

Barreda y B. 6

Proyecto  
de  
Hidraulica Agricola



*[Handwritten signature]*

*Nota 14*  
*Esp*

## Proyecto de un Barrage

Siendo desconocida la altura del barrage es necesario determinarla antes de entrar a los detalles de la construcción.

### Cálculo de la altura

Conocemos el gasto que es de  $7\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  por segundo; el ancho del barrage  $10\text{ m}$ ; la profundidad de agua  $1\text{ m}^5$  antes de la construcción de la obra; la altura de las orillas naturales  $2\text{ m}^40$  y por consiguiente la mayor altura a la que puede elevarse el agua represada sin temor a las inundaciones, o sea  $2\text{ m}^10$ , es decir  $0\text{ m}^30$  menor que la altura de las orillas. Con estos datos y por medio de la fórmula para los vertederos que abrazan todo el ancho del canal y que son normales a la corriente, que es:

$$Q = 1.80 l h \sqrt{h}$$

podemos calcular la altura  $h$  a que se eleva el agua sobre la corona. Para esto se reemplaza en la fórmula  $Q$  y  $l$  por sus valores, lo que da:

$$7.500 = 1.80 \times 10 h \sqrt{h}$$

de donde:

$$h^3 = \left(\frac{7.500}{1.8}\right)^2 = \frac{56.25}{3.24} = 0.174$$

luego:

$$h = \sqrt[3]{0.174} = 0.56$$

También podemos calcular la altura  $h_r$  del agua remansada por la fórmula:

$$h_r + p = H$$

en la que  $H$  es la altura del agua desde el fondo hasta la superficie libre, o sea  $2\text{ m}^10$  y  $p = 1\text{ m}^5$  la altura del agua antes de establecer el barrage. reemplazando estos valores y despejando  $h_r$  tenemos:

$$h_r = 2.10 - 1.50 = 0.60$$

Conocemos ya  $p$ ,  $h$ ,  $h_r$  y  $H$ , podemos por consiguiente determinar la altura  $h_d$  de barrage por la fórmula:

$$h_d + h = p + h_r = H$$

sustituyendo tenemos:

$$h_d + 0.56 = 2.10$$

de donde:

$$h_d = 2.10 - 0.56 = 1.54$$

Luego pues la altura que debe tener el barrage es de  $1\text{ m}^54$  y como tiene  $10\text{ m}$  en el sentido transversal del río podemos darle  $6\text{ m}$  en el sentido longitudinal para que la obra presente la solidez necesaria.

### Tipo adoptado para el barrage.

Entre los distintos tipos de barrages conocidos me parece conveniente adoptar los barrages de piedra que tienen sobre los de madera la ventaja de su duración y necesitar menos reparaciones y con respecto a los barrages ~~mixtos~~ y mixtos presentan la ventaja de su menor costo, puesto que los materiales para los barrages de piedra es fácil encontrarlos en la localidad a donde se va a construir la obra, lo que no pasa con las piezas metálicas que son necesarias para la construcción de los barrages móviles y mixtos, que es preciso mandarlas preparar y trasportar desde lugares mas o menos distantes de aquel en

al cual van a ser empleadas, todo esto ocasionaria gastos que bien pueden no estar en relacion con la importancia de la obra proyectada.

### Construcción del Barrage.

Una vez adoptada la clase de material que va a emplearse en la construcción de la obra, podemos pasar a los detalles de esta construcción, para lo cual lo primero que tenemos que hacer es consolidar el fondo del río, en el sitio del emplazamiento, puesto que se ha supuesto que este está formado por material que puede ser permeable, arena por ejemplo.

La consolidación del fondo la hacemos empleando un recinto de estacas y tablestacas, clavadas a suficiente profundidad, es decir hasta el terreno de mayor consistencia. Las estacas van unidas en su parte superior con <sup>pernos</sup> ~~abrazaderas~~ también de madera que se sujetan contra ellas por medio de pernos, estas <sup>pernos</sup> ~~abrazaderas~~ sirven también para sostener las tablestacas. Supongamos que sea necesario hacer penetrar las estacas hasta 3<sup>m</sup> de profundidad debajo del fondo del río y las tablestacas hasta 2<sup>m</sup>; en el recinto así formado se ~~hace~~ <sup>hace</sup> el fondo hasta una profundidad de 1<sup>m</sup> y la zanja que queda se rellena con concreto, formando de esta manera la base sobre la que debe descansar el barrage.

Tanto para consolidar el fondo del río con la capa de concreto en el sitio del emplazamiento del barrage, como para la construcción de este, es necesario dejar a seco el interior del recinto a la vez que dejar libre paso al curso de las aguas y esto solo lo podemos conseguir haciendo la construcción por partes. Como el ancho del río es de 10<sup>m</sup>, lo dividimos en secciones de 3<sup>m</sup>, 4<sup>m</sup> y 3<sup>m</sup> respectivamente; en la primera sección de 3<sup>m</sup> se construye un recinto, uno de cuyos lados lo forma la orilla del río, los dos lados laterales son los que van a quedar formando parte del barrage y el cuarto lado lo construimos con las mismas estacas y tablestacas que después van a servir para construir las paredes laterales del segundo recinto. Hecho esto se achica el agua del interior y cuando está el recinto a seco se limpia el fondo como ya hemos dicho hasta un metro de profundidad, se rellena la zanja que queda con concreto, se le nivela y sobre ella se levanta la parte de piedra del barrage.

Concluida la primera sección se quita la pared provisional del recinto que es la que está fronteriza a la orilla y se construye la segunda sección como en el caso anterior, con la diferencia de que en esta una de las paredes del recinto está formada por la parte del barrage ya construida. En el interior de este recinto se procede como en el primer caso y cuando está concluido el trabajo en esta sección, pasamos a la última, pero como al construir esta sección ya el agua corre sobre la parte levantada del barrage, para que la unión entre ambas partes quede bien hecha y también para evitar que el agua penetre en el interior del recinto, que se forma como en el primer caso, teniendo por un lado como pared la orilla del río y por los costados la prolongación de los lados del anterior, se cierra el recinto haciendo que abrace una porción de la parte construida del barrage, por ejemplo de 0<sup>m</sup>50 y como entonces a este lado ya no podemos clavar estacas para levantar la pared a la altura necesaria para impedir que penetre el agua al interior, lo que hacemos es poner piezas de madera atravesadas de un lado al otro y sostenidas en las estacas laterales,

contra estas piezas clavamos tablas y procedemos en el interior de este último recinto como en las dos secciones anteriores.

Las estacas y tablestacas que forman la pared del recinto que queda del lado aguas arriba del barrage se les corta al nivel hasta el cual debe elevarse el agua remansada, es decir a  $2^m10$  del fondo y las que forman la pared del lado aguas abajo se les deja menor altura,  $1^m10$  por ejemplo, para evitar de esta manera grandes saltos de agua, afectando entonces el barrage la forma que se ve en la figura, que es la forma que toma el agua al caer.

El barrage está construido de piedras convenientemente dispuestas y unidas con mezcla de cemento y arena y la superficie de la obra se hace de material de mejor calidad, es decir, piedra tallada en sus dos caras laterales con el fin de que la unión entre ellas sea lo mejor posible.

Para defender esta construcción de los efectos de las corrientes y también para evitar las socavaciones que podrían originar las aguas al caer, se dispone tanto aguas arriba como aguas abajo del barrage piedras dispuestas en la forma que se ve en la figura, teniendo cuidado de que las que están en inmediato contacto con el agua sean las de mayores dimensiones para que ofrezcan la mayor resistencia posible.

### Defensa de las orillas

Como también se ha supuesto que las orillas están formadas por material permeable es necesario defenderlas inmediatamente aguas arriba y abajo del sitio del emplazamiento del barrage, pues las modificaciones que este hace sufrir a las corrientes, pueden dar lugar a que las orillas sean socavadas por las aguas. Esta defensa la hacemos empleando muros de piedra sentados sobre bases de concreto de  $1^m$  de profundidad, como hemos hecho en el barrage y en una extensión de  $1^m50$  aguas arriba del barrage y  $3^m$  aguas abajo, de modo pues que necesitaremos construir  $4^m50$  de muro por cada orilla. A estos muros se les da del lado de las aguas un pequeño talud para que ofrezcan mayor estabilidad, aumentando la inclinación del talud hacia la base con el objeto de darle mayor ensanche, tanto para la defensa del pie, cuanto para que resista al empuje de la tierra que actúa sobre el muro. La altura de estos muros de defensa, es la misma que la de las orillas, o sea  $2^m40$  y el ancho de  $0^m70$  en la parte superior y  $1^m40$  en la base.

En la lámina está representado el barrage en sección transversal y longitudinal y en proyección horizontal a la escala de  $\frac{1}{50}$  y a la misma escala están las secciones transversal y longitudinal del muro de defensa de las orillas.

Me trado  
Se pone mejor en una forma más clara (sistema de construcción)  
Colocando las estacas espaciadas de  $1^m14$  unas de otras, se necesitan 8 por cada lado del recinto o sean por todo 16 estacas de  $5^m10$  de largo y  $0^m25$  por  $0^m25$  de escuadrilla, que reducidos a pies son  $17'$  de largo y  $10''$  por  $10''$  de escuadrilla, que reducidos a pies cuadrados nos da un total de 2272' para las 16 estacas, siendo la madera empleada el pino oregón.

Las tablestacas empleadas son piezas de pino oregón machimbreadas de  $4^m10$  de largo por  $0^m30$  de

ancho y 0<sup>m</sup>05 de espesor que reducidos a pies son 13'8" de largo por 1" de ancho y 2" de espesor y como sabemos que en un metro cuadrado entran 13 pies cuadrados y como para formar el recinto necesitamos 41<sup>m</sup> por lado o sean en los dos lados 82<sup>m</sup> resulta que el total en pies cuadrados es de 1066.

Las atragaderas son piezas también de pino oregon de 10<sup>m</sup> de largo y 0<sup>m</sup>20 por 0<sup>m</sup>20 de escuadrilla en pies son: 34' de largo y 2" por 2" de escuadrilla y como necesitamos 4 de estas piezas tenemos un total de 728 pies cuadrados.

El barrage tiene 10<sup>m</sup> en el sentido transversal del río y 6<sup>m</sup> en el longitudinal y como hemos dado a la base de concreto 1<sup>m</sup> de espesor, necesitamos 60<sup>m</sup><sup>3</sup> de este material para formar el cimiento.

Para calcular el volumen de piedra empleado en el relleno de la parte interior del barrage, podemos considerar a este como la mitad de un tronco de pirámide que tiene por bases las partes laterales del barrage y por altura la longitud de este, teniendo presente que el aumento de volumen que se obtiene por un lado está compensado con la disminución por el otro, al considerar la parte curva como si fuera recta, luego aplicando la fórmula conocida de geometría, que es:

$$V = \frac{1}{3} a (B + B' + \sqrt{B \cdot B'})$$

y reemplazando en ella las letras por sus valores que son:  $a = 6^m$ ;  $B = 10 \times 2,10 = 21$  y  $B' = 10 \times 1,10 = 11$ , tenemos:

$$V = \frac{1}{3} 6 (21 + 11 + \sqrt{21 \times 11}) = 2 (32 + \sqrt{231})$$

$$V = 2 (32 + 15,19) = 2 \times 47,19 = 94^m^3 380$$

de este volumen tenemos que quitar una décima parte que corresponde a la mezcla, luego tenemos para la piedra 84<sup>m</sup><sup>3</sup> 942 y para la mezcla 9<sup>m</sup><sup>3</sup> 438.

Para calcular el volumen de piedra empleado en la defensa de los lados del barrage también podemos considerar esas partes como poliedros que tienen por base los lados del barrage respectivamente y por altura la distancia hasta la que se extienden esas defensas, y aplicando la fórmula:

$$V = \frac{1}{3} B \times a$$

tenemos que en la defensa de aguas arriba entran 19<sup>m</sup><sup>3</sup> 250 y en las de aguas abajo del barrage entran 10<sup>m</sup><sup>3</sup> 065.

En los muros de defensa la base inferior del cimiento tiene 1<sup>m</sup>40 de ancho y la superior 1<sup>m</sup>, siendo el espesor del cimiento de 1<sup>m</sup>, luego el cálculo del volumen nos da para cada orilla 6<sup>m</sup> 371 o sea en conjunto en la base de concreto de los muros de defensa de ambas orillas entran 10<sup>m</sup><sup>3</sup> 742.

La parte de piedra de estos muros tiene 1<sup>m</sup> en la base inferior y 0<sup>m</sup>70 en la parte superior, siendo la altura de 2<sup>m</sup>40 y el largo del muro 4<sup>m</sup>50, luego el volumen es de 9<sup>m</sup><sup>3</sup> 128 por cada orilla o sea en total 18<sup>m</sup><sup>3</sup> 256 pero de estos la décima parte corresponde a la mezcla, entonces el volumen de la piedra es de 16<sup>m</sup><sup>3</sup> 431 y el de la mezcla 1<sup>m</sup><sup>3</sup> 825.

Para el cálculo de la piedra tallada que debemos emplear en la superficie del barrage, nos fijamos que esta es una superficie inclinada, luego para determinar su área calculamos la de su proyección horizontal y la de su proyección sobre un plano vertical y de ellas deducimos aproximadamente la que

buscamos por la fórmula:

$$x = \sqrt{a^2 + b^2}$$

pero  $a = 2 \times 10 \times 10 = 21$  y  $b = 6 \times 10 = 60$  luego:

$$x = \sqrt{21^2 + 60^2} = \sqrt{441 + 3600} = \sqrt{4041} = 63.50$$

de estos 63<sup>m</sup>50 la decima parte corresponde a la mezcla, luego quedan para la piedra tallada 57<sup>m</sup>15 y para la mezcla 6<sup>m</sup>50.

Los pernos para unir las abrazaderas a las estacas van acompañados de sus respectivas tuercas y rondanas, tienen 15 pulgadas de largo y 1 de diametro, se necesitan 16 de estos pernos.

### Presupuesto

Indicaciones	Metros cúbicos	Pies cuadrados	Precio por unidad	Precio total	
Madera para pilotes	5.400	2.272	1/0.08	181	76
.. .. tablaestacas	1.660	1.066	0.09	95	94
.. .. abrazaderas	1.600	724	0.08	57	92
Piedra para relleno	126.687		14.00	1773	62
.. tallada	57 <sup>m</sup> 15		25.00	1428	75
Concreto	70.742		18.00	1273	36
Mezcla	17.763		20.00	355	26
76 pernos con tuercas y rondanas			0.80	12	80
Zapatitas para las estacas				15	00
Clavos				10	00
Herramientas				300	00
Mano de obra				1500	00
Taltr Huesca, leonca, y otros...				7004	41

de usarse en peso  
a 50 lbs kilo 1/2 dulce  
en otros fondos

Impuestos 10%

Lima Octubre 8 de 1906

Chameday Bustamante

Nota 14/ Nota 14  
Espinas

Debe escribirse dejando margen para anotaciones, y en letra más grande.