

riores de la explotación; la solución, como se ve, es bien sencilla: un estudio de itinerarios, con reducción de las paradas de los trenes en las estaciones, supresión de los famosos trenes mixtos y sustitución de algunos de viajeros por automotores; para ello ni aun se necesita capital, y la reforma puede hacerse pau-

latinamente, para no causar perjuicio alguno al personal, efectuando la aceleración de velocidad comercial de los trenes y la sustitución de otros por automotores, así como la supresión de los mixtos, con la rapidez, y a medida que la amortización que de aquél se vaya produciendo, permita.

Gabriel REBOLLO
Ingeniero de Caminos

Hormigón armado

I

Cálculo de la flexión compuesta

El procedimiento que corrientemente se emplea para el cálculo de una sección rectangular de hormigón armado, sometida a flexión compuesta, consistente en suponer una cuantía arbitraria (q), y determinar los valores de las cargas de hormigón (H), del acero (A) y la profundidad unitaria de la fibra neutra (φ), tropieza con la doble dificultad de que hay que saber fijar el valor de (q), lo que requiere cierta práctica, y sobre todo que la (φ) viene dada por una ecuación de tercer grado, y aunque ésta esté resuelta por medio de tablas o gráficos, se llega a fórmulas que requieren hacer bastantes operaciones numéricas.

Estas dificultades desaparecen si en vez de fijar de antemano el parámetro (q) fijamos precisamente (φ), pues entonces las incógnitas H , A y el producto rq , entran linealmente en las ecuaciones que resuelven el problema.

Este se simplifica más si al fijar el valor de (φ) lo hacemos de tal modo que el acero trabaje a la carga máxima $A = 1\ 200\text{ kg/cm}^2$ o algo menos, pues entonces ya no tenemos necesidad de calcular A y quedan como únicas incógnitas H y rq y dividiendo este producto por la r , que corresponde al hormigón que se emplea, se obtiene finalmente q .

Este procedimiento lo aplicamos a todos los casos de flexión simple y compuesta de secciones rectangulares, en T y tubos, así como a los procedimientos gráficos que se siguen cuando la forma de la sección es cualquiera, obteniendo en todos estos casos fórmulas muy sencillas, que hemos representado además gráficamente, lo que simplifica todavía más, como veremos.

Siguiendo el criterio del Sr. Peña en su obra *Hormigón Armado*, hemos supuesto que

$$r = \frac{E_a}{E_h}$$

varía con arreglo a la ley $rH_0 = 648$, (a), deducida y justificada en dicha obra (págs. 79 y 82), en la que $H_0 = 0,28R$ es la carga máxima del hormigón cuya carga de rotura es R ; pero se llega a resultados de análoga sencillez suponiendo que r es constante.

Si llamamos a al ancho y c al canto útil de una sección rectangular, M al momento flector, F a la fuerza normal a la sección, e_1 a la excentricidad unitaria

$$e_1 = \frac{M}{cF}$$

q a la cuantía de tensión y K a la relación que con ésta tiene la de compresión, sabemos que las fórmulas que resuelven el problema, son (obra citada, pág. 188):

$$\varphi^3 + 6(0,5e_1 - 0,25 + 0,09K'q)\varphi^2 + 6rq[0,5 + 0,9K(e_1 - 0,5) + e_1]\varphi - 6rq(0,5 + e_1) = 0 \quad [1]$$

$$H = \frac{F\varphi}{ac\left[\frac{1}{2}\varphi^2 + (0,9K + 1)rq\varphi - rq\right]} \quad [2]$$

$$A = \frac{rH(1 - \varphi)}{\varphi} \quad [3]$$

Eliminando entre [1] y [2] rq y haciendo

$$t = \frac{F}{ac}$$

que es un dato, se obtiene:

$$H = t \frac{6\left[1 - (1 + 0,9K)\varphi\right]e_1 + \varphi[0,45K - 0,5 - 0,09K\varphi] + 0,5}{\varphi\left[\varphi(1 + 0,63K) - 4\right] + 3}$$

que por ser conocida φ es de la forma

$$H = t(me_1 + n) = t\lambda \quad [4]$$

siendo

$$\lambda = me_1 + n \quad [5]$$

en las que m y n son coeficientes numéricos.

De [2] se deduce:

$$rq = \frac{\varphi}{1 - \varphi(1 + 0,9K)} \left(\frac{1}{2}\varphi - \frac{t}{H} \right) = \frac{\varphi}{1 - \varphi(1 + 0,9K)} \left(\frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{\lambda} \right) = \alpha \left(\beta - \frac{1}{\lambda} \right) \quad [6]$$

y por tanto:

$$q = \frac{\alpha}{648} \left(\beta - \frac{1}{\lambda} \right) H_0 \quad [7]$$

en la que α y β son coeficientes numéricos.

El valor φ lo deducimos de [3]:

$$\varphi = \frac{rH}{rH + A}$$

que suponiendo que H es la máxima admisible H_0 , se convierte en

$$\varphi = \frac{648}{648 + A}$$

Si hacemos $A = 1\ 200$, se tiene:

$$\varphi = \frac{648}{1\ 848} = \varphi_1$$

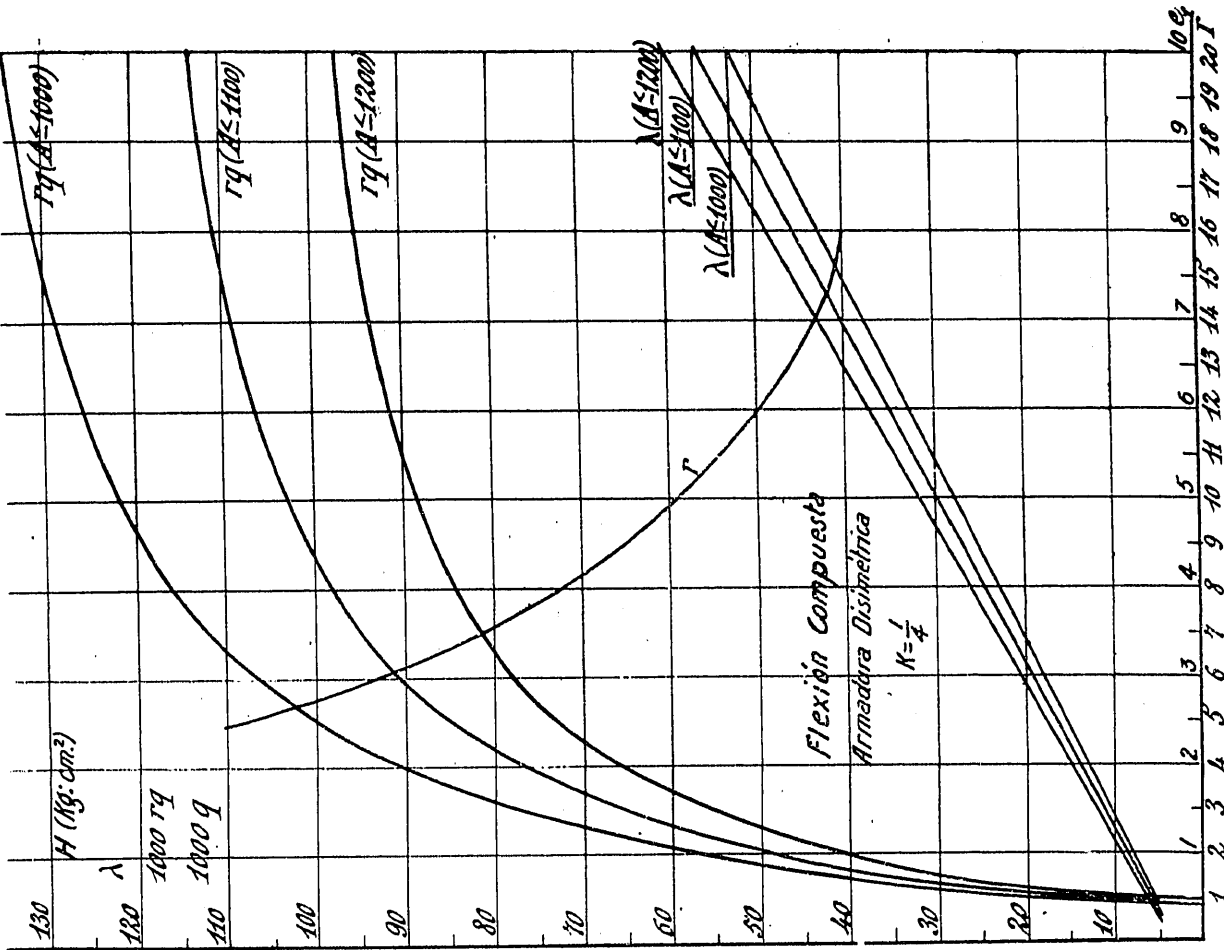


Gráfico 2.

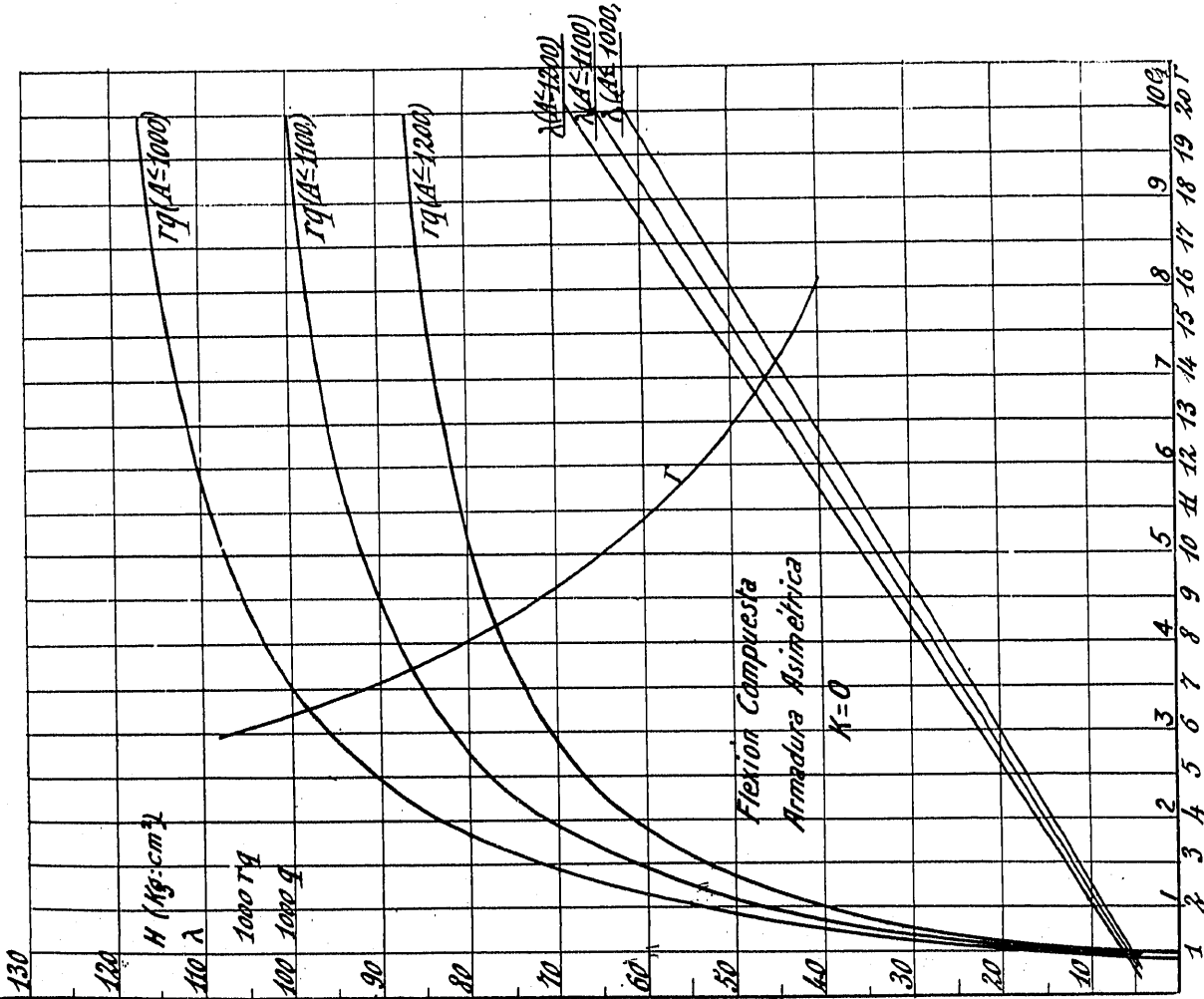


Gráfico 1.

con cuyo valor calculamos las fórmulas que hemos deducido, y como siempre se tiene que verificar que la H obtenida por la ecuación [4] cumple con la condición $H \leq H_0$ [8], resultará, por [3], que la carga a que en realidad trabaja el acero es:

$$A = \frac{rH(1-\varphi_1)}{\varphi_1} \leq \frac{rH_0(1-\varphi_1)}{\varphi_1} = 1\,200$$

mulas [4] y [7], que resuelven el problema para los tres valores de A : 1 200, 1 100 y 1 000, a los que corresponden los de φ : 0,350649, 0,370709 y 0,393203, habiendo llevado los cálculos de modo que para H resulten dos cifras exactas.

En resumen, para resolver el problema numéricamente, se tienen las siguientes fórmulas:

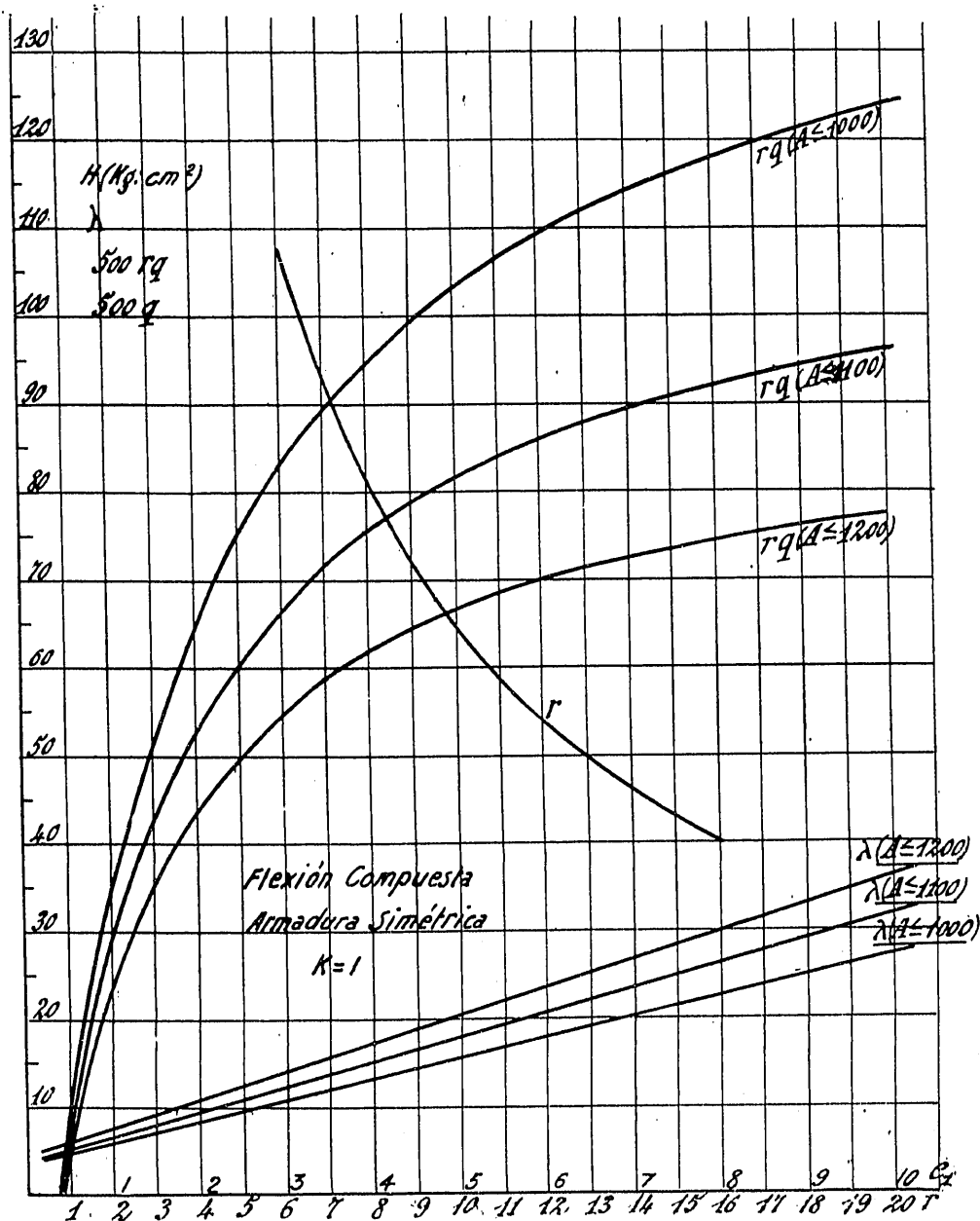


Gráfico 3

es decir, $A \leq 1\,200$, por lo que el acero está siempre en buenas condiciones y no hay que calcular A . Si de todos modos se quiere conocer ésta, se tiene:

$$\frac{A}{1\,200} = \frac{rH \frac{1-\varphi_1}{\varphi_1}}{rH_0 \frac{1-\varphi_1}{\varphi_1}} = \frac{H}{H_0}$$

de donde

$$A = 1\,200 \frac{H}{H_0}$$

Como pudiera ocurrir que para el valor φ_1 no se cumpliera la condición [8], hemos calculado las fór-

Armatura asimétrica: $K = 0$

$$A \leq 1\,200 \quad H = t(6,4586e_1 + 3,2293) \\ q = 0,000833 \left(0,1753 - \frac{t}{H} \right) H_0$$

$$A \leq 1\,100 \quad H = t(6,1557e_1 + 3,0778) \\ q = 0,000909 \left(0,1853 - \frac{t}{H} \right) H_0$$

$$A \leq 1\,000 \quad H = t(5,8536e_1 + 2,9268) \\ q = 0,0009999 \left(0,1966 - \frac{t}{H} \right) H_0$$

Armadura disimétrica: $K = 1/4$

$$A \leq 1\ 200 \quad H = t(5,6107e_1 + 3,5541)$$

$$q = 0,0009485 \left(0,1753 - \frac{t}{H} \right) H_0$$

$$A \leq 1\ 100 \quad H = t(5,2708e_1 + 3,4109)$$

$$q = 0,001047 \left(0,1853 - \frac{t}{H} \right) H_0$$

$$A \leq 1\ 000 \quad H = t(4,9243e_1 + 3,2696)$$

$$q = 0,00117 \left(0,1966 - \frac{t}{H} \right) H_0$$

Armadura simétrica: $K = 1$

$$A \leq 1\ 200 \quad H = t(3,1766e_1 + 4,4798)$$

$$q = 0,00162 \left(0,1753 - \frac{t}{H} \right) H_0$$

$$A \leq 1\ 100 \quad H = t(2,7482e_1 + 4,3605)$$

$$q = 0,00193 \left(0,1853 - \frac{t}{H} \right) H_0$$

$$A \leq 1\ 000 \quad H = t(2,2982e_1 + 4,2385)$$

$$q = 0,00239 \left(0,1966 - \frac{t}{H} \right) H_0$$

Hemos representado en los gráficos las fórmulas [5], [6] y (a). La primera, que es la ecuación de una recta, da el valor de λ entrando en el eje de abscisas con e_1 , que es la variable independiente, bastando para hallar H multiplicar por t la ordenada que resulta, lo que se puede hacer pasando un cartabón por el punto del eje de ordenadas que marca el valor λ obtenido y por el 1 del eje de abscisas; se traslada el cartabón paralelamente a sí mismo hasta que pasa por el punto t de la misma escala que el 1 en el eje de abscisas, y el punto en que corta al eje de ordenadas en esta nueva posición es el valor H buscado.

Para hallar la cuantía se entra en el eje de abscisas también con e_1 , y su ordenada en la curva rq que corresponde a la misma A que la recta λ antes utilizada, nos da el valor $1\ 000rq$ o el $500rq$, según el gráfico. Se pasa un cartabón por el punto del eje de ordena-

das que señala este valor y por la abscisa que en la escala de las r corresponde a la ordenada H_0 en la curva r ; se traslada el cartabón paralelamente a sí mismo hasta que pasa por el 1 de la escala de las r en el eje de abscisas, y el punto en que corta al eje de ordenadas es el valor $1\ 000q$ o el $500q$. Si esta ordenada fuera muy pequeña, se corre el cartabón hasta que pasa por el 10 de las abscisas, obteniéndose entonces $10\ 000q$ o $5\ 000q$.

Estos gráficos son de gran generalidad, pues sirven para toda clase de hormigones, para cualquier carga del hormigón, para todas las cargas del acero inferiores a 1 200, para todos los valores de e_1 inferiores a 10 y para cualquier cuantía.

Supongamos una sección de $a = 130$ cm y $c = 180$ centímetros con una excentricidad unitaria $e_1 = 1$ y una $t = 9,68$, y supongamos que se emplea un hormigón de carga máxima admisible $H_0 = 70$ y que con armadura simétrica trabaje el acero a 1 100 o algo menos. En el gráfico de $K = 1$, a $e_1 = 1$ corresponde en la recta de $A \leq 1\ 100$ la ordenada $\lambda = 7,1$. Pasando un cartabón por este punto del eje de ordenadas y por el 1 del de abscisas y deslizándolo hasta que pasa por el 9,68 de éste, se ve que corta al eje de ordenadas en el punto $H = 68,7$ kg/cm². Para hallar la cuantía se entra también con $e_1 = 1$ a la que corresponde en la curva rq de $A \leq 1\ 100$, la ordenada 28; en la curva r a la ordenada $H_0 = 70$ corresponde la abscisa 9,25. Pasando un cartabón por 28 y 9,25, y deslizándolo hasta que pasa por el 10 de las abscisas, se tiene en el eje de ordenadas $5\ 000q = 30,05$, y multiplicando por 2 y dividiendo por 10 000 resulta $q = 0,006$, resultados que concuerdan con los de las fórmulas correspondientes.

Llegamos a las siguientes conclusiones:

Si se utilizan nuestras fórmulas no hay necesidad de gráficos ni de tablas, y si se utilizan nuestros gráficos (cuando $e_1 \leq 10$) no hay que hacer ninguna operación numérica. Estas ventajas las obtenemos en todos los casos, como veremos en otros artículos.

Benito VELO
Ingeniero de Caminos

Sobre jubilaciones

Antecedentes.—No puede menos de llamarse la atención de nuestros compañeros que, con una persistencia cuya justificación no se alcanza ciertamente, se trate, aun variando de criterio, interpolándose en los proyectos de la Superioridad y con la rara coincidencia de que no se beneficie a los ingenieros que están llegando a la meta de su carrera, torpedeándose siempre los proyectos que la Superioridad tenga en sus planes, y con la agravante de que el argumento económico a favor del Estado, que en estos tiempos de crisis actual debiera ocupar el primer lugar, se deja a un lado, por mero capricho, y sin ventajas económicas apreciables en el conjunto de la carrera.

El argumento invocado el año 1931 por la mayoría de los ingenieros de Caminos, a cuyo frente aparecieron los ingenieros primeros subalternos que se hallaban próximos a ascender, olvidando por completo a

los que fueron sus jefes y protectores de sus vicisitudes desde que terminaron sus carreras, era contra el *statu quo*, a base del que muchos jefes hubieran llegado a inspectores y estos últimos hubieran podido consolidar sus servicios alcanzando la categoría inmediata de presidente de sección.

Actual maniobra.—Ahora, cuando el Gobierno de la República estima oportuno retrasar en tres años la edad de la jubilación, ya que con ello se detendría en ese mismo período de tiempo el recargo de las clases pasivas, se aboga por el *statu quo*, quizá por no atreverse ya, los impacientes, a pedir que se adelante en otros dos años la edad de la jubilación forzosa, obligándola a los sesenta y cinco años de edad, ante el temor de que ese nuevo recargo en las clases pasivas sería recibido con franca hostilidad por las actuales Cortes, una de cuyas misiones primordiales es la de