

PUERTO DE BARCELONA

PRUEBAS PRACTICADAS CON LOS CARRILES Y CONTRACARRILES
DESTINADOS AL MONTAJE DE SUS VÍAS FÉRREAS.

(Continuación.)

TABLA DE PRESIONES EFECTIVAS

Presión manométrica en atmósferas.	Esfuerzo de tracción correspondiente en kilogramos.	Presión manométrica en atmósferas.	Esfuerzo de tracción correspondiente en kilogramos
1	0	2	550
1 $\frac{1}{4}$	137,50	2 $\frac{1}{4}$	687,50
1 $\frac{1}{2}$	275	2 $\frac{1}{2}$	825
1 $\frac{3}{4}$	412,50	2 $\frac{3}{4}$	962,50
3	1.100	7 $\frac{1}{4}$	3.575
3 $\frac{1}{4}$	1.237,50	7 $\frac{1}{2}$	3.712,50
3 $\frac{1}{2}$	1.375	8	3.850
3 $\frac{3}{4}$	1.512,50	8 $\frac{1}{4}$	3.987,50
4	1.650	8 $\frac{1}{2}$	4.125
4 $\frac{1}{4}$	1.787,50	8 $\frac{3}{4}$	4.262,50
4 $\frac{1}{2}$	1.925	9	4.400
4 $\frac{3}{4}$	2.062,50	9 $\frac{1}{4}$	4.537,50
5	2.200	9 $\frac{1}{2}$	4.675
5 $\frac{1}{4}$	2.237,50	9 $\frac{3}{4}$	4.812,50
5 $\frac{1}{2}$	2.475	10	4.950
5 $\frac{3}{4}$	2.612,50	10 $\frac{1}{4}$	5.087,50
6	2.750	10 $\frac{1}{2}$	5.225
6 $\frac{1}{4}$	2.887,50	10 $\frac{3}{4}$	5.362,50
6 $\frac{1}{2}$	3.025	11	5.500
6 $\frac{3}{4}$	3.162,50	11 $\frac{1}{4}$	5.637,50
7	3.300	11 $\frac{1}{2}$	5.775
7 $\frac{1}{4}$	3.437,50	11 $\frac{3}{4}$	5.912,50
		12	6.050

Siendo la sección de la barra de prueba exigida en condiciones de un diámetro de 15 milímetros, al que corresponde una superficie de 176,715 milímetros cuadrados, es evidente que si la resistencia del acero á la tracción alcanzaba los límites en el proyecto designados de 60 á 65 kilogramos por milímetro cuadrado de sección, el esfuerzo necesario en el aparato debía llegar hasta $65 \times 176,715 = 11.486,475$ kilogramos; es decir, á un lí-

mite muy superior á la potencia del aparato. Claro es que tal dificultad carecía de importancia, desde el momento que podíamos operar sobre barras de menor sección; pero esta reducción de superficie, que no influye para nada en la exacta determinación del coeficiente de resistencia, podía inducirnos, sin embargo, á gravísimos errores de apreciación en el cálculo del alargamiento proporcional, de no adoptar las convenientes precauciones de cálculo. Esta cuestión no es, en efecto, tan sencilla como á primera vista parece, y no creemos pecar de difusos al intentar su aclaración, consignando de paso algunas importantes observaciones de carácter más general.

El esfuerzo de rotura por tracción de un mismo acero, varía según la forma y dimensiones de las barras de prueba. Así, por ejemplo, para una misma calidad de acero laminado, la resistencia varía con el espesor de las piezas, siendo tanto más grande, cuanto más pequeño es aquél. Esto se explica lógicamente por la falta de homogeneidad de dichos aceros, cuyas capas superficiales, sobre las cuales se ha ejercido directamente la acción del laminado, han sufrido en grado mayor ó menor un verdadero temple, siendo más resistentes, por lo tanto, que las capas intermedias.

Para una misma calidad y espesor, la resistencia varía igualmente con el ancho de las barras de prueba, disminuyendo á medida que aumenta la relación del ancho al grueso. De aquí que sea necesario dar á dichas barras secciones semejantes entre sí, para que aquella relación sea constante. La forma de la sección de la barra no ejerce por lo demás influencia sensible en la resistencia observada; es decir, que para un mismo acero, los resultados son sensiblemente iguales, ya sea la sección *circular* ó *cuadrada*. El sentido del laminado no modifica tampoco la resistencia del acero, como sucede para el hierro.

Por el contrario, la carga de rotura varía de un modo notable, según que la prueba se haga con más ó menos rapidez. Cuando dicha rotura se obtiene en un plazo muy corto, la barra se calienta de una manera notable aumentando su resistencia. Si, por el contrario, se conduce la operación de tal modo que la deformación sea lenta, manteniendo la barra á la temperatura ambiente, la resistencia es más pequeña. El coeficiente máximo de rotura se obtiene para el acero con la temperatura de 300° centígrados, á partir de la cual vuelve á decrecer rápidamente.

El alargamiento debido al esfuerzo de tracción, puede dar lugar, si no se procede en debida forma, á diferencias de apreciación muy importantes. En todo ensayo de tracción pueden distinguirse, en efecto, tres períodos:

1.º El período elástico, que comprende las deformaciones no permanentes, inferiores al límite de elasticidad.

2.º Un primer período de deformación permanente, que comienza en el límite de elasticidad y termina en el máximo de resistencia; y

3.º Un segundo período de deformación permanente, que comienza en el máximo de resistencia y termina en la rotura, durante el cual, el alargamiento se localiza en una parte de la barra, conservando las restantes la deformación adquirida.

Este último fenómeno recibe el nombre de *estricción*, por ir acompañado de una contracción trasversal más ó menos sensible, que se termina en la rotura.

Es evidente, por lo tanto, que el alargamiento total, referido á la unidad de longitud, será bien distinto, según que la magnitud de barra á que se compara y que contiene la *estricción*, comprenda además partes más ó menos extensas, independientes de la deformación citada. El alargamiento llamado *proporcional* será, por consiguiente, tanto más elevado cuanto mayor sea el diámetro y menor la longitud de las barras de prueba.

Es, pues, importante, cuando se da el alargamiento referido á la unidad de longitud de una barra ensayada para tracción, indicar al mismo tiempo no sólo la magnitud de barra sobre la cual ha sido *medido ó comparado* este alargamiento, sino las dimensiones de su sección transversal. Para no tener más que cifras comparables entre sí, sería, pues, muy conveniente conocer la ley de relación entre las longitudes y secciones de distintas barras.

Dicha ley viene expresada por la sencillísima ecuación siguiente, adoptada por gran número de ingenieros:

$$\frac{l}{a} = \frac{L}{A};$$

en la que l y L representan las longitudes primitivas de las dos barras del mismo acero, que se comparan, y a y A , las dimensiones homólogas de las secciones.

Hé aquí la demostración de dicha fórmula, que inserta Mr. Flamant en su citado informe.

Llamando λ al alargamiento por unidad de longitud, antes del período de la *estricción*, los alargamientos totales de ambas barras, en dicho momento, serán respectivamente

$$\lambda l \text{ y } \lambda L;$$

sean x y X las longitudes que en cada una de las barras sufren la *estricción*, y Δx , ΔX , los alargamientos que las mismas experimentan durante este período de deformación hasta la rotura.

Habiéndose comprobado en repetidos experimentos que las formas geométricas de las barras, aun dentro de las secciones contraídas, quedan sensiblemente semejantes en *todos sentidos* antes de la deformación, x y X , así como Δx y ΔX , serán proporcionales á a y A ; luego

$$\frac{\Delta x}{\Delta X} = \frac{a}{A}; \text{ de donde } \Delta X = \frac{A}{a} \Delta x.$$

Los alargamientos totales serán para la primera barra

$$\lambda l + \Delta x$$

y para la segunda

$$\lambda L + \Delta X = \lambda L + \frac{A}{a} \Delta x;$$

Y por unidad de longitud,

$$\lambda + \frac{\Delta x}{l}$$

$$\frac{\lambda L}{L} + \frac{A}{aL} \times \Delta x = \lambda + \frac{\Delta x}{l} \times \frac{Al}{aL};$$

Siendo ambas barras de una misma calidad de acero, los alargamientos por unidad de longitud deben ser idénticos; y para esto es preciso que

$$\frac{Al}{aL} = 1;$$

de donde

$$\frac{l}{a} = \frac{L}{A},$$

como se quería demostrar. •

Llamando s y S las áreas de las secciones transversales de las dos barras, y recordando las consideraciones anteriores, es evidente que la igualdad anterior puede sustituirse por esta otra de carácter más general

$$\frac{l^2}{s} = \frac{L^2}{S} = \text{constante}.$$

Para que los alargamientos medidos sobre barras de formas y dimensiones diferentes sean comparables entre sí, es preciso, por lo tanto, que las longitudes, según las cuales se miden dichos alargamientos, sean entre sí como las raíces cuadradas de las áreas de las secciones transversales.

Claro es que el valor absoluto de la constante debe fijarse de una vez para todas, y que esta primera determinación es completamente arbitraria.

En el Creusot, la barra-tipo es un cilindro de 16 milímetros de diámetro por 100 de longitud. El valor de la constante será, pues,

$$\frac{L^2}{s} = \frac{100^2}{\pi 8^2} = 50 \text{ próximamente.}$$

La Compañía de ferrocarriles P. L. M., fija el diámetro de dicha barra en 0^m,0252, y su longitud en 0^m,20. La constante resulta en este caso

$$\frac{L^2}{s} = \frac{200^2}{\pi \times 12,6^2} = 80.$$

Por último, la barra-tipo escogida en nuestro proyecto, ó sea la de uso corriente en las «Acieries du Rhin» de Ruhrort, tiene igual longitud que la de Creusot, por un diámetro de 15 milímetros; luego

$$\frac{L^2}{s} = \frac{100^2}{\pi \times 7,5^2} = 56,50.$$

Conocida esta relación, éramos dueños de operar sobre barras de menor diámetro, y proporcionadas, por tanto, á la potencia del aparato.

Hé aquí el modo de proceder:

Supongamos que la barra de prueba tenga una sección cuadrada de 7,50 milímetros de lado. La superficie de esta sección será, por consiguiente, de 49,70 milímetros cuadrados. Si multiplicamos dicha cifra por la constante 56,50, obtendremos el valor de

$$L^2 = 2.808,05;$$

su raíz cuadrada, igual á 53 milímetros, nos representará, por lo tanto, la longitud teórica de barra que hay que tener en cuenta para medir el alargamiento proporcional.

Así, pues, si el alargamiento absoluto observado ha sido, por ejemplo, de 11 milímetros, bastará establecer la sencilla proposición:

$$\frac{11}{53} = \frac{x}{100},$$

de donde $x = 20$, para deducir el alargamiento por unidad de longitud, que en este caso resultaría del 20 por 100.

JULIO VALDÉS,
Ingeniero de caminos.

DICTAMEN PRESENTADO

Á LA COMISIÓN ENCARGADA DE ESTUDIAR LA CRISIS AGRÍCOLA Y PECUARIA

POR EL PONENTE

DON AMÓS SALVADOR

Ingeniero de Caminos.

(Continuación.)

Dentro de la importancia que conviene asignar á los riegos en general y al sistema de pantanos en particular, conviene asimismo rectificar el