

han agravado, y hasta en algún caso casi han determinado las olas de confianza (expansión de las inversiones) y de pesimismo (contracción de las inversiones) lanzadas, respectivamente, por la tendencia de la masa a dejarse impresionar fuertemente, unas veces por los éxitos económicos de los hombres de empresa que acertaban a crear nuevas industrias o a perfeccionar las existentes, y otras por los fracasos de los que, ilusionados con la esperanza de alcanzar pingües rendimientos, seguían caminos equivocados.

Si el hombre hubiera dispuesto de un mecanismo financiero más racional y menos impresionable, las crisis se hubieran podido anular o, al menos, reducir apreciablemente. Claro que ello habría exigido un sistema de trabas, limitaciones y estímulos inaceptables para los defensores de la escuela liberal, y aun para muchos que no lo son. Estas trabas, limitaciones y estímulos habrían tenido que estar orientados en el sentido de buscar la máxima regularidad y el máximo acierto en las inversiones de capital. Dentro de este orden de ideas es interesante recordar la importancia que Keynes¹, sólo desde el punto de vista monetario, concede al problema de las fluctuaciones de las inversiones de capital, y cómo hace de su regulación el eje de todo sistema de moneda dirigida.

Al mismo tiempo que el problema de las inversiones de capital, y como uno de sus aspectos, se plan-

tea el del tipo de interés¹, alrededor del cual puede establecerse toda una teoría del equilibrio de la economía capitalista. La simple observación de las estadísticas demuestran que todas las crisis han determinado una importante reducción en el tipo medio de interés, hecho que se presta a interesantes reflexiones y a la deducción de provechosas enseñanzas.

Pero el problema de fondo, con el que el hombre tendrá que enfrentarse algún día, si el progreso material no se detiene en la marcha iniciada a fines del siglo XVIII, y que tan grandes velocidades ha alcanzado en nuestro siglo, será el de crear una organización social que permita aprovechar íntegramente, en el orden material o en el moral, el sobrante de capacidad de trabajo liberado por industrialización, y que hasta ahora, cuando no ha estado ocupado, durante las épocas de prosperidad, en la creación de nuevos medios de producción y transporte, se ha manifestado bajo la forma de paro y miseria.

Aun admitido este planteamiento del problema, queda amplio margen para diferentes soluciones que sigan criterios muy diversos. Pero con este aspecto de la cuestión se penetra ya en el terreno de la política, en el que, al menos por hoy, no entraremos.

F. BUSTELO
Ingeniero de Caminos

¹ Véase *A Treatise on Money*, especialmente los libros 6.º y 7.º.

¹ En un artículo de F. Bustelo, "Algunos problemas económicos de las obras públicas", REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 1.º de marzo de 1932, se esboza una presentación matemática de ambos problemas.

Presa de contrafuertes

La tendencia moderna a sustituir las presas de perfil de gravedad por otros tipos en que, por una mejor distribución del material, se obtiene economía en el volumen, sin perder garantías de estabilidad, nos ha decidido a proponer para el pantano de La Maya, en el río Tormes, provincia de Salamanca, una presa de contrafuertes con cabezas en talla de diamante, cuya descripción va a ser el objeto del presente artículo.

La cerrada de este pantano, que embalsa 390 millones de metros cúbicos, y que será destinado principalmente al riego, es muy poco pronunciada, pues con una altura máxima de presa de 57 m desde la base de cimientos se tiene una longitud en la coronación de 513 m y de 100 m en la base; se comprende que, dado un volumen de presa tan considerable, se haya procurado sustituir el tipo clásico de gravedad por otro que permita reducir aquél y que no lleve consigo complicaciones constructivas que contrarresten la economía en volumen.

En consecuencia, se ha calculado una presa de contrafuertes análoga a la de Don Martín, en Méjico, y parecida a la del Burguillo (Segovia), en España, siguiendo las indicaciones de D. Eduardo Fungairiño, entonces director de la Mancomunidad Hidrográfica del Duero. Como veremos más adelante, se obtiene con esta clase de presas una economía en volumen del 36 por 100 con relación a una de tipo de gravedad, y el coste de encofrados y colocación del hormigón

en obra es muy poco mayor, a causa de la sencillez de sus formas; además, no se pierde en robustez y no presentan el inconveniente de la impermeabilización de espesores delgados, como ocurre en las presas de bóvedas.

Están formadas estas presas por elementos independientes, unidos entre sí por medio de juntas de dilatación en toda su altura, de tal modo que no existe trabazón ninguna entre dos contiguos, con lo cual las dilataciones y contracciones y asentamientos que puedan tener lugar en uno de ellos no se transmitirán a los restantes. La disposición del elemento más alto es la que se indica en la figura 1, siendo los demás el resultado de cortar a éste por planos a diferentes alturas. Como puede verse, el elemento, de hormigón en masa, está formado por un contrafuerte y un ensanchamiento de éste en su paramento de aguas arriba, que es lo que llamaremos cabeza, y que constituye la pantalla impermeable. El paramento de aguas arriba es inclinado, con objeto de aprovechar como peso estabilizador el del prisma de agua que sobre él insiste. La forma del contrafuerte es rectangular en una sección horizontal, y su espesor va disminuyendo desde la base a la coronación. La forma de la cabeza es sencilla, y consiste: en dos cartelas a 45 grados, que arrancan del contrafuerte; sigue después una parte rectangular, destinada a ser la superficie de contacto entre elementos contiguos y aloja-

miento de las juntas de dilatación, y, por último, el paramento de aguas arriba, cuya forma trapecial (es la que llamamos en talla de diamante) hace que las presiones del agua sobre él sean convergentes. En

por tanteos para ver cuál es la que da secciones más económicas. Después de algunos ensayos hemos fijado este ancho en 12 m.

Siguen después los taludes de los paramentos de

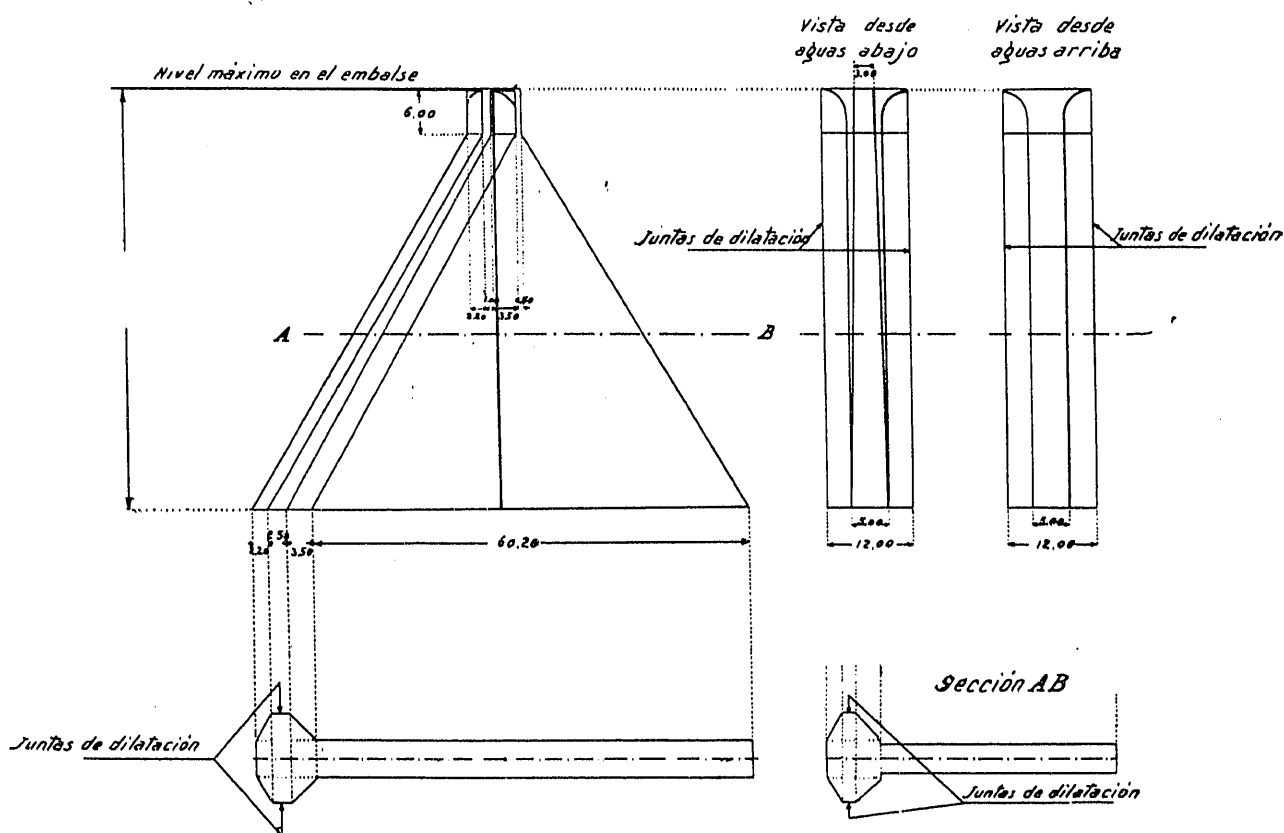


Fig. 1. Disposición general de un elemento

realidad (fig. 2), la forma más conveniente sería la circular, ya que así las presiones del agua convergerían en el centro O ; pero, con el fin de simplificar la construcción, inscribimos en el círculo una poligonal, que será el paramento de aguas arriba.

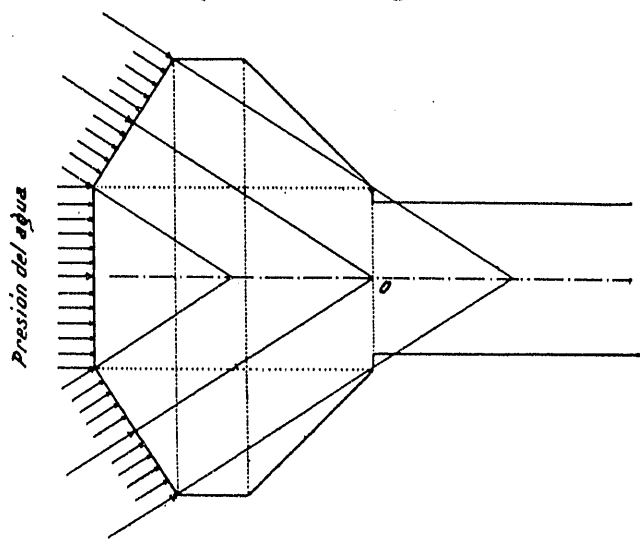


Fig. 2.

Teniendo ya la forma del elemento, nos falta determinar sus dimensiones, para lo cual disponemos de varias incógnitas. La primera indeterminada es el ancho de la cabeza, o sea la distancia entre ejes de elementos contiguos, la cual habrá de determinarse

aguas arriba y aguas abajo, que, para determinarles, se ha de atender a que la resultante de todos los esfuerzos a embalse lleno quede lo más centrada posible en la sección de la base; también, después de hacer unos cuantos tanteos, hemos fijado para ambos taludes el valor de $3/5$.

Los espesores del contrafuerte en la base y en la coronación los hemos fijado en 5 m y 3 m, respectivamente.

Por último, el ancho de la parte rectangular de la cabeza que ha de servir para colocar la junta de dilatación le hacemos variar desde 2,50 m en la base hasta 1 m a la profundidad de 6 m, donde se eleva verticalmente la cabeza para formar la plataforma de coronación.

Nos resulta así el elemento indicado en la figura 1, y cuya estabilidad vamos a comprobar.

CÁLCULO DE UN ELEMENTO

El método seguido para calcular un elemento es análogo al empleado por los ingenieros Sres. Cantero y Romera para calcular la presa del Burguillo (Segovia), descrito en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS en el año 1931, con las modificaciones necesarias para adaptarlo a nuestro caso.

Tomaremos el conjunto formado por la cabeza y el contrafuerte como un sólido al que se puede aplicar la hipótesis de la elasticidad plana, puesto que, dada su forma, simétrica con relación al plano axial, y la simetría de las fuerzas exteriores con relación

al mismo plano, es racional suponer nulas las cargas perpendiculares a éste. Hay, sin embargo, una parte donde no es posible prescindir de las cargas normales al plano axial, y es en la cabeza del contrafuerte. Por su forma se comprende que estas cargas han de tener importancia en la estabilidad del conjunto, y vamos a determinarlas antes de entrar en el cálculo del sólido formado por cabeza y contrafuerte.

Supongamos (fig. 3) una sección a la profundidad y . El empuje del agua, normal al paramento, ten-

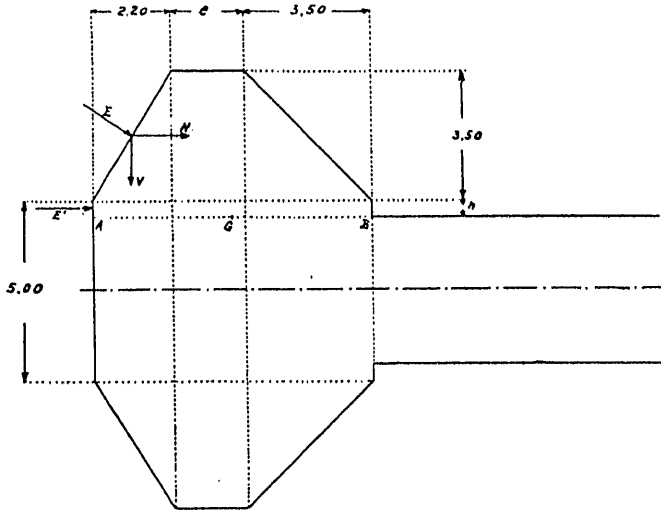


Fig. 3.

drá la disposición indicada en la figura, y, en consecuencia, los dos trapecios extremos que forman la sección de la cabeza trabajarán como ménsulas empotradas en el rectángulo central. La sección que estará en condiciones más desfavorables será la de empotramiento AB , y vamos a calcularla, tomando para ello una altura de pieza de 1 m:

$$H = y \cdot 3,50 \cdot 1 = 3,50 \cdot y \text{ ton.}$$

$$V = y \cdot 2,20 \cdot 1 = 2,20 \cdot y \text{ ton.}$$

$$E' = y \cdot h \cdot 1 = h \cdot y \text{ ton.}$$

E' puede despreciarse, pues produce un momento flector pequeñísimo comparado con el producido por H y V . Como veremos, el espesor e y la profundidad h se pueden expresar en función de la profundidad y de la sección de la siguiente forma:

$$e = \frac{14}{17} + \frac{1}{34} y \quad h = 1 - \frac{1}{57} y$$

Luego se tendrá: Arca de la sección AB ,

$$w = \frac{221,8 + y}{34} \text{ m}^2$$

Momento flector solicitante,

$$M = -3,50 y \left(1,75 + 1 - \frac{1}{57} y \right) + 2,2 \cdot y \left(\frac{221,8 + y}{68} - 1,1 \right) = \frac{1}{34} y \left(\frac{181,7}{57} y - 165,55 \right)$$

Aplicando la fórmula

$$n = \frac{F}{w} + \frac{Mx}{I}$$

se tendrán los siguientes valores para las cargas de trabajo en A y B :

$$n_{A-B} = \frac{\frac{2,20y}{34} + \frac{\frac{1}{34} y \left(\frac{181,7}{57} y - 165,55 \right) \cdot 6}{\left(\frac{221,8 + y}{34} \right)^2}}{\frac{74,8y}{221,8 + y} + \frac{204y \left(\frac{181,7}{57} y - 165,55 \right)}{(221,8 + y)^2}}$$

de donde resulta,

$$n_A = y \frac{725,0947y - 17181,56}{(221,8 + y)^2}$$

$$n_B = y \frac{-575,4947y + 50362,84}{(221,8 + y)^2}$$

Para la sección de la base en que $y = 57$ m, resulta:

$$n_A = 17,709 \text{ ton/m}^2 = 1,77 \text{ kg/cm}^2$$

$$n_B = 12,876 \text{ ton/m}^2 = 1,29 \text{ kg/cm}^2$$

Luego resultan compresiones tanto en el paramento de aguas arriba como en el enlace con el contrafuerte.

Para la sección a la profundidad $y = 6$ m resulta:

$$n_A = -1,484 \text{ ton/m}^2 = -0,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$n_B = 5,424 \text{ ton/m}^2 = 0,54 \text{ kg/cm}^2$$

Vemos que aquí resulta una pequeña tracción en el paramento de aguas arriba, y puesto que para $y = 0$, n_A vale cero, tendrá un mínimo (tracción máxima), que vamos a determinar a qué profundidad ocurre:

Derivando n_A con relación a y e igualando a cero el numerador, puesto que el denominador siempre es finito, resulta:

$$(1450,1894y + 17181,56)(y^2 + 443,6y + 49195,24) - (725,0947y^2 - 17181,56) \cdot (2y - 443,6) = 0$$

O sea,

$$30,4470,45y^2 + 637550,39y - 837629,228 = 0$$

La raíz positiva, única que interesa, de esta ecuación es

$$y = 12,4035 \text{ m}$$

para la cual resulta

$$n_A = -1,852 \text{ ton/m}^2 = -0,19 \text{ kg/cm}^2$$

tracción máxima en el paramento de aguas arriba.

Por último, para la profundidad $y = 23,70$ m n_A vale cero.

En resumen, las cargas de trabajo para los puntos A tienen la siguiente ley de variación: compresión en la sección base de $1,77 \text{ kg/cm}^2$; cero para la sección a la profundidad $y = 23,70$ m; tracción máxima, para la profundidad $y = 12,40$ m, de $0,19$ kilogramos por centímetro cuadrado, y valor cero para la sección de coronación en que $y = 0$. Las cargas tangenciales se pueden calcular fácilmente, y decrecen desde $2,43 \text{ kg/cm}^2$ en la base hasta cero en la coronación.

Vemos que resulta una máxima tracción insignificante, que, desde luego, será capaz de resistirla el hormigón rico que forma la cabeza.

Esta manera de calcular las cargas normales al plano axial del elemento, prescindiendo de la influencia de las cargas que se tendrán en este plano, no es, desde luego, muy exacta, ya que se trata, en realidad, de un problema de elasticidad triple, que hemos resuelto aplicando la teoría de la elasticidad plana en

Con esto pasaremos a calcular las cargas de trabajo en el elemento cabeza contrafuerte, situadas en su plano axial, y para ello empezaremos por definirle analíticamente:
Tomando como ejes coordenados los indicados en la figura 4, hallaremos las ecuaciones de las cinco

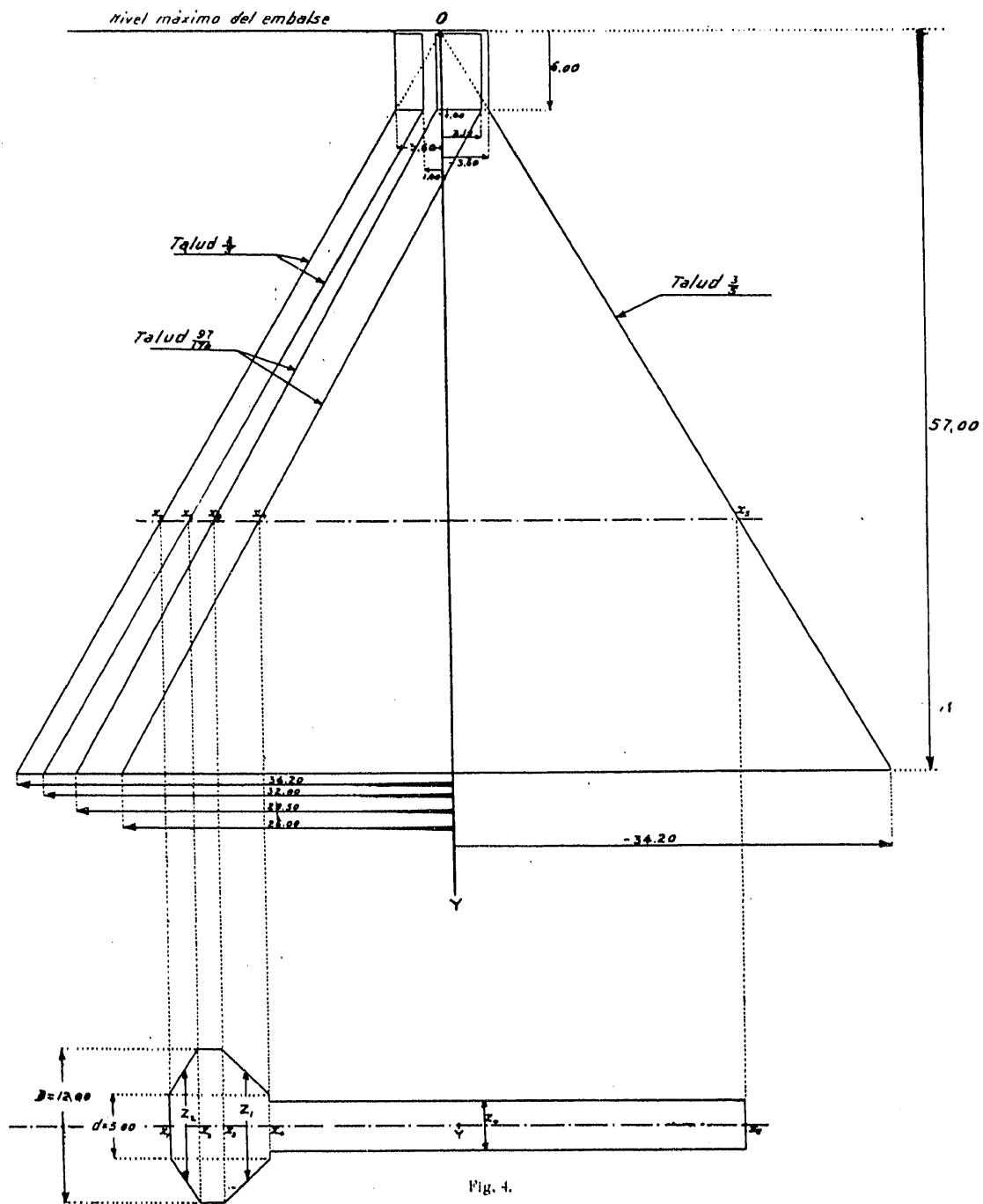


Fig. 4.

una dirección para, más adelante, aplicarla según el plano axial; no hemos encontrado, sin embargo, un procedimiento más exacto para calcularlas, y nos conformamos con los resultados obtenidos, ya que las tracciones son insignificantes, y desde luego, menores que en las presas (como en las del Burguillo) en que el paramento de aguas arriba de la cabeza es plano, en vez de quebrado, como en nuestro caso.
Podemos, pues, asegurar que la cabeza proyectada cumplirá bien su misión de referir al contrafuerte el empuje del agua.

* * *

rectas, x_1 a x_5 , que aparecen en el alzado, y completando esto con los espesores Z_0 , Z_1 , d , D y Z_2 , que aparecen señalados en la figura, tendremos completamente definido el elemento.

En general, las ecuaciones de las cinco (prescindiendo de la coronación) serán:

$$\begin{aligned} x_1 &= B_1 \cdot y \\ x_2 &= B_1 \cdot y + A_2 \\ x_3 &= B_3 \cdot y + A_3 \\ x_4 &= B_3 \cdot y + A_4 \\ x_5 &= -B_1 \cdot y \end{aligned}$$

y los espesores serán:

$$\begin{aligned} Z_0 &= M + N_y \\ Z_1 &= M_1 + N_1 y + P_1 x \\ D &= \text{constante} \\ d &= \text{constante} \\ Z_2 &= M_2 + N_2 y + P_2 x \end{aligned}$$

Con las dimensiones que hemos fijado estas ecuaciones serán las siguientes:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{3}{5}y & Z_0 &= 3 + \frac{2}{57}y \\ x_2 &= \frac{3}{5}y - 2,20 & Z_1 &= \frac{1534}{85} - \frac{97}{85}y + 2x \\ x_3 &= \frac{97}{170}y - \frac{514}{170} & D &= 12 \\ x_4 &= \frac{97}{170}y - \frac{1109}{170} & d &= 5 \\ x_5 &= -\frac{3}{5}y & Z_2 &= 5 + \frac{21}{11}y - \frac{35}{11}x \end{aligned} \quad [1]$$

Teniendo así definido el elemento, empezaremos por determinar las cargas normales verticales, n (figura 4); después las cargas tangenciales, t , y después, las normales horizontales, n' , con lo cual se podrán calcular las máximas y mínimas en cada punto.

Para calcular las cargas normales n sobre una sección horizontal supondremos que su repartición a lo largo de una sección horizontal sigue una ley lineal, pues esto ha sido comprobado por numerosos ensayos hechos en presas de gravedad, y de todas las leyes propuestas es la que parece aproximarse más a la realidad. Por consiguiente, si llamamos F a la compresión que actúa sobre una sección de área w y momento de inercia I , y M al momento flector con relación al centro de gravedad, cuya abscisa llamaremos x_g , la carga normal n en un punto de abscisa x será:

$$n = \frac{F}{w} + \frac{M(x - x_g)}{I} = \left(\frac{F}{w} - \frac{Mx_g}{I} \right) + \frac{M}{I} \cdot x \quad [2]$$

Se ve que todas las magnitudes que entran en esta fórmula pueden expresarse en función de la profundidad y de la sección que se considere, con lo cual se tendría para valor de la carga normal vertical, en cualquier punto del elemento de coordenadas x e y , una expresión de esta forma:

$$n = F(y) + x \cdot f(y)$$

Sin embargo, la complicación de las expresiones que resultan, y particularmente las del momento de inercia, nos han hecho desistir de encontrar esta fórmula general, pues, aun encontrada, sería prácticamente inaplicable, y en cambio determinamos la expresión de n para diversas secciones horizontales de profundidad y definida. Para facilitar su cálculo daremos a continuación las expresiones de las cantidades que entran en la fórmula de n , y cuya determinación es fácil hacer teniendo a la vista las expresiones [1].

Área de una sección a la profundidad y :

$$w = \frac{1}{19380} (796y^3 + 70462y + 751203)$$

Volumen de un elemento desde la profundidad $y=6$ metros hasta la profundidad y :

$$v = \frac{1}{58140} (796y^3 + 105693y^2 + 2253609y - 17498538)$$

Abscisa del centro de gravedad de una sección a la profundidad y :

$$x_g = \frac{-1990y^3 + 80143y^2 + 74580323y - 396128625}{170(796y^3 + 70462y + 751203)}$$

Momento de inercia de una sección a la profundidad y :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

siendo:

$$I_1 = 7,116 + 18,70 \left(\frac{3}{5}y - 1,25098 - x_g \right)^2$$

$$I_2 = \left(\frac{14}{17} + \frac{1}{34}y \right) \left[\left(\frac{14}{17} + \frac{1}{34}y \right)^2 + 12 \left(\frac{19,9}{34}y - \frac{88,8}{34} - x_g \right)^2 \right]$$

$$I_3 = 28,653 + 29,75 \left(-\frac{231,2}{51} + \frac{97}{170}y - x_g \right)^2$$

$$I_4 = \frac{1}{12} \left(3 + \frac{2}{57}y \right) \left(-\frac{1109}{170} + \frac{199}{170}y \right)$$

$$\left[\left(-\frac{1109}{170} + \frac{199}{170}y \right)^2 + 12 \left(-\frac{1109}{340} - \frac{1}{68}y - x_g \right)^2 \right]$$

Peso de la fábrica sobre una sección a la profundidad y :

Si suponemos que el peso específico del hormigón que forma la presa es 2,3, bastará multiplicar la expresión ya obtenida del volumen por este número y sumar el peso de la parte de elemento vertical, desde $y=0$ hasta $y=6$ metros, y el de la fábrica que forma la coronación, para tener el peso que gravita sobre una sección a la profundidad y .

Si llamamos w_0 al área de la sección a la profundidad $y=6$ metros tendremos que el volumen de la parte vertical del elemento desde $y=0$ hasta $y=6$ metros será:

$$v' = 6w_0 \cdot 62,0553 = 372,3318 \text{ m}^3$$

Sumando el volumen de los arcos, andenes, etc., que forman la coronación, se puede fijar en 390 metros cúbicos el volumen total del hormigón sobre la sección $y=6$ metros. Desde esta profundidad hasta otra cualquiera y , el volumen viene dado por la expresión ya deducida; luego llamando F_v al peso de la fábrica sobre una sección a la profundidad y , tendremos:

$$F_v = 2,3 \frac{1}{58140} (796y^3 + 105693y^2 + 2253609y - 17498538) + 2,3 \cdot 390$$

Peso estabilizador del agua a embalse lleno sobre una sección a la profundidad y :

El peso del agua que insiste sobre el paramento de aguas arriba vale

$$12 \frac{y+6}{2} \left(\frac{3}{5}y - 3,60 \right) = (y+6)(3,6y - 21,6)$$

Esfuerzo vertical a embalse lleno sobre una sección a la profundidad y :

Valdrá la carga vertical a embalse vacío F_v , más el peso estabilizador del agua, o sea:

$$F_L = F_v + (y+6)(3,6y - 21,6)$$

Momento flector a embalse vacío en una sección a la profundidad y :

Para calcular el momento flector a embalse vacío en una sección a la profundidad y , calcularemos, pri-

mero, el producido por el peso del hormigón que forma la parte de elemento comprendido entre $y=0$ e $y=6$, y después el debido al resto de la fábrica; llamando M' al primero y M'' al segundo, resulta:

$$M_v = M' + M''$$

Siendo $+0,26319$ la abscisa del centro de gravedad de la sección horizontal uniforme desde $y=0$ hasta $y=6$, y llamando x_g a la del centro de gravedad de la sección que estamos considerando, se tendrá:

$$M' = -2,3 \cdot 390 (x_g - 0,26319) = -897x_g + 236,0822051$$

Para calcular M'' llamaremos X_g e Y a la abscisa del centro de gravedad y a la profundidad de la sección que estudiamos, y x_g e y , los mismos valores para una sección cualquiera comprendida entre $y=6$ e $y=Y$. Con esto tendremos:

$$\begin{aligned} M'' &= -\int_6^Y 2,3w(X_g - x_g)dy = \\ &= -2,3X_g \int_6^Y w \cdot dy + 2,3 \int_6^Y w \cdot x_g dy \end{aligned}$$

La primera integral es el volumen desde $y=6$ hasta $y=Y$, cuya expresión, v , ya encontramos antes; en la segunda integral sustituiremos los valores encontrados para w y x_g , y resulta:

$$\begin{aligned} M'' &= -2,3 \cdot X_g \cdot v + 2,3 \frac{1}{170 \cdot 19380} \int_6^Y (-1990y^3 + \\ &+ 80143y^2 + 74580323y - 396128625) dy = -2,3 \cdot X_g \cdot v + \\ &+ \frac{2,3}{19767600} (-2985Y^4 + 160286Y^3 + 223740969Y^2 - \\ &- 2376771750Y + 6175202400) \end{aligned}$$

y poniendo en lugar de Y el valor general, y , resulta:

$$\begin{aligned} M'' &= \frac{2,3}{19767600} (-58140 \cdot v \cdot 340X_g - 2985y^4 + 160286y^3 + \\ &+ 223740969y^2 - 2376771750y + 6175202400) \end{aligned}$$

Por lo tanto, el momento flector a embalse vacío en una sección valdrá:

$$\begin{aligned} M_v &= -897X_g + 236,082051 + \\ &+ \frac{2,3}{19767600} (-58140 \cdot v \cdot 340X_g - 2985y^4 + 160286y^3 + \\ &+ 223740969y^2 - 2376771750y + 6175202400) \end{aligned}$$

Momento flector a embalse lleno en una sección a la profundidad y :

Se compone del momento flector a embalse vacío M_v , cuya expresión acabamos de determinar; del momento volcador M_h , debido a la componente horizontal del empuje del agua, y del momento estabilizador M_e , debido a la componente vertical del mismo.

El momento volcador vale:

$$M_H = -\frac{12}{2} y^2 \cdot \frac{y}{3} = -2y^3$$

El momento estabilizador, M_e , le hallaremos teniendo en cuenta que, insisten sobre el paramento de aguas arriba tres prismas de agua: uno central, recto, de altura 5 metros, y dos oblicuos, laterales, de altura 3,50 metros; luego

$$\begin{aligned} M_e &= \frac{y+6}{2} (x_1 - (x_1)_{y=0}) \\ &= \left[5 \left((x_1)_{y=0} + \frac{x_1 - (x_1)_{y=0}}{3} \cdot \frac{2y+6}{y+6} - X_g \right) + \right. \\ &+ 2 \cdot 3,50 \cdot \left. \left((x_1)_{y=0} + \frac{x_1 - (x_1)_{y=0}}{3} \cdot \frac{2y+6}{y+6} - \frac{(A_2)}{2} - X_g \right) \right] \end{aligned}$$

o sea,

$$\begin{aligned} M_e &= \frac{y+6}{2} \left(\frac{3}{5} y - 3,6 \right) \\ &= \left[5 \left(3,6 + \frac{\frac{3}{5} y - 3,6}{3} \cdot \frac{2y+6}{y+6} - X_g \right) + \right. \\ &+ 7 \left(3,6 + \frac{\frac{3}{5} y - 3,6}{3} \cdot \frac{2y+6}{y+6} - 1,10 - X_g \right) \Big] = \\ &= 0,03(y-6)(48y^2 + 211y + 1266 - 120X_g(y+6)) \end{aligned}$$

Con esto tendremos que el momento flector M_L a embalse lleno en una sección a la profundidad y valdrá:

$$\begin{aligned} M_L &= M_v + M_H + M_e \\ M_L &= -897X_g + 236,082051 + \\ &+ \frac{2,3}{19767600} (-58140 \cdot v \cdot 340 \cdot X_g - 2985y^4 + 160286y^3 + \\ &+ 223740969y^2 - 2376771750y + 6175202400) - 2y^3 + \\ &+ 0,03(y-6)(48y^2 + 211y + 1266 - 120X_g(y+6)) \end{aligned}$$

Calculados de esta manera todos los elementos que intervienen en la fórmula [2] de las cargas normales verticales, tanto en los casos de embalse lleno como vacío, podemos determinar una expresión de n :

$$n = P + Qx$$

para cada sección que consideremos, en la cual,

$$P = \frac{F}{w} - \frac{MX_g}{I} \quad \text{y} \quad Q = \frac{M}{I}$$

Así hemos calculado el cuadro núm. 1, que presentamos, en el cual se han determinado también los valores de n en ambos paramentos, para lo cual basta igualar x a x_1 y a x_2 en la fórmula anterior.

Con este procedimiento podemos tener el valor de la carga normal vertical en cualquier punto del elemento, pues bastará calcular todos los valores anteriores para la sección horizontal que pase por él, y obtener así la expresión de n

$$n = P + Qx$$

en la cual se sustituirá, en lugar de x , la abscisa del punto en cuestión. Para completar el estudio de las cargas de trabajo nos falta determinar la carga tangencial en la sección horizontal y en el punto considerado y la carga normal horizontal en el mismo punto.

En otro artículo continuaremos con el cálculo de las cargas tangenciales y normales.