

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

NECESARIA PARA TODOS LOS CUERPOS FACULTATIVOS DE OBRAS PÚBLICAS, TORREROS DE FAROS, CONTRATISTAS Y CUANTOS TENGAN RELACIÓN CON AQUÉLLAS

AÑO XLIII

SERIE 6.^a

Carreteras y caminos vecinales, puentes, ferrocarriles, tranvías, canales, ríos, riegos, desecamientos, puertos, alumbrado marítimo, aplicaciones de la electricidad y abastecimiento de aguas.

SE PUBLICA TODOS LOS JUEVES

TOMO II

NÚM. 20.

Redactor-Presidente. Ilmo. Sr. D. Luis Sáinz, Inspector general de primera clase del Cuerpo de Ingenieros de Caminos.
Redactores. Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Luis Gaztelu, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores. Todos los Ingenieros de Caminos.

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9.—Madrid.

SECCION DOCTRINAL

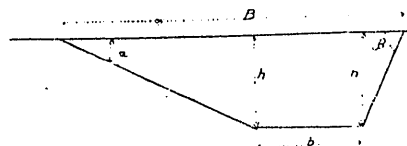
FORMA MAS VENTAJOSA

DE LAS ZANJAS DE PRÉSTAMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO

Suele adoptarse de un modo general para las zanjias de préstamo la forma trapezoidal con taludes más ó menos tendidos, según sea la naturaleza de las tierras donde hayan de excavar; cuando los terrenos son caros y los terraplenes han de formarse con préstamos de alguna importancia, puede haber interés en determinar las relaciones de anchura y profundidad que hacen mínimo el coste y aun en alterar la forma, tendiendo ó levantando los taludes á fin de reducir el precio definitivo del préstamo.

Estudiar este problema traduciendo sus resultados á reglas prácticas sencillas, es el objeto de este artículo.

Consideremos una forma trapezoidal cualquiera (figura 1.^a), cuyos lados inclinados forman con la



horizontal ángulos α y β , cuyas tangentes llamaremos respectivamente m y n .

Los elementos del valor del préstamo, variables con la forma y dimensiones de la zanja, son: la elevación de las tierras á la superficie del suelo, y la indemnización al propietario del terreno.

Llamando S al área conocida, que ha de tener la sección transversal de la zanja, ó lo que es lo mismo, al volumen por metro lineal del terraplén de préstamo dividido por el coeficiente de esponjamiento; p' el precio que ha de pagarse como indemnización por metro cuadrado de terreno ocupado; g la profundidad á que se encontrará el centro de gravedad de la sección de la zanja, y p'' el precio de elevación de un metro cúbico de tierra á un metro de altura; la parte P , variable del valor del préstamo, será:

$$P = p' \frac{B}{S} + p'' g. \quad (1)$$

Los valores de B y b en función de la altura del trapecio, de su área y de la inclinación de sus lados, se expresa como sigue:

$$B = \frac{S}{h} + h \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right);$$

$$b = \frac{S}{h} - h \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right); \quad (2)$$

fórmulas que nos dicen desde luego que solo es posible la forma trapezoidal, supuestos conocidos los taludes cuando

$$S > h^2 \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right),$$

ó lo que es lo mismo, que existe un límite máximo de profundidad dado por la fórmula

$$h = \sqrt{\frac{S}{\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n}}} \quad (2)$$

profundidad que corresponde á la altura del triángulo de área S y lados inclinados α y β grados sobre la base.

Conocidos B y b , el valor de g , en función de ellos, puede expresarse como sigue:

$$g = \frac{h}{3} \frac{B+2b}{B+b} = \frac{h}{3} \cdot \frac{3S - h^2 \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right)}{2S},$$

y el valor de P será, por consiguiente,

$$P = \frac{p'}{S} \left(\frac{S}{h} + h \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right) \right) + \frac{p''h}{3} \cdot \frac{3S - h^2 \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right)}{2S}; \quad (4)$$

la derivada de esta expresión con relación á h , es:

$$\frac{dP}{dh} = \frac{p'}{S} \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} - \frac{S}{h^2} \right) + \frac{p''}{3} \cdot \frac{3S - 3h^2 \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right)}{2S}$$

igualándola á cero, multiplicando por h^2 , y ordenando con las potencias de h , se obtiene:

$$\frac{p''}{2S} \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right) h^4 - \left(\frac{p''}{2} + \frac{p'}{3} \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right) \right) h^2 - p' = 0$$

ó lo que es lo mismo

$$h^4 - \left(\frac{S}{\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n}} + 2 \frac{p'}{p''} \right) h^2 + \left(-\frac{S}{\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n}} \cdot 2 \frac{p'}{p''} \right) = 0. \quad (5)$$

Las raíces positivas de esta ecuación, únicas que nos interesan, son:

$$h' = \sqrt{\frac{S}{\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n}}} \quad \text{y} \quad h'' = \sqrt{2 \frac{p'}{p''}}. \quad (6)$$

Llevando estos valores á la segunda derivada de P , cuya expresión es

$$\frac{d^2P}{dh^2} = \frac{2p'}{h^3} - \frac{p''}{3} h \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right)$$

obtenemos con el valor h'

$$\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n}}} \left[\frac{2p'}{S} - p'' \right] \quad (7)$$

y con el valor h''

$$\frac{1}{\sqrt{2 \frac{p'}{p''}}} \left[p'' - \frac{2p'}{S} \right] \quad (8)$$

La expresión (7) es positiva cuando

$$2 \frac{p'}{p''} > \frac{S}{\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n}}; \quad (9)$$

y la (8) lo es cuando

$$2 \frac{p'}{p''} < \frac{S}{\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n}}; \quad (10)$$

lo cual dice que si se verifica la desigualdad (9) la raíz de la ecuación (5) que corresponde al mínimo de P es h' ; y si no se verifica, invirtiéndose los términos como expresa la (10), entonces la raíz que corresponde al mínimo es h'' .

Este resultado equivale á tomar siempre como raíz del mínimo la segunda de las expresiones (6) ó sea

$$h = \sqrt{2 \frac{p'}{p''}} \quad (11)$$

teniendo presente el valor límite antes dicho que corresponde á la altura del triángulo formado con los taludes y el área propuesta, en cuyo caso límite desaparece el problema con la forma trapezoidal, indicando la conveniencia de modificar si es posible los ángulos α y β , á fin de alcanzar la profundidad económica.

La influencia de los taludes en el valor del préstamo, admitiendo que sea independiente de ellos el precio p' , se deduce de la ecuación (4), que puede escribirse del siguiente modo:

$$P = \frac{p'}{h} + \frac{p'h}{2} + \left(\frac{p'h}{S} - \frac{p'h^3}{6S} \right) \left(\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n} \right)$$

el segundo término de esta expresión es siempre positivo adoptando para h el valor (11), y por lo tanto, el valor de P aumenta ó disminuye con la expresión

$$\frac{1}{2m} + \frac{1}{2n}$$

y como ésta es tanto menor cuanto mayores son los ángulos α y β , se deduce que los taludes deben aproximarse á la vertical cuanto sea posible.

Si la profundidad de la zanja fuera

$$h'' \sqrt{3} \quad (\text{expresiones (6)})$$

profundidad á que no debe llegarse económicamente, entonces el valor de P sería constante cualquiera que fuera la inclinación de los taludes.

Hemos supuesto que el precio p' es independiente

de los taludes y no siempre sucede así, pues cuando la profundidad h tiene alguna importancia, la zanja con taludes muy próximos á la vertical se convierte en un socavón estéril, que exige la expropiación total del terreno ocupado, mientras que aproximando á la horizontal uno de los taludes, el del lado del propietario, puede ser posible, si el subsuelo lo consiente, el cultivo y utilización del terreno excavado y el precio que haya de pagarse por ocupación, demérito y daños ser menor que el de adquisición del terreno.

La conclusión deducida subsiste, sin embargo, en todos los casos y el problema de la inclinación de taludes en relación con la indemnización que haya de pagarse al propietario de terrenos puede resolverse de antemano en cada caso, llevándolo ya definido al cálculo de la profundidad de la zanja.

En resumen, y admitiendo la posibilidad de la forma trapecial definida por las ecuaciones (2) y (3), los resultados de este estudio pueden condensarse en las dos siguientes *reglas prácticas*:

1.^a *La profundidad que debe darse á las zanjas para hacer mínimo el valor del préstamo, es la raíz cuadrada del doble de la relación de los precios de indemnización del terreno y de elevación de las tierras:*

$$h = \sqrt{2 \frac{p'}{p''}}$$

2.^a *Los taludes deben aproximarse á la vertical cuanto sea posible.*

J. OCHOA.

Huelva 21 Octubre 1896.

PUERTO DE HUELVA

(Continuación.)

Volumen de los aterramientos.

Para los efectos definitivos del proyecto conviene tener una idea lo más aproximada á la verdad de la intensidad de acumulación que en las diversas zonas transversales de los bajos de la barra pueden ocasionarse por los efectos de la marcha de las arenas, de que anteriormente se hace mérito.

La cantidad ó volumen de los aterramientos no depende solamente, en un punto dado, de la magnitud de las olas rotas que los producen; dependen también extraordinariamente de la cantidad de arena que éstas manejan, ó sea del estado de alimentación en que se encuentran las rompientes, que como es sabido, toman las arenas de los fondos en que rompen á los que las llevan las corrientes del vendaval dominante.

Como quiera que al redactar el proyecto se carecía de los datos necesarios tomados durante el número de años convenientes y con apropiada minuciosidad para estimar aquellos volúmenes por cubicación,

se aprecia por comparación con los que entran en las playas del puerto de Dunkerque, que son perfectamente conocidos, por la ejecución de ocho ó diez años de dragados minuciosamente medidos.

El razonamiento que el Sr. Molini desarrolla es el siguiente: en Dunkerque se necesitan dragar 500.000 metros cúbicos anuales para impedir el ingreso de arenas en la canal haciéndola permanente; si, pues, las condiciones de aquella canal, de sus rompientes y playas son iguales á las de Huelva, aquí entrará en la canal volumen análogo; si son más favorables para acumular arenas en Dunkerque que en Huelva, la cantidad de arena que invadirá la canal de Huelva todos los años será menor, y al contrario.

El citado Ingeniero, valiéndose, como se ha dicho, de ciertas apreciaciones de comparación con el puerto de Dunkerque, gradúa el aporte anual de arenas á la barra de Huelva en más de 400.000 metros, volumen que puede aceptarse en calidad de aproximado para la formación del presupuesto, pero tal vez habrá años en que según los temporales que reinen no lleguen á alcanzar aquel volumen.

Elección del sistema de obras para mejorar la barra.

Sobre la elección del género de obras que deben emplearse en la barra de Huelva para su mejora, desarrolla el Sr. Molini en su proyecto prolija discusión, examinando el sistema que se funda en la construcción de diques y el que se basa en la ejecución de dragados permanentes.

Desecha la adopción de diques, por encontrar este medio muy caro y de resultados á la corta ó á la larga negativos, entrañando en todas ocasiones el inconveniente de perturbar el origen de las playas contiguas al canal de navegación, y como consecuencia natural dar origen á resacas y corrientes, al arrastre de aluviones, que en definitiva con el trascurso del tiempo contribuye á la formación de nuevas barras situadas más afuera que la primitiva. Hace notar la importancia que en todos los casos alcanza los gastos de conservación propios de los diques, que exceden á todas las previsiones, debiendo estimarse como tales los de reparación y los de dragado en el interior y boca de la canal, que no se han podido evitar nunca.

Además, en el caso de Huelva, la importancia de los diques sería enorme, pues la longitud variaría entre cinco á seis kilómetros empleando uno solo, y doce á catorce si se construían dos, viniendo á gravarla de manera extraordinaria la carencia en la localidad de materiales apropiados para la construcción de diques.

No deja el Sr. Molini de tomar en cuenta, como ejemplo de algún éxito del sistema de diques, el obtenido con el construido en la barra de Bilbao, donde lo único que se ha logrado, á su juicio, ha sido abrir una canal muy estrecha, con relación á las necesidades de la navegación, cuya permanencia, en cuanto á su profundidad, ha dependido siempre de las avenidas del Nervión, que son de relativa importancia, y sin embargo, la anchura de la canal abierta por los