

Fig. 12. Casos de carga

$$\begin{cases} m_1 = Pk(1-k)^2\ell \\ m_2 = -Pk(1-k)\ell \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 = Pk(1-k)\ell \\ m_2 = -Pk(1-k)\ell \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 = \frac{P\ell^2}{12} \\ m_2 = -\frac{P\ell^2}{12} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 = \frac{1}{2}P(1-k)(2-k)k\ell \\ m_2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 = \frac{3}{2}Pk(1-k)\ell \\ m_2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 = \frac{P\ell^2}{8} \\ m_2 = 0 \end{cases}$$

Distribuimos, transmitimos y sumamos en el siguiente orden: momentos de empotramiento, momentos transmitidos por el 2, 6 y 8, como se indica en el siguiente cuadro:

$M_{12} =$	1,800	-	1,005	-	0,109	-	0,077	=	+	0,609	T × m	
$M_{21} =$	-	1,800	-	2,010	-	0,217	-	0,154	=	-	4,181	T × m
$M_{24} =$	14,400	-	10,590	+	0,217	+	0,154	=	+	4,181	T × m	
$M_{42} =$	-	14,400	-	3,090	+	2,390	+	1,690	=	-	13,410	T × m
$M_{43} =$	0,000	+	0,495	+	0,500	+	0,360	=	+	1,355	T × m	
$M_{34} =$	0,000	+	0,248	+	0,250	+	0,180	=	+	0,678	T × m	
$M_{46} =$	14,400	+	2,595	-	2,890	-	2,050	=	+	12,055	T × m	
$M_{64} =$	-	14,400	+	0,727	-	10,320	-	7,310	=	-	31,303	T × m
$M_{65} =$	0,000	-	0,127	-	1,980	-	1,400	=	-	3,507	T × m	
$M_{56} =$	0,000	-	0,064	-	0,985	-	0,700	=	-	1,749	T × m	
$M_{68} =$	36,000	-	0,600	-	9,300	+	8,710	=	+	34,810	T × m	
$M_{86} =$	-	36,000	-	0,054	-	0,845	+	30,190	=	-	6,709	T × m
$M_{87} =$	0,000	+	0,054	+	0,845	+	5,710	=	+	6,609	T × m	
$M_{78} =$	0,000	+	0,027	+	0,423	+	2,855	=	+	3,305	T × m	

Como comprobación se ve que la suma de momentos alrededor de un nudo es cero.

José-Eligio PRIETO MORESI
Alumno de cuarto año de la Escuela
de Caminos

Regulación de los aparatos de apoyo móviles de los tramos metálicos

Un aspecto interesante de la conservación de los tramos metálicos es el de mantener en buen estado de funcionamiento los aparatos en que se apoya la estructura. Y es interesante, porque tales aparatos, además de recibir y transmitir las reacciones de toda índole que se desarrollan, *materializan*, por así decir, las hipótesis de cálculo, permitiendo a la estructura en sus apoyos el grado de libertad que exige su deformación elástica.

Una falta o defecto, simplemente un descuido en su conservación puede dar lugar a perturbaciones de importancia, no solamente para el tramo en sí, sino para los elementos que lo sustentan (pilas o palizadas), todo ello con peligro evidente en determinados casos, como sucede, por ejemplo, en las vigas continuas, en las que, no sólo la desnivelación de alguno de sus apoyos, sino también el no facilitarse la libre dilatación o contracción del conjunto, bajo la acción de la temperatura, puede acarrear riesgos de importancia, sobre todo en los tramos metálicos para ferrocarril, en los que el efecto dinámico de impacto, a más de aumentar la importancia de tales contingencias, incrementa la posibilidad de que no sea correcto el funcionamiento de los aparatos de apoyo móviles, pues el régimen vibratorio a que en la práctica resulta sometida la estructura, unido a los efectos de frenado o arranque, originan esfuerzos de deslizamiento que pueden alterar las posiciones relativas de los rodillos, y merman, por tanto, la eficacia del sistema de apoyo del conjunto.

En los tramos de hormigón armado, independientes o continuos, no alcanzan tanta importancia los efectos apuntados, porque en ellos la relación del peso muerto a la sobrecarga es bastante más importante,

en general, que el valor de la misma relación en los tramos metálicos para ferrocarril, y, por consiguiente, no es fácil que se altere en aquéllos el funcionamiento regular de los rodillos de sus aparatos de apoyo, pues, según hemos comprobado, es la influencia predominante de la sobrecarga el factor que más interviene en la perturbación.

* * *

El principal objeto de los rodillos de los aparatos de apoyo móviles es el de absorber las diferencias

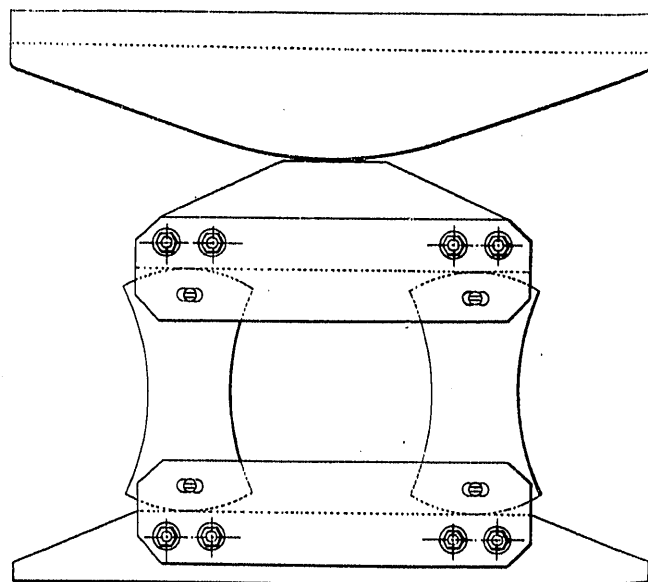


Fig. 1.

de longitud que las variaciones térmicas determinan en la estructura sustentada.

Si bien para ello algunos autores¹ proponen el tipo pendular (fig. 1), constituido por uno o dos rodillos de gran diámetro, lo más usual es emplear, para los tramos metálicos, el tipo de rodillos múltiples (fig. 2),

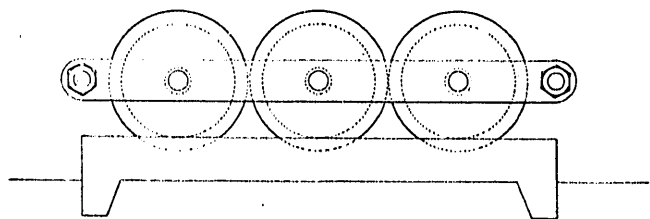


Fig. 2.

los que, cuando el número de ellos ha de ser grande, como sucede con frecuencia, se sustituyen por segmentos cilíndricos unidos entre sí, para hacerlos solidarios en sus movimientos, por bridas dispuestas de modo conveniente (fig. 3).

Precisamente en este tipo de rodillos de segmentos

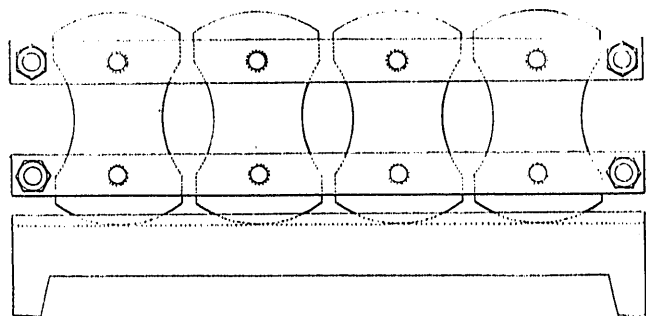


Fig. 3.

cilíndricos es en los que puede suceder que, bien por un defecto de colocación o conservación, o por otra causa anormal cualquiera, se rebase el límite de rodadura de sus caras cilíndricas y, al rebatirse unos rodillos sobre otros, quede anulada la eficacia de aquellos, que, al no obedecer entonces a movimiento algu-

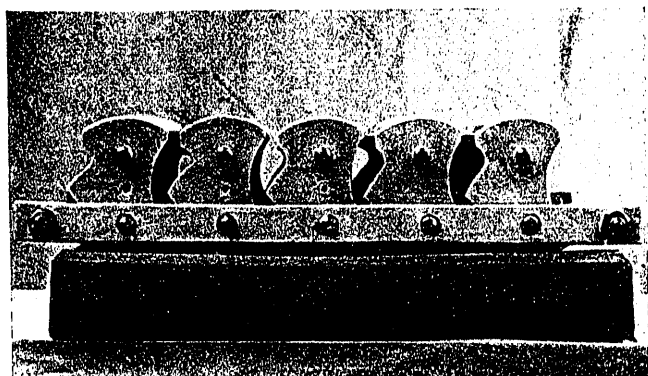


Fig. 4. Rodillos de dilatación, tipo M. Z. A.

no, suprimen la posibilidad de que efectúen las dilataciones y contradicciones en forma adecuada.

Por ello, en la Compañía de los ferrocarriles de M. Z. A. se emplean, desde hace bastantes años, ro-

¹ Zafrá: *Memoria de los Modelos de puentes de hormigón armado para carreteras*, 1920.

dillos de segmentos cilíndricos, pero con una nariz ojival¹, que ofrecen las ventajas de los ordinarios de segmento, sin el inconveniente apuntado (figs. 4 y 5), puesto que siempre existe la posibilidad de una rodadura correcta dentro de amplio ángulo de giro.

A pesar de ello, las brigadas que atienden a la conservación y revisión de los tramos metálicos de la aludida red ferroviaria vigilan de modo especial los aparatos de apoyo de los tramos, cuyos rodillos observan en sus periódicas visitas, para comprobar si su posición corresponde a la debida, con arreglo a la temperatura ambiente.

Dicha comprobación la efectúan las referidas bri-

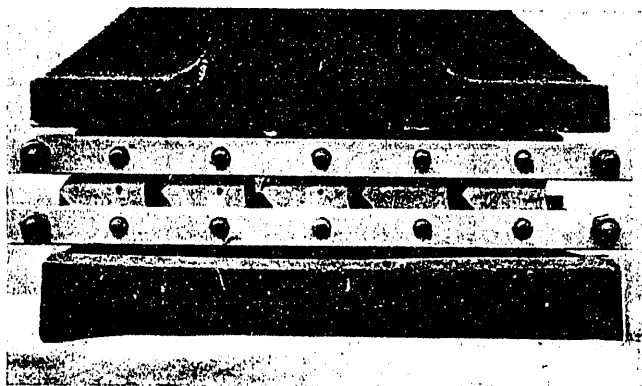


Fig. 5. Juego de rodillos en un apoyo

gadas con bastante aproximación, valiéndose de un gráfico que hemos estudiado, que se incluye a continuación.

Dicho gráfico se ha calculado utilizando la fórmula

$$\varphi = \frac{360}{\pi \cdot d} L \cdot \alpha (t - 15) \quad [1]$$

donde:

φ = desviación, en grados sexagesimales, del eje del rodillo respecto a la vertical;

L = luz teórica del tramo considerado;

α = coeficiente de dilatación del acero = 0,000012;

d = diámetro del rodillo de dilatación;

t = temperatura ambiente en el momento de hacer la regulación de los rodillos.

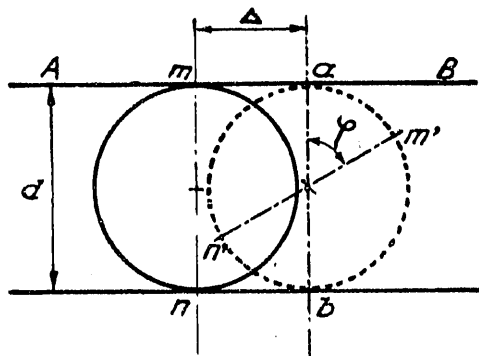


Fig. 6.

Esta fórmula se deduce tomando en cuenta (fig. 6) el movimiento que experimenta un rodillo de diáme-

¹ Ver, Mendizábal: «Nuevo tipo de aparatos móviles de apoyo para tramos metálicos». REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, números 2 313 y 2 314 de 22 y 29 de enero de 1920.

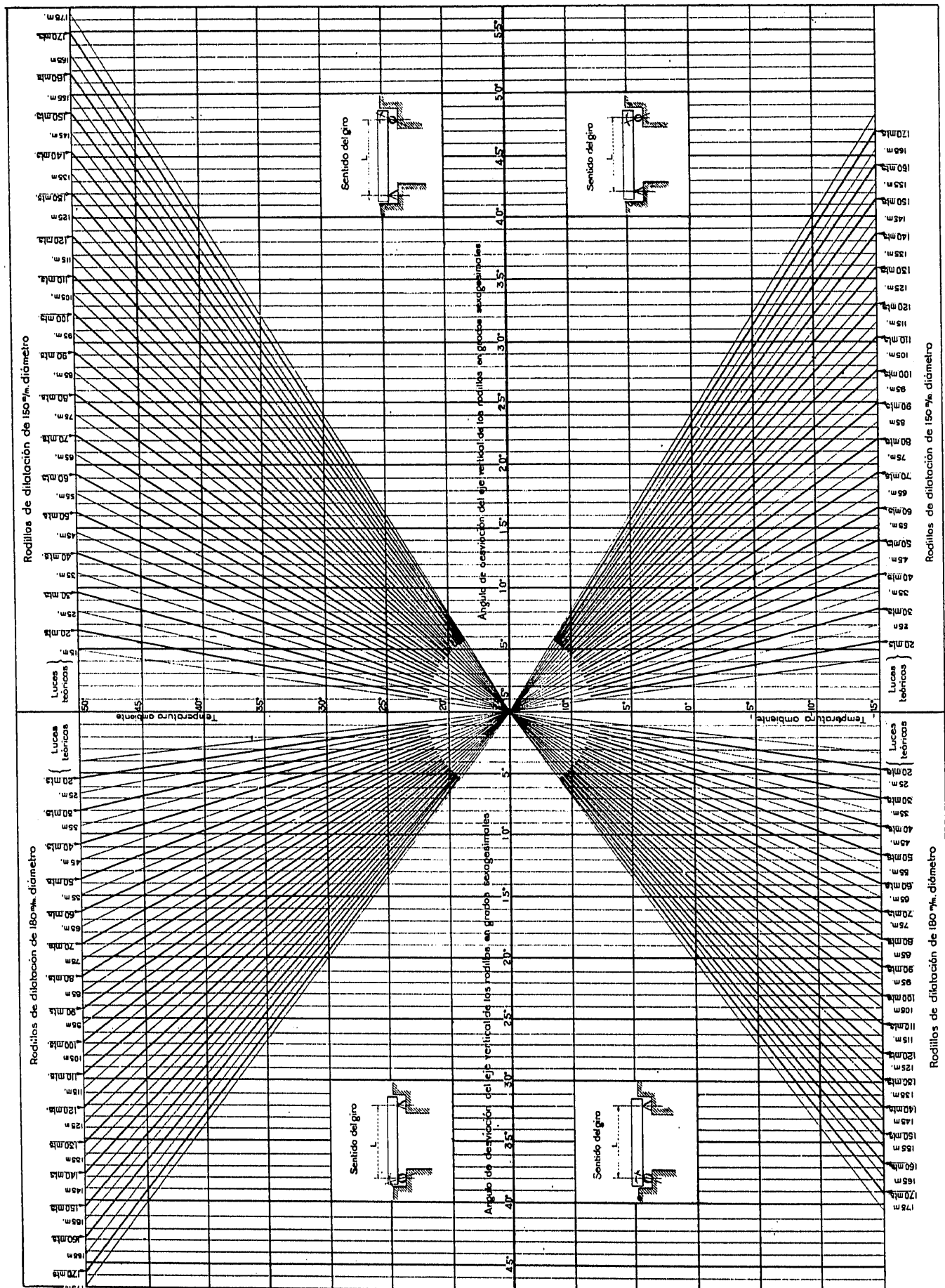


Fig. 7.

tro d , que al desplazarse su plano de apoyo superior una longitud Δ , a causa de una variación de temperatura T , el diámetro mn viene a ocupar la posición $m'n'$, siendo el desarrollo del arco am' igual a Δ .

De sencillas expresiones geométricas se tiene que, si la temperatura media anual del lugar considerado se admite igual a 15°C , y para ella el diámetro m debe ser vertical,

$$T = (t - 15)$$

y entonces:

$$\varphi \text{ radian} = \frac{2L \cdot \alpha}{d} (t - 15)$$

que si se expresa en grados sexagesimales se convierte en [1].

Hemos prescindido del giro debido a la variación de longitud del tramo como consecuencia de la actuación de las sobrecargas, pues dicho ángulo, según se sabe, es proporcional a la relación entre los coeficientes de trabajo y de elasticidad del material que constituye el tramo considerado, cuya relación en los tramos metálicos es muy pequeña, y despreciable, por tanto, si se compara con los efectos de la dilatación térmica.

Teniendo en cuenta que en M. Z. A. se vienen empleando hasta ahora, con carácter general y único, rodillos de 150 ó 180 milímetros de diámetro, el gráfico que se incluye (fig. 7) se ha establecido particularizando la fórmula general antes anotada para aquellos dos valores del diámetro.

Dicho gráfico va dividido en dos zonas: la izquierda, para rodillos de 180 mm de diámetro, y la derecha, para los de 150 mm; horizontalmente se halla dividido también por la línea $t = 15^{\circ}\text{C}$, por encima de la cual los ángulos han de tomarse en el sentido de las dilataciones del tramo, y, por debajo, en el de las contracciones, según aclaran los esquemas que se dibujan en el gráfico de referencia.

Las brigadas de revisión van provistas, con este objeto, de un termómetro corriente, de un útil-goniómetro (fig. 8) con graduación adecuada y del equipo de gatos hidráulicos correspondiente.

El modo de operar es bien sencillo:

Comprobada la incorrección de los rodillos móviles con ayuda del gráfico y goniómetro, previa lectura de la temperatura ambiente y conocida la luz teórica del tramo, se aprovecha un intervalo de circulación de trenes, y, efectuándose el necesario corte de

vía, se eleva la extremidad correspondiente del tramo con los gatos y, con ayuda del goniómetro, se define el ángulo correcto a dar al eje vertical de los rodillos, para lo que se utilizan los dos pezones que los embridan; se acuñan entonces provisionalmente los rodillos y se hacen descender los gatos, dándose la operación por terminada, una vez quitadas las cuñas provisionales colocadas en los rodillos. En los tramos de viga continua, la longitud L , a contar para la regulación de cada aparato de rodillos corresponde a la definida por su distancia al apoyo fijo de aquéllos.

Esta circunstancia debe tenerse muy en cuenta al establecer los proyectos de aparatos de apoyo móvi-

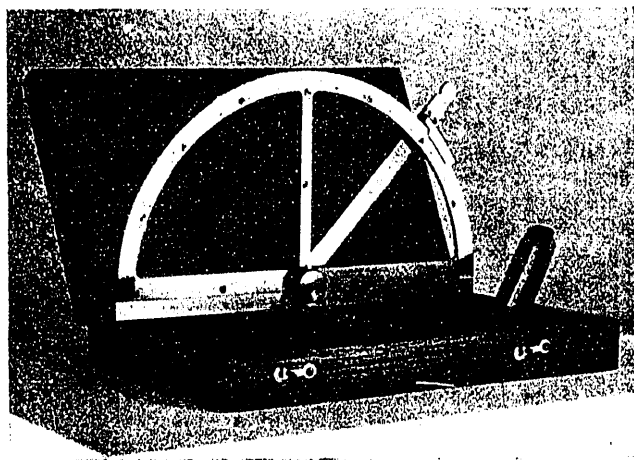


Fig. 8. Goniómetro para rodillos de aparatos de apoyo

les de tales obras, pues, aunque tengan luces corrientes, la suma de varias de ellas puede llegar, y alcanza con frecuencia, a longitudes de importancia que, con la elongación de temperatura de nuestros climas, exigen contar con ángulos de giro en los rodillos suficientemente amplios para satisfacer de modo adecuado las dilataciones de las vigas principales en cada uno de sus diversos puntos de apoyo. Para ello puede ser útil también el gráfico de que hacemos mención anteriormente.

Rafael CEBALLOS
Ingeniero de Caminos

Revista de revistas

El derrumbamiento de las torres de la estación radioemisora de Munich-Stadelheim

El año 1926 construyó la estación emisora de Munich dos torres de madera para su antena, con una altura de 75 m y 12 m de sustentación. Las hipótesis de cálculo fueron: tracción de la antena de 600 kg y carga del viento de 150 kg/m^2 sobre el plano anterior de la estereoestructura, que se reduce a la mitad en el plano posterior. Como material se empleó madera de abeto impregnada de un antiséptico.

En la madrugada del 23 de noviembre de 1930 un fuerte huracán descuajó las partes altas de ambas torres, dejando en pie los recuadros inferiores hasta una altura comprendida entre los 25 y 30 m.

Para aclarar la verdadera causa del accidente fué

requerido el profesor Graf, de la Escuela Técnica Superior de Stuttgart. El examen minucioso del proyecto y de las partes de obra desprendida y conservada manifestó conformidad de las hipótesis de cálculo con los reglamentos oficiales, excelente calidad de la madera, sana y resistente; buen montaje, acertadas uniones de las barras, etc. Esto hizo sospechar que la acción del viento durante la borrasca fué mucho más violenta de lo que podía presumirse, con arreglo a la Instrucción oficial.

El Observatorio meteorológico del aeropuerto de Munich, emplazado a 8 km de la estación radioemisora, registró, precisamente a la hora de producirse el accidente, una ráfaga de 46 m/s , que debió afectar con igual intensidad, por lo menos, dada su mayor altura, a las torres. Graf estudia los efectos de una rá-