.60	16.80	17.00	16.50	16.50	16.30	
2	16.75	16.75	16.75	16.50	16.50	16.50	
3	16.75	16.80	16.75	16.60	16.50	16.75	
4	--	--	--	--	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	4.4853	4.1687	3.8431	5.5926	5.7453	5.6088	4.9076
t	17.2743	17.2150	17.1689	17.4770	17.5052	17.4799	17.3510

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 48
 E_m : 29.1720
 T : 15.1246

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N_r	17.0000	16.9250	17.0750	16.7875	16.9333	16.8333	16.9257
1	17.00	16.80	17.00	16.80	17.00	16.75	
2	16.90	17.10	17.25	16.75	17.00	17.00	
3	17.10	17.00	17.25	16.60	16.80	16.75	
4	--	--	16.80	17.00	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	2.7694	3.3596	2.4624	4.1411	3.2701	3.7993	3.0005
t	15.5553	15.6503	15.5063	15.7779	15.6359	15.7144	15.6408

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 50
 E_m : 29.1720
 T : 14.5196

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N _t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N _r	17.1500	17.1300	17.0875	16.8250	17.0375	17.1375	17.0613
1	17.00	17.12	17.10	16.70	16.75	17.25	
2	17.25	17.40	17.25	17.00	17.00	17.10	
3	17.10	17.10	17.00	17.00	17.00	17.00	
4	17.25	16.90	17.00	16.60	16.40	17.20	
5	--	--	--	--	--	--	
%C _r	1.9115	2.1890	2.3910	3.9270	2.7559	2.0610	2.5258
t	14.8025	14.8445	14.8752	15.1130	14.9311	14.8251	14.8958

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 56
 E_m : 29.1720
 T : 12.9639

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5057	17.4981	17.5034
N_r	17.3400	17.3600	17.4375	16.9400	17.3600	17.2800	17.2863
1	17.35	17.75	17.30	17.00	17.50	17.20	
2	17.50	17.25	17.40	16.90	17.25	17.25	
3	17.50	17.30	17.75	16.90	17.30	17.10	
4	17.25	17.25	17.30	16.80	17.40	17.60	
5	17.10	17.25	--	17.10	--	--	
$\%C_r$	0.8243	0.8757	0.3917	3.2703	0.8326	1.2466	1.2403
t	13.0717	13.0784	13.0149	13.4022	13.0728	13.1275	13.1267

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 60
 E_m : 29.1720
 T : 12.0996

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5204	17.4981	17.5034
N_r	17.2500	17.5000	17.3750	17.1250	17.3833	17.5500	17.3639
1	17.00	17.50	17.25	17.15	17.50	17.75	
2	17.00	17.25	17.50	17.75	17.40	17.75	
3	17.75	17.75	17.25	17.30	17.25	17.40	
4	--	17.50	17.50	17.30	--	17.40	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	1.3396	0.0764	0.7487	2.2140	0.7822	0.2964	0.7970
t	12.2639	12.1089	12.1990	12.3736	12.1951	12.0638	12.1968

HOJA DE RESULTADOS

E : 42
 Z : 64
 E_m : 29.1720
 T : 11.3434

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N _t	17.4842	17.5134	17.5061	17.5127	17.5204	17.4981	17.5034
N _r	17.4000	17.3333	17.2500	17.0600	17.5250	17.4000	17.3306
1	17.50	17.50	17.25	17.25	17.50	17.25	
2	17.40	17.00	17.25	17.40	17.60	17.30	
3	17.30	17.50	17.25	16.75	17.75	17.30	
4	--	--	--	16.80	17.25	17.25	
5	--	--	--	17.10	--	--	
%C _r	0.4817	1.0282	1.4628	2.5851	0.0265	0.5608	0.9872
t	11.3983	11.4613	11.5118	11.6445	11.3404	11.4074	11.4565

RESULTADOS DETALLADOS PARA

$$N_e = 10.8$$

HOJA DE RESULTADOS

E : 68
 Z : 21
 E_m : 18.0180
 T : 34.5703

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	10.7991	10.8171	10.8126	10.8167	10.8124	10.8077	10.8109
N_r	7.1875	7.1750	6.8750	7.2500	7.3000	7.3375	7.1700
1	7.1250	7.0500	6.8750	7.2500	7.3000	7.6250	
2	7.2500	7.3000	6.8750	7.2500	7.2000	7.0500	
3	---	---	---	---	---	---	
4	---	---	---	---	---	---	
5	---	---	---	---	---	---	
$\%C_r$	33.4434	33.6697	36.4166	32.9739	32.4848	32.1084	33.6780
t	56.7309	52.1186	54.2948	51.5775	51.2038	50.9200	52.1250

HOJA DE RESULTADOS

E : 68
 Z : 26
 E_m : 18.0180
 T : 10.8109

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	10.7991	10.8171	10.8126	10.8167	10.8124	10.8077	10.8109
N_r	8.4194	8.4861	8.3361	8.0569	8.5750	8.6083	8.4106
1	8.4000	8.5000	8.3000	8.1500	8.5500	8.7000	
2	8.4000	8.5000	8.2500	8.0000	8.5000	8.3750	
3	8.4583	8.4583	8.4583	8.0208	8.6250	8.7500	
4	---	---	---	---	---	---	
5	---	---	---	---	---	---	
$\%C_r$	22.0359	21.5491	22.9037	25.5141	20.6927	20.3501	22.2026
t	35.8142	35.5919	36.2173	37.4866	35.2076	35.0562	35.8909

HOJA DE RESULTADOS

E : 68
 Z : 29
 E_m : 18.0180
 T : 25.0338

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	10.7991	10.8171	10.8126	10.8167	10.8124	10.8077	10.8109
N_r	9.0916	9.1166	9.0333	8.8500	9.0750	9.1750	9.0569
1	9.1250	9.1250	9.1250	8.8500	8.950	9.1500	
2	9.0000	9.1250	8.8750	8.8000	9.1250	9.1250	
3	9.1500	9.1000	9.1000	8.9000	9.1500	9.2500	
4	---	---	---	---	---	---	
5	---	---	---	---	---	---	
$\%C_r$	15.8113	15.7203	16.4556	18.1819	16.0684	15.1066	16.2244
t	29.7353	29.7031	29.9646	30.5968	29.8263	29.4884	29.8820

HOJA DE RESULTADOS

E : 68
 Z : 32
 E_m : 18.0180
 T : 22.6868

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	10.7991	10.8171	10.8126	10.8167	10.8124	10.8077	10.8109
N_r	9.3527	9.3766	9.2750	9.2750	9.5500	9.5250	9.3809
1	9.3750	9.4000	9.3750	9.2500	9.6000	9.5500	
2	9.3500	9.4000	9.2500	9.3000	9.5000	9.5000	
3	9.3333	9.3333	9.2000	---	---	---	
4	---	---	---	---	---	---	
5	---	---	---	---	---	---	
$\%C_r$	13.3935	13.3167	14.2202	14.2528	11.6753	11.8681	13.2274
t	26.1953	26.2929	26.4477	26.4578	25.6857	25.7419	26.1451

HOJA DE RESULTADOS

E : 68
 Z : 36
 E_m : 18.0180
 T : 20.1657

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N _t	10.7991	10.8171	10.8126	10.8167	10.8124	10.8077	10.8109
N _r	9.4688	9.4938	9.5813	9.1938	9.4688	9.5563	9.4604
1	9.6000	9.3750	9.4500	9.2500	9.2500	9.4000	
2	9.4500	9.6000	9.6250	9.1250	9.5000	9.6250	
3	9.3750	9.5000	9.5000	9.1500	9.6250	9.6000	
4	9.4500	9.5000	9.7500	9.2500	9.5000	9.6000	
5	---	---	---	---	---	---	
%C _r	12.3184	12.2333	11.3874	15.0035	12.4263	11.5785	12.4290
t	22.9992	22.9769	22.7576	23.7257	23.0276	22.8068	23.0444

HOJA DE RESULTADOS

E : 68
 Z : 38
 E_m : 18.0180
 T : 19.1047

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	10.7991	10.8171	10.8126	10.8167	10.8124	10.8077	10.8109
N_r	9.6750	9.5688	9.6313	9.4813	9.7125	9.6438	9.6187
1	9.8750	9.6250	9.6250	9.4500	9.7500	9.6500	
2	9.5500	9.5000	9.7500	9.5000	9.6000	9.5000	
3	9.6250	9.5500	9.6500	9.3750	9.7500	9.8000	
4	9.6500	9.6000	9.5000	9.6000	9.6000	9.7500	
5	---	---	---	---	---	---	
$\%C_r$	10.4090	11.5399	10.9250	12.3456	10.1724	10.7689	11.0278
t	21.3244	21.5970	21.4478	21.7955	21.2682	21.4103	21.4727

HOJA DE RESULTADOS

E : 68
 Z : 40
 E_m : 18.0180
 T : 18.1494

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	10.7991	10.8171	10.8126	10.8167	10.8174	10.8077	10.8109
N_r	9.7188	9.7500	9.8438	9.6688	9.8063	9.8563	9.7740
1	9.8750	9.8000	9.6500	9.6500	9.8500	10.0500	
2	9.6250	9.7500	9.8500	9.6250	9.7500	9.7500	
3	9.6250	9.7500	9.8750	9.8500	9.7500	9.7500	
4	9.7500	9.7000	9.8750	9.8500	9.7500	9.7500	
5	---	---	---	---	---	---	
$\%C_r$	10.0039	9.8648	8.9606	10.6131	9.3478	8.8037	9.5912
t	20.1669	20.1358	19.9358	20.3044	20.0210	22.0265	20.0748

HOJA DE RESULTADOS

E : 68
 Z : 44
 E_m : 18.0180
 T : 16.4995

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	10.7991	10.8171	10.8126	10.8167	10.8124	10.8077	10.8109
N_r	10.0500	9.9850	9.9900	9.8950	10.0850	10.0300	10.0058
1	10.0500	10.0500	9.8750	9.7500	10.2500	10.0000	
2	10.0750	10.0000	10.0750	9.9500	9.8750	10.0000	
3	10.1250	9.8750	10.0000	10.0000	10.0000	10.1000	
4	10.0000	10.1250	10.0000	9.8750	10.1500	10.0500	
5	10.0000	10.1250	10.0000	9.8750	10.1500	10.0500	
$\%C_r$	6.9365	7.6923	7.6076	8.5209	6.7272	7.1955	7.4471
t	17.7250	17.8744	17.8581	18.0364	17.6896	17.7788	17.8274

HOJA DE RESULTADOS

E : 68

Z : 48

E_m : 18.0180

T : 15.1246

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom.
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N_t	10.7991	10.8171	10.8126	10.8167	10.8124	10.8077	10.8109
N_r	10.2125	10.0875	10.175	10.0500	10.1833	10.1666	10.1432
1	10.20	10.25	10.20	10.10	10.25	10.20	
2	10.25	9.90	10.20	10.00	10.15	10.20	
3	10.15	10.20	10.10	10.10	10.15	10.10	
4	10.25	10.00	10.20	20.00	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
$\%C_r$	5.4317	6.7447	5.8966	7.0880	5.8178	5.9316	6.1762
t	15.9933	16.2184	16.0722	16.2783	16.0588	16.0783	16.1202

HOJA DE RESULTADOS

E : 68
 Z : 56
 E_m : 18.0180
 T : 12.9639

HUSO	1	2	3	4	5	6	Prom
P	10.8115	10.7935	10.7980	10.7939	10.7982	10.8029	10.7997
N _t	10.7991	10.8171	10.8126	10.8167	10.8124	10.8077	10.4088
N _r	10.4000	10.3000	10.3333	10.3833	10.500	10.4750	10.4088
1	10.50	10.35	10.30	10.45	10.60	10.50	
2	10.30	10.25	10.45	10.35	10.40	10.50	
3	--	--	10.25	10.35	10.50	10.45	
4	--	--	--	--	--	10.45	
5	--	--	--	--	--	--	
% C _r	3.6954	4.7802	4.4326	4.0066	2.8890	3.0781	3.7194
t	13.4613	13.6147	13.5651	13.5050	13.3496	13.3756	13.4647

~ BIBLIOGRAFIA

HILATURA DEL ALGODON.- C. Carninatti

AMERICAN COTTON HANDBOOK.- Hamby

SPINNING: Conversion of Fiber to Yarn.- P.R.Lord