

Lo mismo ocurre con las cargas unitarias concentradas.

Al final de cada arco viene una ménsula que, para facilitar los cálculos, se supone que descansa sobre él. El esfuerzo cortante así transmitido deforma el empotramiento, y el esfuerzo correspondiente se transmite a todo el arco. Para facilitar el tener en cuenta este efecto, se puede calcular para todos los arcos, excepto el de coronación, una carga unitaria de 100 kg. aplicada al extremo.

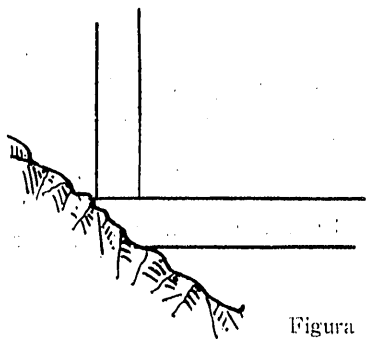


Figura 8.^a

Para llenar la hoja de cargas en este caso, procederemos como en las cargas de temperatura, pues se anulan los mismos coeficientes.

$$D_3 = A V_e \gamma \operatorname{sen} \varphi \frac{E_H T}{r}$$

Tanto en las cargas de temperatura como en las concentradas, se llena después el cuadro de esfuerzos, determinando M , H y V , teniendo en cuenta que M_e , H y V son iguales a cero. Las cargas de temperatura se consideran siempre simétricas. Las concentradas también, salvo en casos excepcionalmente desfavorables.

c) Hoja de deformaciones.

Hay tres para cada hoja de cargas (si se hacen los tres ajustes), y consisten simplemente en una tabulación de las ecuaciones 1, 2 y 3, convenientemente modificadas.

Hay que hacer una convención de signos para las deformaciones y multiplicar los coeficientes por $\frac{r}{E_H T}$

puesto que hasta ahora los hemos tenido divididos por esa cantidad.

Las ecuaciones del arco se plantean en esta forma, que simplifica las operaciones:

$$(12) \quad A_1 M_0 + B_1 H_0 + C_1 V_0 - D_1 + \text{Térm. empotr.} = \theta$$

$$(13) \quad C_1 M_0 + B_2 H_0 + C_2 V_0 - D_2 + \text{Térm. empotr.} = \delta r$$

$$(14) \quad B_1 M_0 + B_3 H_0 + B_2 V_0 - D_3 + \text{Térm. empotr.} = \Delta s$$

Los coeficientes tienen, por lo tanto, una amplitud intermedia entre la de (1, 2, 3) y la de (4, 5, 6).

Supongamos ahora que estamos calculando deformaciones radiales, por ejemplo.

Se empieza por escribir en la hoja las deformaciones angular, tangencial y radial del empotramiento, que serán:

$$+ M_A \alpha \quad - H_A \beta \quad + V_A \gamma$$

A continuación se calcula para cada punto $3/4$, $1/2$, $1/4$ y C y para cada ángulo φ_1 , φ_2 , φ_3 y φ_A la ecuación 13. (Cuando se trata de cargas tangenciales o de torsión, se utilizará la 14 ó la 12.) Las constantes que se utilizan son las de la hoja de cargas, sin incluir los términos del empotramiento. Éstos se engloban luego en la siguiente forma:

$$\text{Deformación radial: } M_A \alpha r \operatorname{sen} \varphi + H_A \beta \operatorname{sen} \varphi + V_A \gamma \cos \varphi$$

$$\times \text{ tangencial: } M_A \alpha r \operatorname{vers} \varphi + H_A \beta \cos \varphi + V_A \gamma \operatorname{sen} \varphi$$

$$\times \text{ de torsión: } M_A \alpha$$

Para las deformaciones de temperatura se tiene en cuenta que:

$$D_2 = ct E_H T \operatorname{vers} \varphi.$$

Para las cargas concentradas, los términos en B y C son los mismos, pero los D , como provienen sólo del empotramiento, quedan reducidos al término debido a éste.

* * *

En este artículo se ha tratado de cuanto ocurre en general en el cálculo de arcos de presas, pero se han dejado algunos casos particulares que rara vez se presentan y de los que se hablará más adelante.

El principal es el caso de arcos de sección variable, que requieren un método de cálculo totalmente diferente.

También queda algo por ampliar respecto a las deformaciones por cargas tangenciales y de torsión. De todo esto se hablará en la generalización del método.

En el próximo artículo estudiaremos el cálculo de ménsulas y el ajuste radial.

Federico MOLERO,
Ingeniero de Caminos.

Faro de hormigón armado en Larache

Aunque he consumido una gran parte de mi vida profesional en la propaganda entusiasta, y me atrevo a decir que eficaz, en pró del hormigón armado, en mis diez primeros años de carrera me especialicé bastante en construcciones metálicas, proyectando varios puentes importantes, entre los que citaré el de Ribadesella (en Asturias) y el viaducto de Pino, sobre el

Duero, en Zamora, que son aún hoy, aquél el más largo de España — 300 metros —, y éste el arco de mayor luz, 120 metros.

Los estudios que hube de realizar para los proyectos de estas dos importantes obras, me hicieron reunir tal cantidad de datos y planos interesantes, que me impulsaron a publicar mis dos primeros libros:

Puentes de hierro económicos, Muelles y Faros sobre palizadas y pilotes metálicos y Estudios sobre grandes viaductos.

En el primero de estos libros, cuyas dos ediciones hace ya muchos años se agotaron rápidamente, describí además de los Puentes y Muelles todos los faros metálicos que se habían construido cimentados sobre pilotes metálicos hasta aquella fecha, 1905, y me satisfizo poner de relieve que, en nuestro país, es donde se habían construido los más originales tipos y hasta el faro metálico de más importancia del mundo.

Son éstos los que el año 1864 se inauguraron para alumbrar la desembocadura del Ebro, proyectados por nuestro eminente compañero D. Lucio del Valle, y que representamos en las figuras 1, 2 y 3. Este último faro, sobre todo, cuyo foco luminoso está a cincuenta metros de altura sobre el terreno, resulta ser un modelo de composición, de resistencia y de estabilidad con un mínimo de coste, y no ha sido superado hasta ahora, que yo sepa, honrando a nuestra ingeniería¹.



Fig. 1.^a. — Faro de El Fangar.

Tenía yo mis dudas sobre el comportamiento de estos faros metálicos que hoy cuentan setenta años de edad — los míos — y creí interesante enterarme de su estado de vetustez.

El ingeniero Jefe de Tarragona, D. Miguel Menéndez Boneta, se ha apresurado muy amablemente a complacer mi curiosidad, significándome que la conservación de los tres faros, incluso los pilotes de rosca en que se apoyan, es muy satisfactoria, si bien merced a muy cuidadosas pinturas. Sin embargo, debido a las inevitables dilataciones y contracciones de las chapas de hierro que envuelven las casetas interiores de madera, que defienden las habitaciones de los torreros contra los grandes calores, se producen en los cercos y entablados de madera frecuentes goteras que hay que corregir.

Respecto al buen estado de los pilotes de rosca de dichos faros, supone acertadamente mi distinguido compañero señor Menéndez Boneta, que proviene de la carencia de mareas en aquellos lugares, lo que no ocurre en los muelles metálicos del Atlántico y en la zona ecuatorial, donde he podido observar pilotes y entramados de mucha menor edad destruidos, casi completamente carcomidos por la corrosión marina.

Aunque aquellos ejemplos de faros metálicos que me complazco en consignar *evidencian* que aún se pueden repetir casos análogos, no es menos cierto que desde la aparición del hormigón armado es más ventajoso este nuevo material para la construcción de elevadas torres de faros.

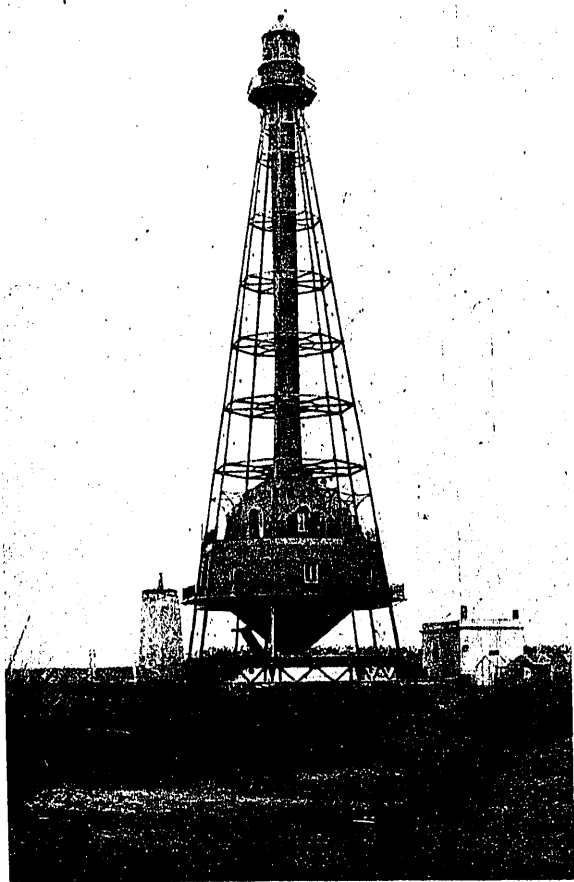
Como no conozco otro ejemplo, si bien pudiera existir, citaré el faro de Larache proyectado y construido por mí el año 1914, figuras 4 y 5.

Está situado en un promontorio llamado Punta Nador, próximo a la importante villa marroquí de Larache, y su aparato luminoso debía colocarse a unos 33 metros sobre el terreno natural, que estaba constituido por rocas blandas y grandes bolsas de tierra. Como en aquel lugar azotan con gran violencia los temporales del Atlántico, consideré que el sis-



Fig. 2.^a. — Faro de La Baña.

¹ Pueden verse detalles de estas obras no sólo en mi citado libro, sino en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS del año 1861, en la que su autor publicó todos sus proyectos, incluso presupuestos.

Fig. 3.^a — Faro de Buda.

tema de cimentación y alzado más apropiado consistía en solidarizar la torre con el edificio para los torres y almacenes distribuidos simétricamente en su base, consiguiéndolo mediante un entramado general de hormigón armado.

Pero aun así, esta elevada torre aislada hubiera necesitado grandes espesores y fuertes armaduras en sus muros para resistir a los momentos flectores producidos por los vendavales, de 250 kilogramos por metro cuadrado a que podía estar sometida. Imaginé entonces una disposición que considero como original y, desde luego, de gran economía de construcción. Constituí la torre con dos prismas octogonales de altura diferente, según se aprecia en las fotografías y planos, ambos empotrados en la solera general de hormigón armado que forma el cimiento de torre y edificios.

Aunque esta nueva disposición puede aplicarse con igual economía en cualquier otro faro del mundo, me permitía en este caso hermanar su aspecto arquitectónico con el estilo característico de Marruecos, donde existen algunas torres un tanto parecidas a este tipo de minarete. La ejecución de la obra fué también rapidísima gracias a otra disposición constructiva por mí empleada con éxito en bastantes ocasiones.

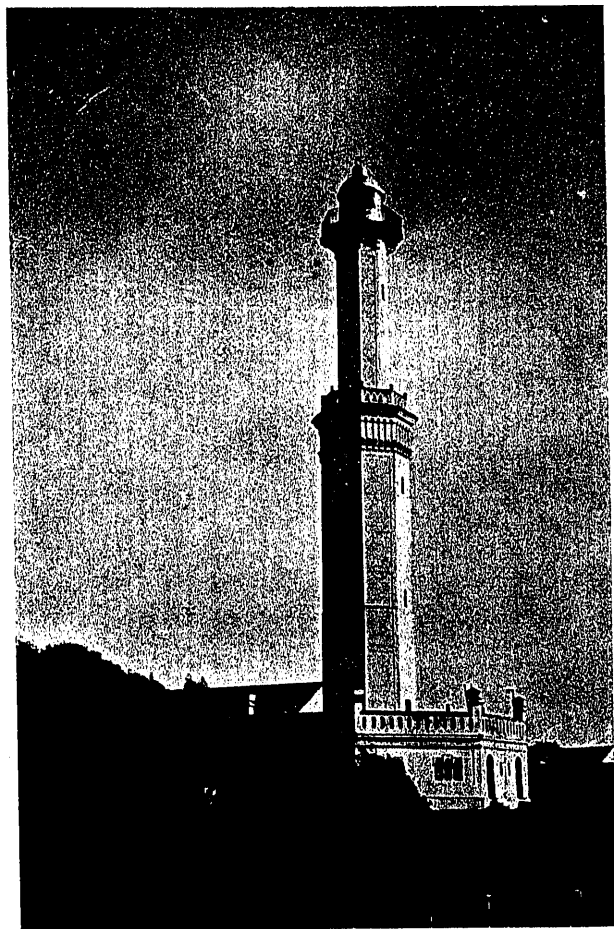
La armadura principal de las torres consiste en viguetas de doble T colocadas en las aristas de los dos prismas octogonales, arriostrándolos transversalmente y entre sí por angulares de $60 \times 60 \times 6$. Este entramado no sólo se destina a resistir los esfuerzos del viento, una vez empotrado en las paredes de hormi-

gón armado que le envuelven, sino que se utiliza para toda su construcción; pues de él se suspenden todos los moldes necesarios para contener y apisonar el hormigón que lleva además las armaduras de barras redondas de acero con los diámetros que se consignan en el plano.

Para ascender a la plataforma superior del faro aproveché el espacio anular comprendido entre los dos prismas octogonales, con lo que no sólo los arriostré sólidamente por medio de los escalones, también de hormigón armado, sino que pude alcanzar la altura total con una escalera más suave, pues que me lo permitía el mayor desarrollo de la escalera así obtenida.

Con ello, alcancé la primera plataforma, situada a 20,80 metros sobre el terreno, disponiendo entonces el resto de la escalera dentro del prisma interior como se vé en el plano, en una altura de 10,40 metros, justo la mitad de la altura del tramo inferior.

Mi proyecto fué aceptado y suscrito por el ingeniero de aquella demarcación, D. Antonio Alvarez Redondo, y aprobado por el entonces Delegado de Fomento en Marruecos, nuestro ilustre compañero don Manuel Becerra, quedando yo encargado de ejecutar aquellas obras por su presupuesto de administración de 208.290 pesetas. Conviene recordar que en aquella época la zona occidental de Marruecos, y Larache principalmente, estaba desprovista de todo género de comunicaciones, por lo que los transportes de hierros, cementos, gravillas y medios auxiliares, así como del

Fig. 4.^a — Faro de Punta Nador (Larache).

personal y gastos generales, estaban gravados exorbitantemente. Hoy podría ejecutarse ese mismo faro a menor coste.

Las obras fueron inspeccionadas por el ingeniero D. Antonio Alvarez Redondo y a pesar de los veinte años transcurridos, no se ha observado en ellas la menor grieta ni se notan oscilaciones sensibles en su torre aun en los más furiosos temporales; los gastos de su conservación son insignificantes, según me ha confirmado el actual ingeniero encargado, D. Roque Zaldúa, el que está estudiando una modificación de su aparato luminoso para que el faro de Larache pueda ser utilizado por las líneas de aeroplanos y dirigibles que pasan por aquel punto con rumbo a América.

Considero esta aplicación muy interesante y susceptible de ser reproducida en la mayor parte de los faros elevados; no es dudosa su economía

sobre los tipos de fábrica o metálicos, y sobre éstos tendrán siempre los de hormigón armado la ventaja de su duración indefinida y de la supresión de pinturas frecuentes y costosas.

No quiero yo decir que mis amores por el hormigón armado me hagan despreciar el empleo del acero en las obras públicas. Los ingenieros debemos de ser eclécticos y bien lo he demostrado yo mismo en los concursos de los proyectos de los puentes de Mora de Ebro y de Amposta, en los que propuse tramos metálicos continuos o tramos colgados, como así los ejecuté.

Pero tratándose de torres de faros sometidas a los huracanes y sobre todo a las emanaciones salinas y corrosivas del mar, resultarán siempre los faros de hormigón armado más baratos de ejecución y de conservación, y sus viviendas más habitables.

J. EUGENIO RIBERA.

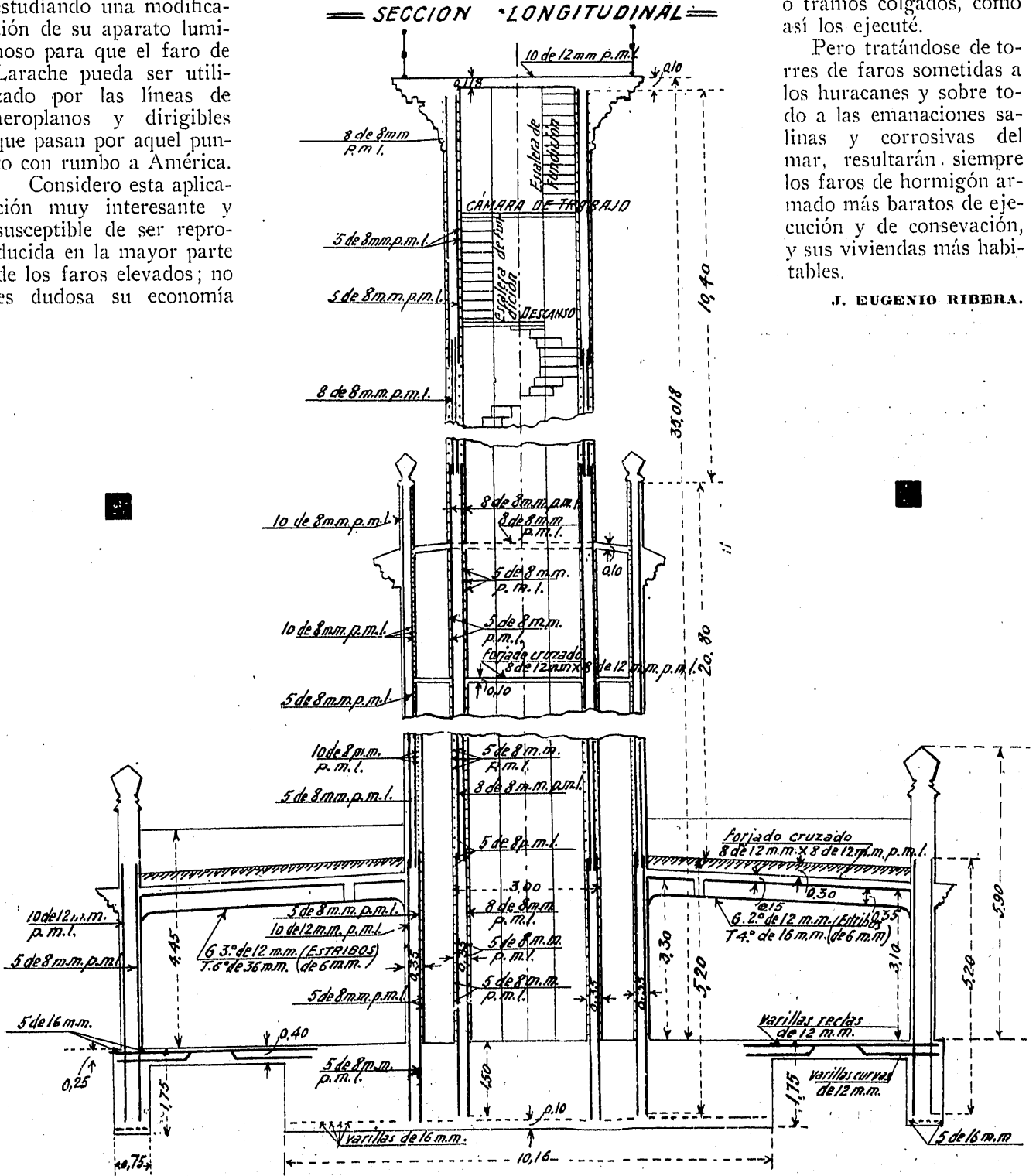


Fig. 5ª — Corte longitudinal del Faro de Punta Nador, en Larache.