

# DEPÓSITO ELEVADO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUAS EN ALBACETE

Por JOSÉ LUIS ESCARIO, Ingeniero de Caminos.

*Se hace en el presente artículo una descripción muy completa de este importante y original depósito elevado, cuyo proyecto y dirección de obra estuvieron a cargo del autor, que nos presenta los métodos de cálculo seguidos y una serie de interesantes detalles constructivos muy ventajosos, peculiares del tipo de estructura adoptado.*

El proyecto que acaba de terminarse, de abastecimiento de aguas de Albacete, tiene la disposición general que se resume en el croquis de la figura 1.<sup>a</sup>. Las aguas se captan en una galería que parte de una profundidad de 8,05 m.; se proyectó con una longitud de 1 000 m.; no ha sido preciso pasar de 552,20 metros, pues al llegar a ella se ha alcanzado el caudal previsto para la población actual; cuando el día de mañana se considerase precisa su ampliación, no habría más que prolongar la galería. Con una elevación de 8,95 m. llega el agua a una cámara de decantación, desde la cual se eleva con una altura total de 5,47 metros hasta un depósito regulador de 12 000 m. cúbicos de capacidad. La conducción, con una longitud total de 7 154 m., está formada por una tubería de hormigón armado centrifugado, construída por la casa Bonna (fig. 2.<sup>a</sup>), de 0,60 m. de diámetro; el depósito regulador no tiene particularidad en su estructura que sea digna de especial mención; sus muros son de mampostería y la cubierta está formada por unas bovedillas de ladrillo, que se apoyan sobre unos pórticos de hormigón armado; sobre las bovedillas se ha dispuesto una capa de carbonilla hasta una altura de 0,25 metros de espesor medio, y sobre ella una de tierra, con uno de 0,40 m.; el depósito está dividido en dos compartimientos por un muro de mampostería; la altura de la lámina de agua es de 5 m.; el coste total del depósito ha sido de 815 718 pesetas, resultando, por tanto, el metro cúbico de agua almacenada a 6,80 pesetas.

La tubería de impulsión, desde la toma hasta el depósito regulador, con un diámetro de 0,60 m., es de hormigón armado centrifugado y ha sido construí-

da también por la casa Bonna; a la entrada de la tubería, en el depósito, existe una caseta para colocar unos aparatos de cloramina.

Del depósito regulador se toma el agua con dos grupos de electrobombas, capaces de elevar cada uno 225 litros por segundo; está, además, previsto un tercer grupo de reserva de la misma capacidad.

No consideramos conveniente dar el servicio a la red directamente desde las bombas, porque cualquier interrupción dejaría sin servicio a la población y, además, las desigualdades de demanda de ésta harían trabajar a los grupos en condiciones no recomendables; era necesario interponer un pequeño depósito elevado que evitase ambos inconvenientes. El estudio detallado de la red futura y la necesidad de prevenir en ella un mínimo de carga de 30 m., en condiciones económicas para el conjunto del sistema y una población futura de 100 000 habitantes, nos llevó a la necesidad de que la cota del depósito sobre el terreno, en el punto donde había de ir situado, fuese de 60 m. La capacidad prevista fué de 500 metros cúbicos, con la cual se podía dar a la población un caudal de 100 litros por segundo durante ochenta minutos aproximadamente. Construir un depósito de estas características con una estructura reticulada corriente, resultaba difícil y hubiera sido costosísimo. Por ello, se pensó

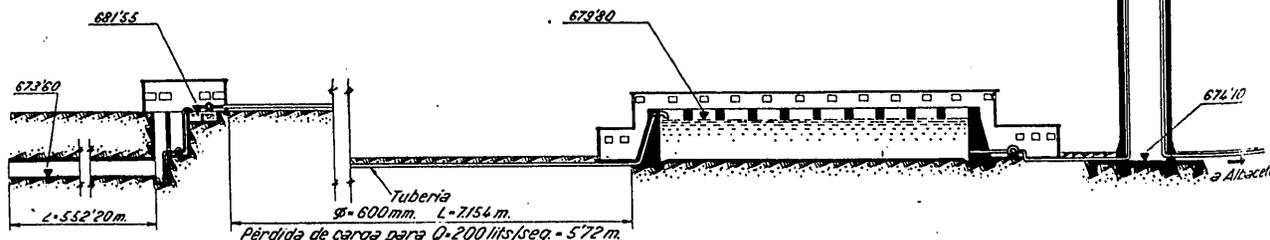


Figura 1.<sup>a</sup>

en constituir la estructura de sustentación por una chimenea cilíndrica de hormigón armado, de 6 m. de diámetro interior (fig. 3<sup>a</sup>). Esta dimensión se fijó para poder colocar, dentro de la torre, los distintos servicios y, al mismo tiempo, con el fin fundamental de obtener unas buenas condiciones de estabilidad. El espesor de la torre en el proyecto variaba de 30 cm. en la base a 20 cm. en la parte superior; la calidad de los cementos, en el momento de la construcción, aconsejó que el espesor mínimo no descendiese de la cifra de 24 cm.

El depósito va situado exteriormente en forma tal, que su pared interior la constituye la prolongación de la chimenea. El fondo está formado por una placa plana anular, de 40 cm. de espesor, que vuela a 4,80 metros y va empotrada en un anillo de gran rigidez y fuertemente armado en la parte superior de la chimenea. La altura máxima de la lámina de agua es de 3 m. La tapa que sirve de terraza es análoga a la anterior, con 15 cm. de espesor, empotrada asimismo en un anillo situado en la chimenea, y apoyado en su borde sobre la pared exterior del depósito.

Desde el punto de vista teórico, hubiera resultado ligeramente ventajoso prolongar el depósito hacia el interior de la chimenea para disminuir el voladizo y equilibrar, en parte, el peso y, por tanto, reducir el momento sobre el anillo de empotramiento; pero esta ventaja era más aparente que real, ya que los volúmenes de agua que cargan sobre un sector circular disminuyen muy rápidamente al acercarse al eje;



Fig. 2.<sup>a</sup>, b. — Conducción general. Tubo autorresistente para el cruce del canal María Cristina.

además, resulta mucho más constructivo el sistema de que la pared interior del depósito fuera la misma chimenea, para mover los materiales por el interior de la torre y poder disponer ampliamente los servicios del depósito, tuberías, escaleras, montacargas, etcétera.

En el interior de la chimenea va una estructura metálica ligera, formada por cuatro castilletes de celosía, de planta cuadrada, de 0,65 metros de lado, que sustentan los 35 tramos de escalera (9 alturas de 0,20 metros), y que lleva alojado entre ellos un montacargas.

La disposición continua de la chimenea a través del depósito permite que los castilletes lleguen a toda la altura de la torre y el montacargas desembarque en la terraza superior; por otra parte, el castillete tenía una importantísima utilidad constructiva, pues montándolo sucesivamente avanzado en relación con la chimenea, permitió colgar de él los andamios necesarios.

Las estructuras metálicas de la chimenea van arriostradas en tres puntos, en la altura total de la torre.

Según puede verse en el plano, la altura total de la torre sobre el terreno es de 67,75 metros, habiendo sido preciso aumentar 1,50



Fig. 2.<sup>a</sup>, a. — Conducción general. Llegada al depósito.

sobre lo previsto en el proyecto primitivo, por necesidades del montaje del ascensor; sobre el cimiento, la altura total es de 70,27.

La cimentación está constituida por una placa de 15 m. de diámetro, cuya parte volada está formada por 12 nervios de 1,52 m. de altura, unidos por una losa de 0,38 m. de espesor y un anillo exterior de rigidez de 0,80 por 1,52 m. El terreno sobre el que se apoya la cimentación está formado por margas, arcilla y caliza; el nivel freático está a menos de 1 m. de la superficie.

**Marcha del cálculo.**

*Pared exterior.* — Se ha calculado siguiendo el método expuesto en la Mecánica Elástica de don

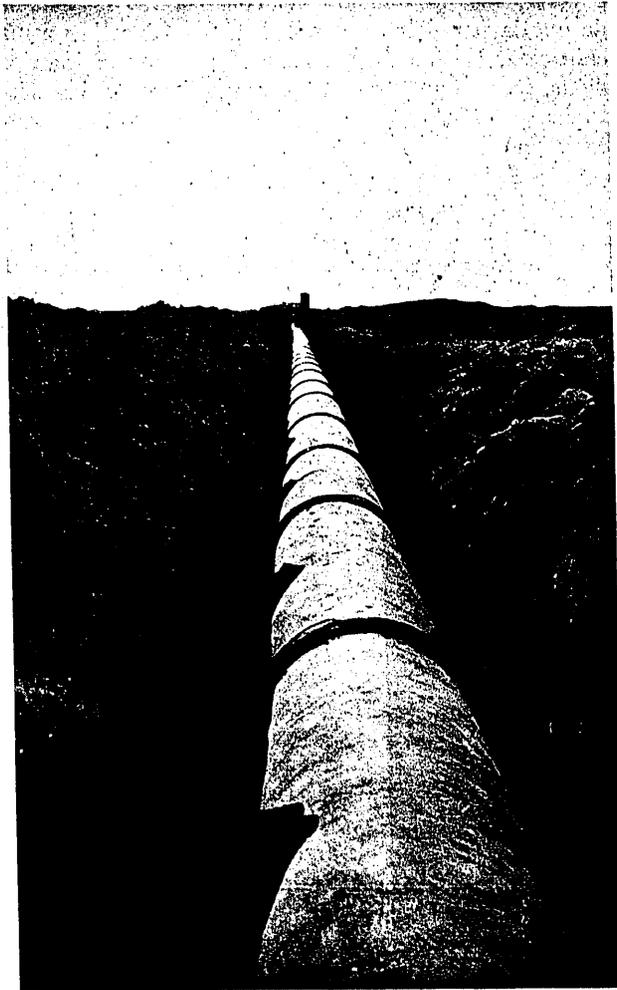


Fig. 2.<sup>a</sup>, c. — Conducción general. Al fondo, la arqueta de captación y elevación.

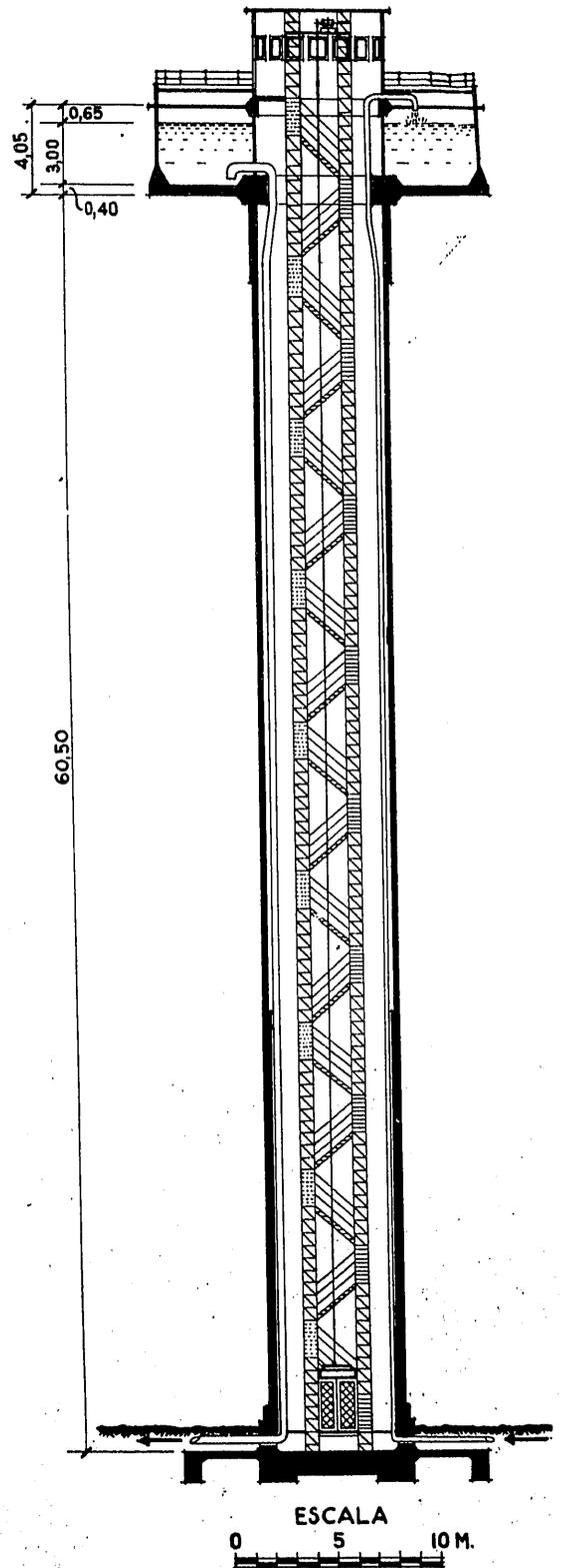


Figura 3.<sup>a</sup>

Alfonso Peña, para la flexión longitudinal de estructuras tubulares. No tiene dificultad alguna.

Placas. — Se han seguido los estudios de Föppl, perfectamente aplicables en este caso, por ser el espe-

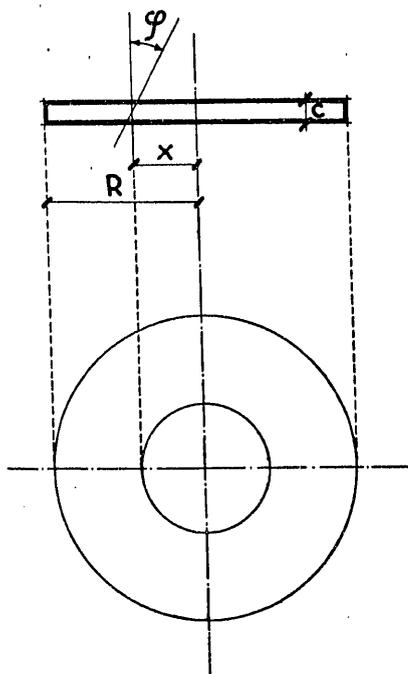


Figura 4.ª

sor de la placa muy pequeño en relación con las otras dos dimensiones.

Se prescinde, por su pequeño valor relativo, de las tensiones normales al plano medio, y entonces la ecuación diferencial es:

$$x^2 \frac{d^2 \varphi}{dx^2} + x \frac{d\varphi}{dx} - \varphi = - \frac{P x}{2 \pi E I} (1 - \eta^2);$$

en la cual  $P$  es la carga total resultante de todas las fuerzas que actúan (reacciones, cargas, etc.) concentradas en un círculo de radio  $x$  (fig. 4.ª);  $\eta$  es el coeficiente de Poisson, que tomamos igual a  $1/6$ .

La integral general de la ecuación diferencial es:

$$\varphi = A x + \frac{B}{x} + f(x);$$

siendo  $f(x)$  la integral particular del segundo miembro.

Con las notaciones de la figura 5.ª, si  $p$  es la carga uniformemente repartida, necesitamos considerar los dos casos siguientes:

$$F = p \pi (R^2 - r^2);$$

$$P = -F = p \pi (R^2 - r^2);$$

sustituyendo:

$$x^2 \frac{d^2 \varphi}{dx^2} + x \frac{d\varphi}{dx} - \varphi = \frac{p \cdot x}{2 E I} (R^2 - r^2) (1 - \eta^2),$$

cuya integral es (siendo  $K = 1 - \eta^2$ ):

$$\varphi = \frac{p R^2 K}{16 E I} \left( A x + \frac{B}{x} - \frac{x^3}{R^2} + 4 x \log_e x \right);$$

los momentos flectores en sentido radial y tangencial y los esfuerzos cortantes valen:

$$M_r = \frac{p R^2}{96} \left[ 7 A - \frac{5 B}{x^2} - \frac{19}{R^2} x^2 + 4 (6 + 7 \log_e x) \right]$$

$$M_t = \frac{p R^2}{96} \left[ 7 A + \frac{5 B}{x^2} - \frac{9}{R^2} x^2 + 4 (1 + 7 \log_e x) \right]$$

$$Q = + p \frac{R^2 - x^2}{2 x}.$$

Si se considera que la fuerza total se aplica en todo el perímetro,

$$P = -F \text{ (fig. 6.ª),}$$

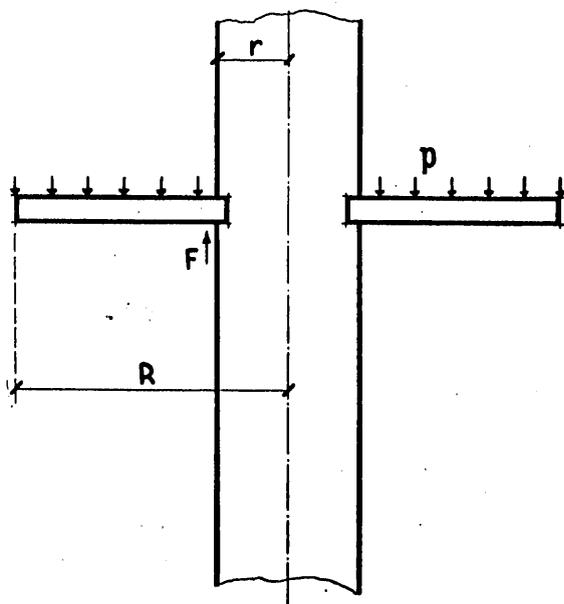


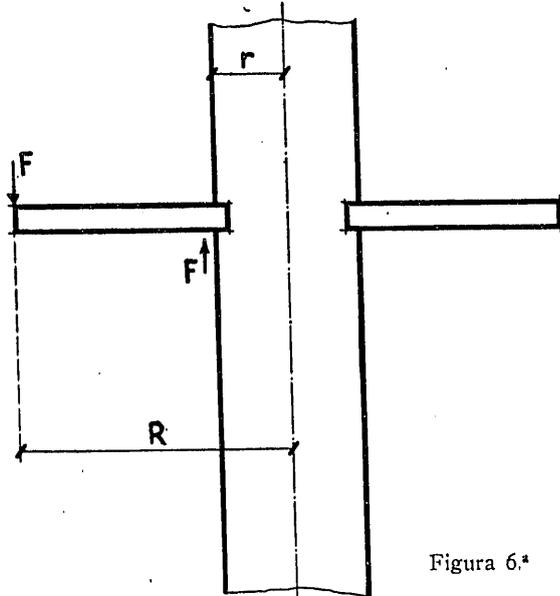
Figura 5.ª

la ecuación diferencial es:

$$x^2 \frac{d^2 \varphi}{dx^2} + x \frac{d\varphi}{dx} - \varphi = \frac{F \cdot K \cdot x}{2 \pi EI};$$

integrando:

$$\varphi = \frac{FK}{4 \pi EI} \left( Ax + \frac{B}{x} + x \log_e x \right)$$



y los momentos y esfuerzos cortantes valen:

$$M_r = \frac{F}{24 \pi} \left( 7A - \frac{5B}{\varphi^2} + 6 + 7 \log_e x \right)$$

$$M_t = \frac{F}{24 \pi} \left( 7A + \frac{5B}{\varphi^2} + 1 + 7 \log_e x \right)$$

$$Q = \frac{F}{2 \pi x};$$

las constantes A y B se determinan en el caso de borde libre por las condiciones:

$$x = r \quad \varphi = 0;$$

$$x = R \quad M_r = 0;$$

o en el caso de borde empotrado, por:

$$x = r \quad \varphi = 0;$$

$$x = R \quad \varphi = 0;$$

con estas ecuaciones es posible abordar el cálculo comprobatorio de las placas, tanto de la placa de soleira como de la de cubierta.

Los diagramas obtenidos son los que se reproducen en las figuras 7.<sup>a</sup> y 8.<sup>a</sup>. La placa de la tapa se considera empotrada en su borde interior y apoyada en el exterior. La placa del fondo se considera empotrada en el anillo, hipótesis prácticamente exacta; el borde

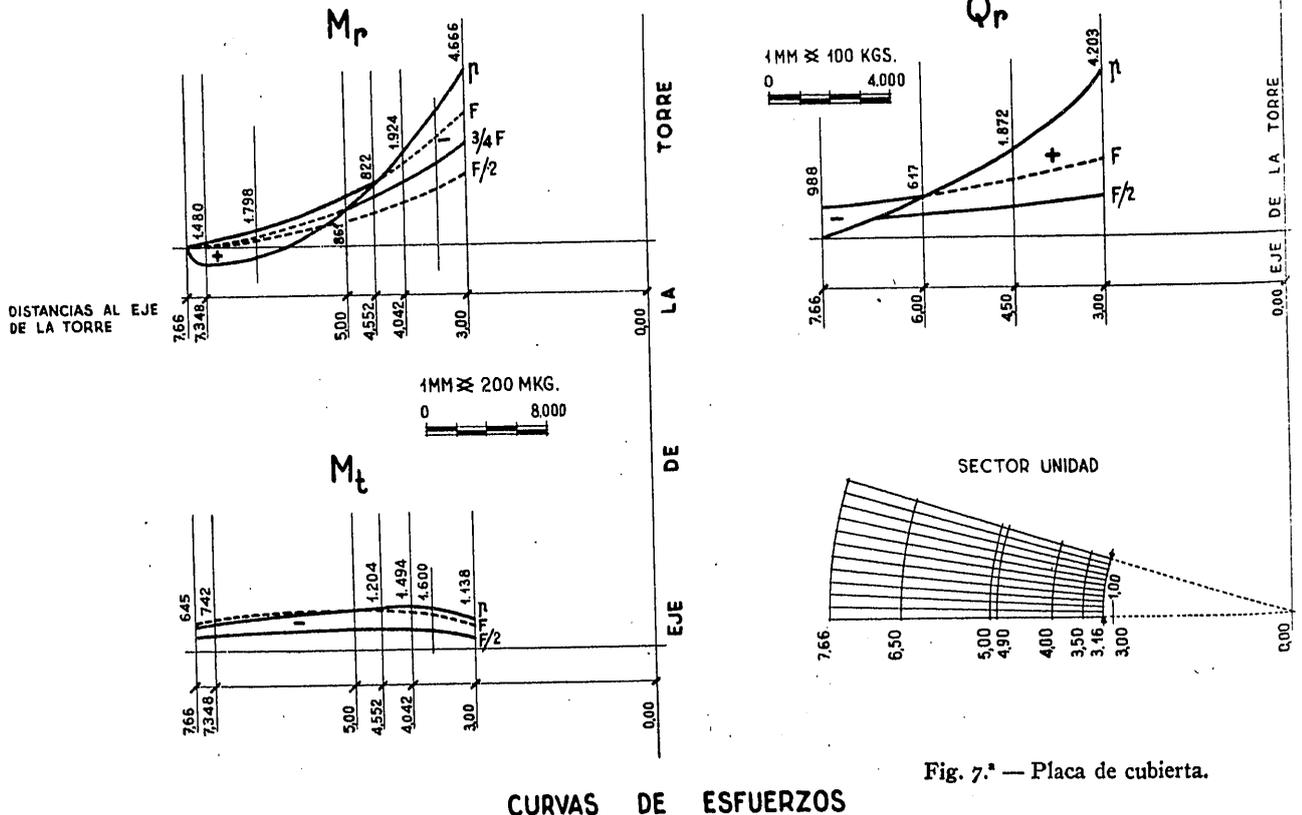


Fig. 7.<sup>a</sup> — Placa de cubierta.

exterior está también empotrado en la pared exterior del tanque, pero como ésta no está fija, sino sometida a las deformaciones producidas por las cargas que sobre ella actúan, hay que considerar para el cálculo de la resistencia un ángulo de giro de la sección extrema que depende de la deformación de la pared exterior del depósito; el giro de la sección extrema es intermedio entre el correspondiente a los casos de la sección extrema libre y empotrada. Por ello, se pueden dibujar diagramas de  $M_r$ ,  $M_t$  y  $Q$ , resultantes de  $p$  y  $F$  en el caso de borde libre y de borde perfectamente empotrado; se ha tomado, en cada punto, para la comprobación de la sección, el máximo valor que resulta de la aplicación de ambas hipótesis, o bien ambos, en el caso de ser signos contrarios.

La máxima carga de trabajo se produce, como es lógico, en la sección de empotramiento y alcanza la cifra de 66,02 Kg./cm.<sup>2</sup>; las armaduras trabajan en este punto a 862 Kg.; esta carga está dentro de los límites normales; la del hormigón es aceptable con una fuerte dosificación y una ejecución esmerada, máxime si se tiene en cuenta que las cargas de trabajo disminuyen muy rápidamente en cuanto nos separamos de la sección de empotramiento. Se dispone armadura simétrica en dos capas. El esfuerzo cortante queda

sobradamente absorbido por la sección de hormigón y las barras dobladas; no obstante, se disponen también estribos de 6 mm. para mayor seguridad.

*Anillo de empotramiento.*— Es la parte de la estructura de mayor dificultad de cálculo. Debe estar en equilibrio bajo la acción de las cargas siguientes:

Verticales de la placa ( $Q$ ).

Momentos de empotramiento de la misma ( $M_r$ ).

Reacción de la pared de la chimenea.

Todas las fuerzas se encuentran uniformemente repartidas en el perímetro del anillo. Si la placa no estuviese empotrada en el anillo, no habría más reacciones que las verticales, y entonces bastaría calcular el anillo para que resistiese a la acción de los momentos flectores; habría que considerar los esfuerzos producidos por un momento tangencial equivalente:

$$M = M_r \times a \text{ (fig. 9.ª); (1)}$$

siendo  $a$  el radio medio (Timoshenko: *Strength of Materials*, parte II, pág. 522, 1936).

(1) Esta relación es exactamente la misma que existe entre la presión interna de un tubo delgado y su tensión en sentido tangencial:  $\sigma = p \times r$ .

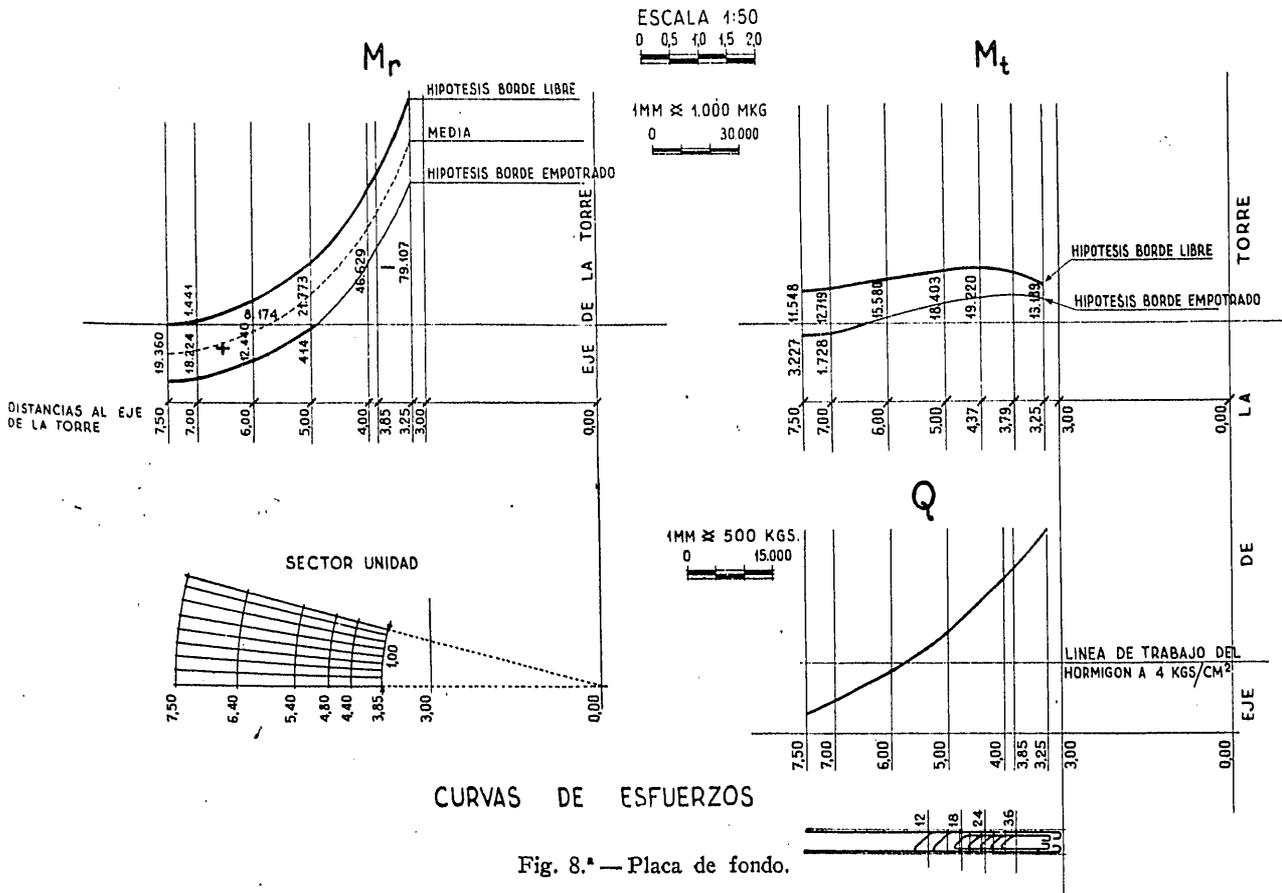


Fig. 8.ª — Placa de fondo.

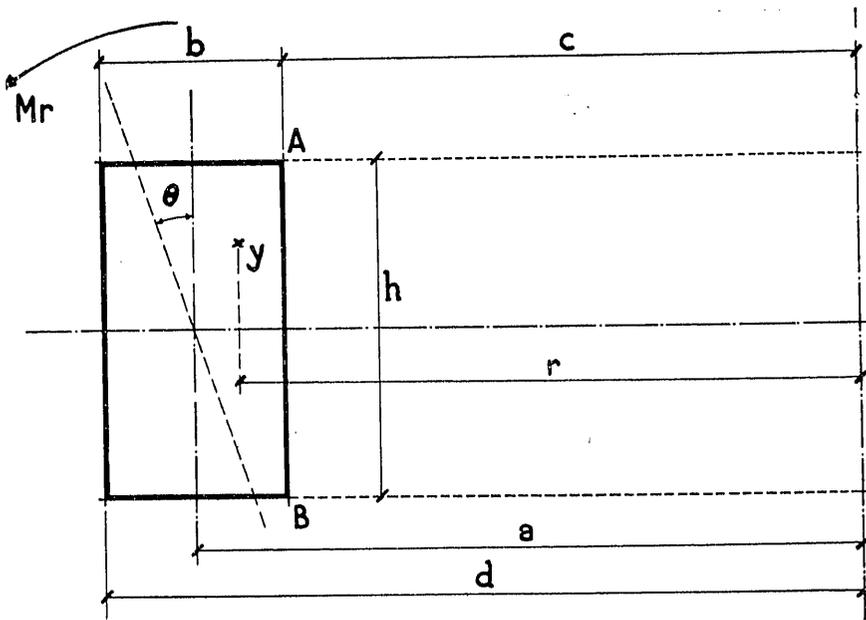


Figura 9.<sup>a</sup>

Si las dimensiones del anillo son comparables con el radio, entonces el problema varía.

La tensión en un punto cualquiera vale:

$$\sigma = \frac{12 \cdot M_r \cdot a y}{h^3 \cdot r \cdot \log_e \frac{d}{c}} \quad [1]$$

y la tensión máxima (en A y B):

$$\sigma_{\text{máx.}} = \frac{6 \cdot M_r \cdot a}{h^2 \cdot c \cdot \log_e \frac{d}{c}} \quad [2]$$

el giro de la sección vale:

$$\theta = \frac{12 \cdot M_r \cdot a}{E \cdot h^3 \cdot \log_e \frac{d}{c}} \quad [3]$$

Para el cálculo de la sección resulta más cómodo suponer un reparto lineal de las tensiones, aun cuando resulte así una hipótesis pesimista. Se puede entonces imaginar que existe un momento tangencial  $M_t$  equivalente, que produce una  $\sigma_{\text{máx.}}$  en todas las fibras superiores.

$$\sigma_{\text{máx.}} = \frac{M_t \times \frac{h}{2}}{\frac{h^3}{12} \times b}$$

igualando con la [2]:

$$M_t = M_r \frac{a b}{c \cdot \log_e \frac{d}{c}}$$

En la realidad, el anillo está empotrado en las paredes de la torre y éstas ayudarán a su resistencia, produciendo reacciones favorables a ella; es decir, que el momento de empotramiento  $M_r$  está equilibrado en parte por el anillo, y en parte, por la chimenea misma; prescindiremos de la parte de chimenea situada encima del anillo, por ser muy delgada; como su efecto es favorable a la resistencia del anillo, esta hipótesis resulta pesimista, aunque en pequeña proporción, porque el efecto de la chimenea, por encima del anillo, es reducido.

Si llamamos  $M_0$  y  $Q_0$  (figura 10) al momento y esfuerzo cortante transmitido por la pared de la torre; si

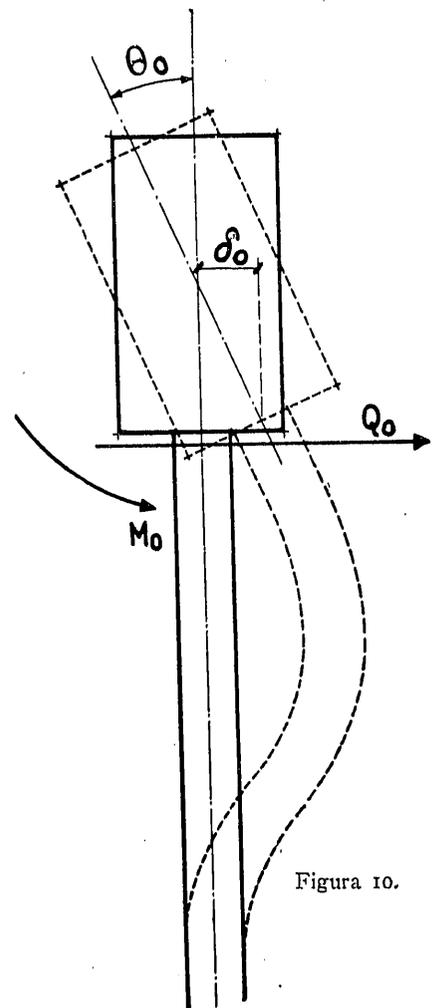


Figura 10.

$\theta_0$  es el giro de la sección, y  $\delta_0$  el desplazamiento horizontal, se tiene:

$$\delta_0 = \frac{1}{2\beta^3 D} (Q_0 - \beta M_0) \quad [4]$$

$$\theta_0 = \frac{-1}{2\beta^2 D} (Q_0 - 2\beta M_0); \quad [5]$$

luego tendremos:

$$\theta_0 = \frac{12 \left[ M_r - M_0 + Q_0 \times \frac{h}{2} \right] \cdot a}{E \cdot h^3 \cdot \log_e \frac{d}{c}} \quad [7]$$

y por otra parte:

$$\delta_0 = \theta_0 \times \frac{h}{2}; \quad [8]$$

el sistema de ecuaciones [4], [5], [6], [7] y [8] nos permite determinar  $Q_0$ ,  $M_0$ ,  $M'_r$ ,  $\delta_0$  y  $\theta_0$ ; partiendo de un espesor de la chimenea  $e = 0,20$  metros se han obtenido los siguientes valores:

$$M_0 = 10\,567 \text{ m./Kg.}$$

$$Q_0 = 27\,191 \text{ Kg.}$$

$$M'_r = 49\,506 \text{ m./Kg.}$$

por la importancia del esfuerzo cortante se ha to-

en los cuales:

$$D = E \cdot I;$$

$$\frac{1}{\beta} = \frac{\sqrt{re}}{\sqrt[4]{3(1-\eta^2)}}$$

Por otro lado tenemos que  $\theta_0$  [3] es el ángulo que gira el anillo debido al momento

$$M'_r = M_r - \left( W_0 + \frac{h}{2} \times Q_0 \right); \quad [6]$$

### CURVAS DE ESFUERZOS DE LA PLACA DE FONDO SOBRE LA TORRE

ESCALA 1:25

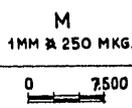
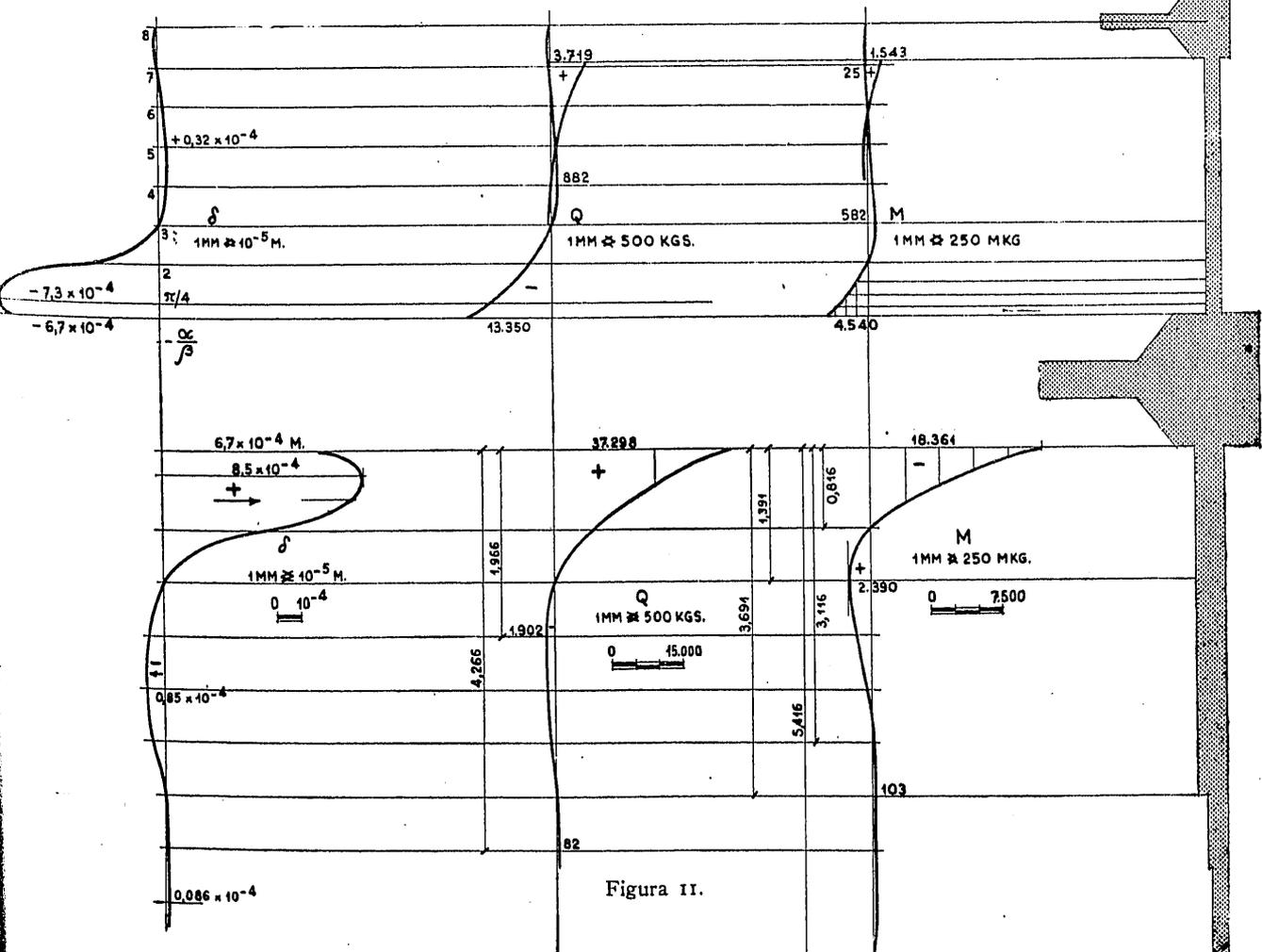


Figura II.

mado  $e = 0,30$  metros; pero, no obstante, se han calculado, con un sentido más conservador, las armaduras del anillo con el valor de  $M'_r$  obtenido para  $e = 0,20$ . El momento flector tangencial vale:

$$M_t = M'_r \frac{a \cdot b}{c \cdot \log_e \frac{d}{c}} = 176\,520 \text{ m./Kg.}$$

conocido el cual, se determinan fácilmente las armaduras longitudinales del anillo.

Se prescinde de los esfuerzos locales debidos a la transmisión de cargas y momentos en el sistema placa-anillo-chimenea.

No se necesitan armaduras anulares o estribos por ser constante  $M'_t$  a lo largo del perímetro; no obstante, se disponen en pequeña cuantía.

*Efecto del empotramiento del anillo sobre la chimenea.* — Se determinan  $M_0$  y  $Q_0$  para  $e = 0,30$  metros.

La ecuación de la elástica de la chimenea es:

$$\delta = e^{-\beta x} (C_1 \cos \beta x + C_2 \operatorname{sen} \beta x);$$

$$\delta = e^{-x_1} (c_1 \cos x_1 + C_2 \operatorname{sen} x_1)$$

haciendo:

$$\beta x = x_1;$$

siendo:

$$C_1 = \frac{1}{2\beta^3 EI} (Q_0 - \beta M_0);$$

$$C_2 = \frac{M_0}{2\beta^2 EI};$$

si hacemos:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{C_1}{C_2} = \frac{Q_0 - \beta M_0}{\beta M_0};$$

$$\delta = \frac{C_2 \cdot e^{-x_1}}{\cos \alpha} \cdot \operatorname{sen} (x_1 + \alpha); \quad [9]$$

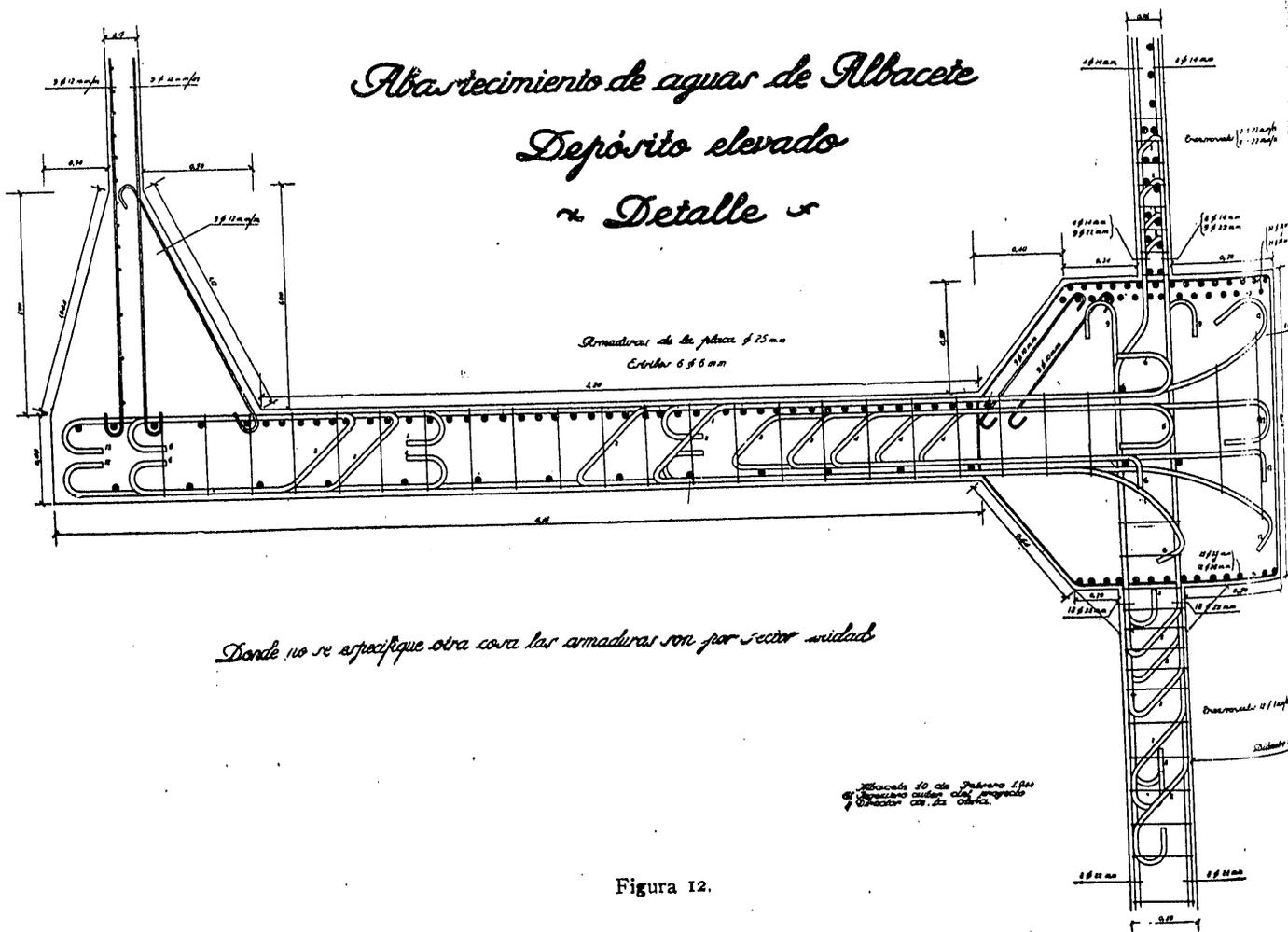


Figura 12.

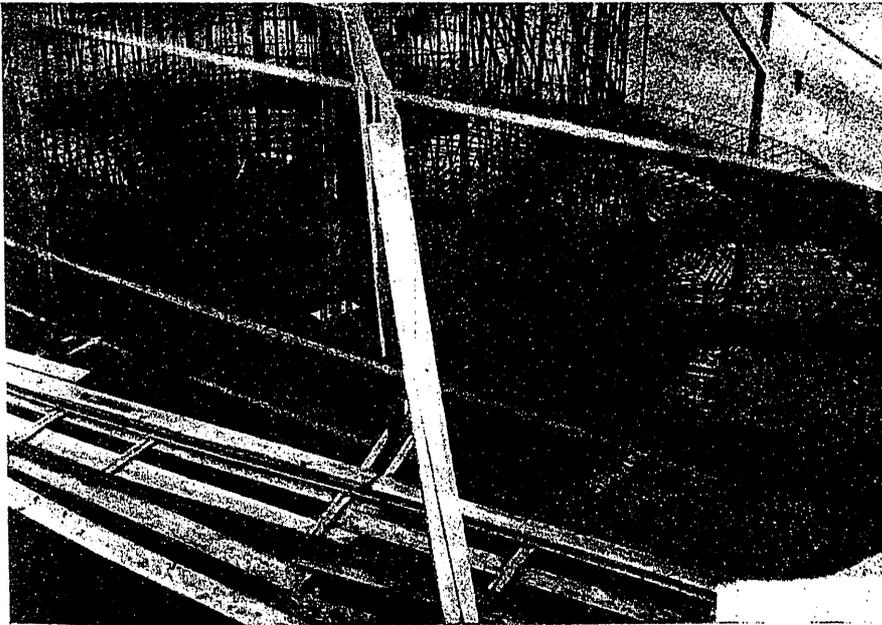


Fig. 13, a. — Depósito elevado. Placa de cimentación.

y sucesivamente:

$$M = -EI \frac{d^2 \delta}{dx^2}; \tag{10}$$

$$M = \frac{M_0}{\cos \alpha} e^{-x_1} \cdot \text{sen} \left( x_1 + \alpha + \frac{\pi}{2} \right);$$

$$Q = -EI \frac{d^3 \delta}{dx^3}; \tag{11}$$

$$Q = \frac{\beta M_0 \sqrt{2}}{\cos \alpha} e^{-x_1} \cos \left( x_1 + \alpha + \frac{3\pi}{4} \right);$$

$$\frac{dQ}{dx} = K e^{-x} \text{sen} (x_1 + \alpha + \pi); \tag{12}$$

aplicando estas fórmulas se han podido dibujar los diagramas de  $\delta$ ,  $M$  y  $Q$ .

Para la comprobación de las secciones y cálculo de las armaduras, hemos tenido en cuenta dos direcciones: la vertical o de las generatrices y la tangencial (horizontal) o de las directrices.

En la primera dirección se tienen en cuenta el  $M$  correspondiente y la reacción vertical debida a los pesos y sobrecargas que se transmiten por el anillo y que vale  $F = 1000 \text{ Tn.}$  para todo el perímetro; las secciones se calculan a flexión compuesta. En sentido horizontal basta saber que:

$$\sigma_t = E \times \delta_t = E \times \frac{\delta}{r}, \tag{13}$$

y para cada altura será posible determinar la compresión del hormigón y las armaduras precisas para resistir las tracciones, en caso de que existan.

El efecto de la flexión producida por la placa se hace imperceptible a partir de los 3,70 metros por debajo del anillo.

*Chimenea entre anillos.* — Se ha abordado el cálculo aplicando el principio de la superposición de esfuerzos y considerando separadamente los producidos por ambos anillos. Para cada uno de ellos se plantea la ecuación:

$$\delta = (C_1 e^{x_1} + C_2 e^{-x_1}) \cos x_1 + (C_3 e^{x_1} + C_4 e^{-x_1}) \text{sen } x_1;$$

cuyas constantes se determinan con las condiciones de los empotramientos; es decir, expre-

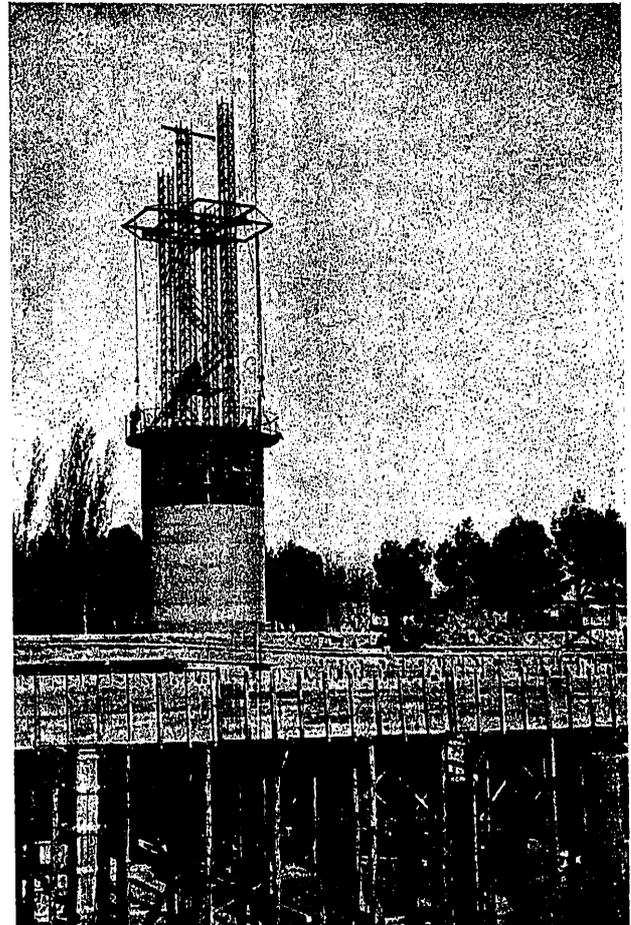


Fig. 13, b. — Depósito elevado. Vista durante la construcción. En primer término, el depósito enterrado.

sando que en ellos los desplazamientos y los giros son nulos:

$$\delta = 0;$$

$$\frac{d\delta}{dx_1} = 0;$$

se llega a la conclusión de que el tubo actúa prácticamente como si fuese indefinido y que la influencia de cada anillo en el extremo opuesto es imperceptible. En la figura 11 se dibujan los diagramas de cargas; en la figura 12 se ve la sección de la placa, anillo de empotramiento y chimenea en la parte afectada.

*Estructura sustentante (chimenea).* — La instrucción española para estructuras metálicas prescribe los siguientes valores de la presión del viento:

$$P = 200 \text{ Kg./m.}^2 \text{ para la costa;}$$

$$P = 120 \text{ " para el interior;}$$



Fig. 13, c. — Depósito elevado, en construcción.

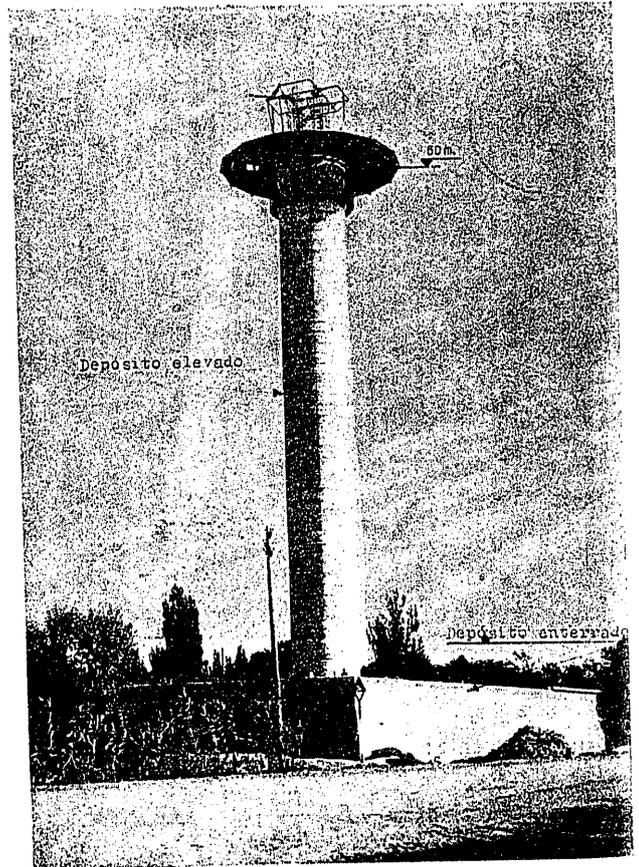


Fig. 14. — Depósito elevado. Encofrado de la placa de fondo.

aumentados en un 25 % para construcciones aisladas o de más de 25 m. de altura, o sea:

$$P = 250 \text{ Kg./m.}^2 \text{ para la costa;}$$

$$P = 125 \text{ " para el interior.}$$

Se ha tomado un valor intermedio de 200 Kg. por m.<sup>2</sup> para tener en cuenta los vientos muy fuertes de la llanura de Albacete; como se trata de una estructura cilíndrica, se ha aplicado el coeficiente de reducción del 50 %, o sea que sirve de base para el cálculo de la estructura:

$$P = 100 \text{ Kg./m.}^2.$$

Para la sección de máximo efecto, la base de empotramiento se ha supuesto a los efectos de comprobación otra hipótesis de:

$$P = 250 \text{ Kg./m.}^2.$$

El cálculo de la chimenea, con las dimensiones que se detallan en las figuras, no tiene dificultades especiales; por eso no se detalla. Se han hecho las siguientes hipótesis:

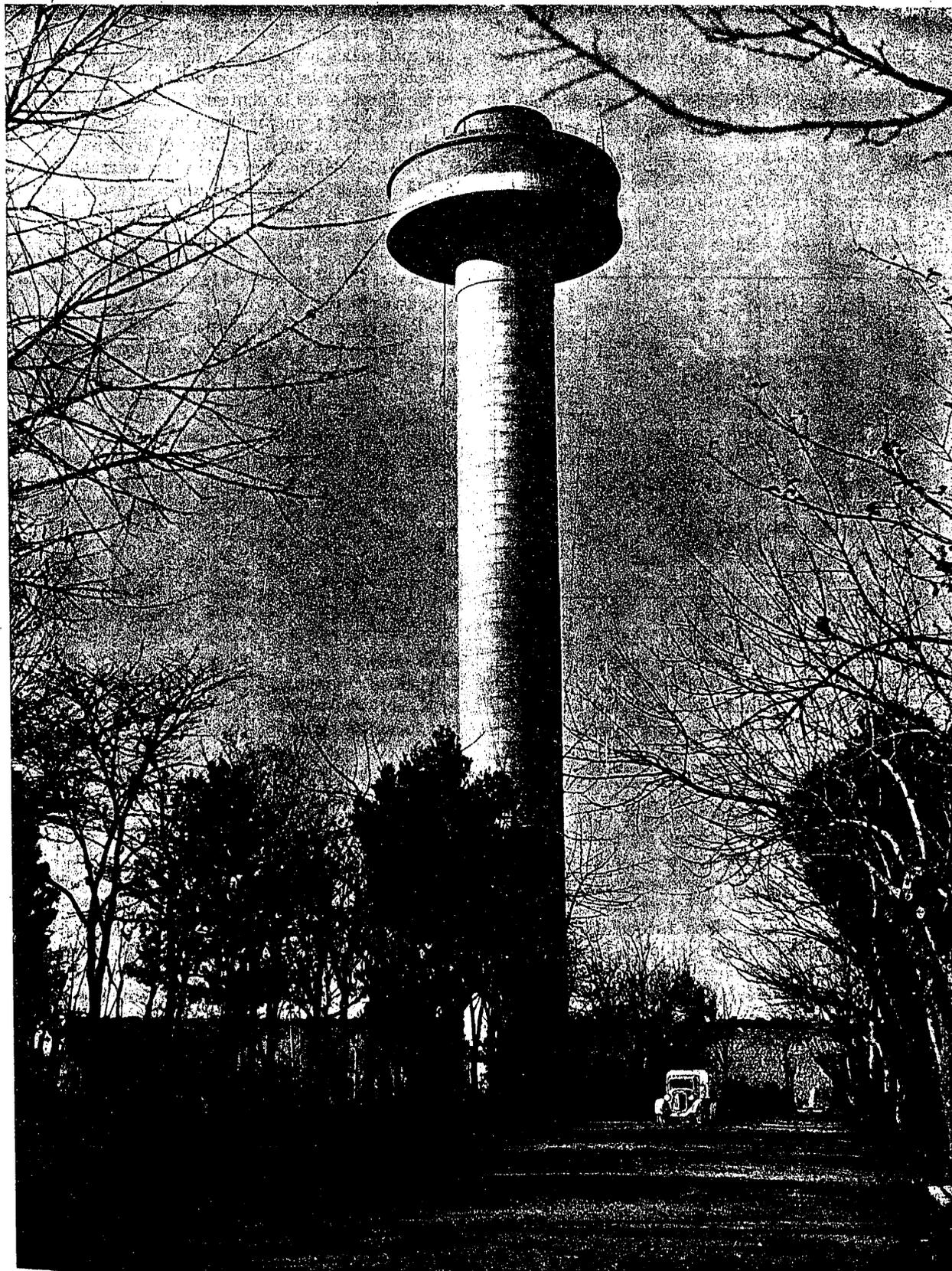


Fig. 15. — Depósito elevado terminado.

- 1.<sup>a</sup> Depósito completo con viento y sobrecargas.
- 2.<sup>a</sup> Depósito completo con viento, sin sobrecargas.
- 3.<sup>a</sup> Depósito hasta la cota 734,10, sin sobrecargas.

Como sobrecargas, además de los 445,300 Kg. que representa el peso del agua, se consideran 75 Kg. de nieve y 200 Kg. de personas por metro cuadrado.

Las máximas cargas de trabajo tienen lugar en la hipótesis 1.<sup>a</sup>, y son las siguientes, a las alturas y con las dimensiones que se señalan en la figura:

SECCIONES	H — Kg./cm. <sup>2</sup>	A — Kg./cm. <sup>2</sup>
0 (P = 250 Kg./m. <sup>2</sup> )...	50,1	589
0 (P = 200 " )...	45,6	537
10 .....	38,6	456
19 .....	33,0	472
	39,8	
29 .....	33,7	401
39 .....	28,2	337
49 .....	23,6	281
54 .....	20,6	247
58 .....	19,5	234

Las máximas cargas de trabajo para el empuje normal del viento corresponden a la base con la 1.<sup>a</sup> hipótesis, y son  $H = 45,6$  Kg./cm.<sup>2</sup>.  $A = 537$  Kg. por cm.<sup>2</sup>, valores que para  $P = 250$  Kg./m.<sup>2</sup> se convierten en 50,1 y 589 Kg., respectivamente.

**Construcción.** — La obra se ha realizado por Constructora Internacional, S. A.

La estructura del castillete metálico, cuya construcción se llevó siempre por delante de la chimenea propiamente dicha, sirvió para colgar dos plataformas de trabajo desde las cuales se procedía al montaje del encofrado y hormigonado de la estructura de la torre; el encofrado metálico estaba formado por tres alturas de 1 m., formadas cada una por sectores correspondientes a 1/8 del desarrollo total; el montaje y desmontaje se hacía muy fácilmente por medio de tornillos; se lograba, de esta forma, no sólo una economía importante en la mano de obra y material del encofrado, sino también una gran rapidez y sencillez en la maniobra; la plataforma exterior se colocaba muy sencillamente a la altura que en cada caso se precisase, facilitando al máximo cualquier maniobra;

la plataforma interna se montaba y maniobraba en forma semejante. El método de construcción no pudo ser más sencillo y eficaz; fué concebido y realizado, de acuerdo con la Dirección de la obra, por el Ingeniero de Caminos de la contrata D. Antonio Ochoa: las figuras 13 y 14, mejor que ninguna explicación, dan cuenta de la forma de realizar el trabajo.

Para la construcción de la placa se montó un encofrado que se sostenía por unas ménsulas metálicas empotradas en la estructura ya construída y fraguada; para su montaje se utilizó, como siempre, el castillete metálico interior; la rigidez obtenida fué completa y el hormigonado de la placa se llevó a cabo sin ninguna dificultad.

Para el depósito propiamente dicho y la zona de la torre donde llega la influencia de los momentos del anillo, se empleó cemento Diamante; la proporción proyectada era de 400 Kg. de cemento por m.<sup>3</sup>; por las dificultades de suministro de hierro hubo necesidad de, conservando la cuantía, emplear redondos de diámetros inferiores a los proyectados, y ello tuvo como consecuencia la existencia de algunas zonas donde el apisonado resultaba difícil; para obtener la misma resistencia, forzando la proporción agua-cemento, se elevó la dosificación del hormigón de estas zonas a 450 Kg./m.<sup>3</sup>. La parte interna del depósito se enlució muy cuidadosamente, sobre una tela metálica que se empezó por fijar en el hormigón.

El depósito se probó cargándolo con alturas de agua de 0,50 m., y después descargando, para que la estructura recuperase su deformación elástica.

Las flechas máximas calculadas para la placa eran con todas las cargas y sobrecargas:

Con la hipótesis de borde libre.....	36 mm.
" " " empotrada...	20 "

La flecha máxima media en la prueba de la estructura fué de 10 mm.; no se encontró, ni en la placa ni en el anillo de empotramiento, la menor filtración.

El coste total de la estructura de hormigón ha sido de 626 781 ptas., incluido el castillete metálico y el montacargas. El metro cúbico de agua a metro de altura vale 20,89 ptas., precio muy ventajoso que hubiese sido superado de haberse empleado un tipo de estructura corriente.

En la redacción del proyecto de construcción colaboró con el autor, el Ingeniero de Caminos D. Antonio Martínez Cattaneo, y en la ejecución de la obra estuvo como Ingeniero encargado el Ingeniero de Caminos D. Domingo Méndez Núñez.