

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Pantano del Chorro sobre el río Turón

por

D. MANUEL JIMÉNEZ LOMBARDO

Ingeniero de caminos, canales y puertos (1).

Toma de aguas.

Conveniencia de su establecimiento.—Siguiendo el sistema generalmente establecido en la actualidad, se dispone la toma de aguas para el servicio con independencia del desagüe de fondo, pudiendo de este modo graduar el caudal á voluntad (cosa difícil en las grandes compuertas), medirle y hacer sus maniobras con aparatos relativamente sencillos.

Descripción general.—Este último punto, es decir, la sencillez y seguridad de maniobra, es el que ha presidido en el sistema que se propone.

Consiste en esencia en un tubo de 80 centímetros de diámetro, vertical en su rama anterior y horizontal en la que atraviesa la presa. Al primer ramal afluye el agua del embalse por una serie de barbacanas tubulares con grifo maniobrados desde una escalera de caracol encerrada entre el tubo y un torreón que la separa del embalse; el segundo ramal, provisto de una llave á su terminación, desagua en una alberquilla que á su vez lo hace al río por un vertedero de aforo.

El doble sistema de cierre (grifo en la tubería general y en las barbacanas) presenta la indudable ventaja de asegurar la maniobra, aun en el caso de avería de uno de ellos; además permitirá graduar á voluntad y con gran precisión el caudal, y reducir á límites prudenciales la velocidad del agua en la general y la caída de las barbacanas, repartiendo entre ambas los perniciosos efectos de la presión. La sustitución de las compuertas con largas varillas de maniobra desde la coronación por los grifos, manejados desde la escalera, proporcionará no sólo una gran seguridad de funcionamiento, sino la facilidad de reparaciones. Por último, el amplio diámetro de la tubería general permitirá su visita frecuente y hasta el taponamiento accidental de las barbacanas en caso improbable de que por interposición de algún obstáculo no pudiera cerrarse el grifo correspondiente.

Sección de desagüe.—La pérdida de carga en el tubo viene dada por

$$J = \frac{CQ^2}{D^5} L$$

en la que C es un coeficiente que por su gran diámetro puede tomarse igual á

$$0,00164 + \frac{0,0000438}{D} = 0,0017$$

y L puede tomarse 35 metros como máximo, de donde

$$J = \frac{0,0017}{0,80^5} 35 \times Q^2 = 0,182 \times Q^2$$

que nos da

Para $Q = 2,0 \text{ m}^3$	$J = 0,73 \text{ m.}$
Para $Q = 2,5 \text{ m}^3$	$J = 1,14 \text{ m.}$
Para $Q = 3,0 \text{ m}^3$	$J = 1,64 \text{ m.}$

y aunque no se llegue nunca á este desagüe, en el plano puede verse cómo desde el eje del tubo hasta el de las primeras barbacanas hay mayor altura (4,30 metros). Parece, pues, á primera vista que podría y debería reducirse el diámetro: no se ha hecho para su fácil inspección y reparación.

Las primeras tres barbacanas se han colocado en la cota 296,80, ó sea á unos 9 metros sobre el fondo, quedando por debajo un volumen de embalse de 180.000 metros cúbicos destinado á depósito de sedimentos y limpia de fondo; á partir de éstas se situarán otras cinco en las cotas 298,60, 299,60, 301, 302 y 303. Supongamos el nivel del embalse en la cota 300; siendo los tubos de 25 centímetros de diámetro y pudiendo abocinarse á la entrada, lo que permite adoptar un coeficiente de reducción de 0,85, el desagüe será

$$Q = 0,85 \times 0,049 \times 4,43 (3 \cdot \sqrt{3,20} + \sqrt{1,40} + \sqrt{0,40}) = 1,22 \text{ m}^3/\text{s}''$$

y como esto ocurrirá al final del estiaje, cuando ya basta con este suplemento para completar el caudal del río, puede asegurarse que se puede utilizar el desagüe de aguas claras hasta la referida cota de 300; del embalse inferior (de unos 400.000 metros cúbicos, incluidos los 180.000 citados anteriormente) podrá evacuarse parte por estos tubos y parte por las compuertas de fondo.

Por encima de esta serie de ocho barbacanas se proyectan tres intermedias y otras tres superiores, quedando la más alta en

(1) Véase el núm. 2.020 de esta Revista.

la cota 320, ó sea 3 metros bajo el nivel máximo normal de servicio.

Barbacanas.—Los tubos barbacanas se encorvan en el interior del tubo principal para que el golpe de agua se haga sobre el colchón, que cerrando convenientemente la válvula exterior quede en su fondo para evitar las degradaciones. Los grifos de 25 centímetros se maniobrarán desde la escalera, sin intermedio de varilla alguna, quedando el tubo al aire y á la vista. Estos tubos serán de fundición, y los grifos llevarán guarniciones de bronce en su ajuste ó asiento.

Tubería general.—El ramal vertical del tubo general estará constituido por una chapa de palastro de 4 milímetros de espesor, revestido por la parte exterior ó de la escalera por hormigón de 5 centímetros de espesor, armado con una cuadrícula de redondos de 6 milímetros. En el caso de que se llene de agua hasta la cota 325, prescindiendo de la entibación que representan los escalones, la presión máxima que experimenta este tubo es

$$1000 (325 - 296,60) 0,80 = 22720 \text{ kg.}$$

por cada metro de altura, en el que la camisa de palastro presenta una sección resistente de $2 \times 0,4 \times 100 = 80$ centímetros cuadrados, y una resistencia de $1.200 \times 80 = 96.000$ kilogramos y las varillas horizontales una sección de $2 \times 10 \times 0,28 = 5,6$ centímetros cuadrados y resistencia de $5,6 \times 1.200 = 6.720$ kilogramos; es decir, que prescindiendo del hormigón, el metal trabajará como máximo á

$$\frac{22720}{101,6} = 224 \text{ kg./cm}^2$$

lo que parece indicar que podrían reducirse ó anularse algunas de estas piezas. Se insiste, sin embargo, en ellas porque desempeñan otro papel: la camisa de palastro es indispensable para obtener la impermeabilidad del tubo, que no podría exigirse al hormigón, y, como, aunque se pinte anualmente, puede experimentar degradaciones por la acción de los chorros de agua, no es prudente reducir su espesor, aparte de la dificultad de montar en su posición una lámina metálica de menos de 4 milímetros; y en cuanto al revestimiento de hormigón armado es preciso para apoyo de la espiral de la escalera y evitar la oxidación del palastro en las partes que no pudieran pintarse.

La parte horizontal de este tubo se proyecta con la misma camisa, abrigándose con obra más escogida. La unión de ambas se hace con un radio axial de 1,40 metros.

Torreón.—El torreón ó envolvente exterior está constituido por una chapa de palastro también de 4 milímetros de espesor; revestimiento interior análogo al del tubo, es decir, de hormigón armado con varillas de 6 milímetros y exterior de hormigón que para evitar contracciones, grietas y desprendimientos se armará con una tela metálica.

La presión máxima debida al agua en esta estructura será

$$1000 \times 28,4 \times 3,1 = 88040 \text{ kg.}$$

y como la sección resistente del metal es la misma que anteriormente, resulta éste trabajando á

$$\frac{88040}{101,6} = 867 \text{ kg./cm}^2$$

sin contar con el hormigón, que evidentemente contribuye también á resistir este esfuerzo de compresión. Por las mismas razo-

nes citadas al hablar del tubo, es decir, para evitar filtraciones y prevenir cualquier avería, no se disminuye la sección de los hierros.

Escalera.—Cada tramo de esta escalera consta de 17 huellas, disponiendo los descansos en los grifos para facilitar la maniobra de éstos. En realidad los escalones sencillos podrían resistir con sólo el hormigón, pero se han armado cada uno con tres varillas de á 8. Los descansos, sobre todo los números 7 y 17, son los que parecen están en peores condiciones como losa ó pieza trabajando á flexión; el trozo más recargado es el que termina en el ángulo que forma el torreón con el paramento de la presa, cuya luz es de 1,40 metros y el ancho medio de 18 centímetros; si se supone una sobrecarga aislada en el centro de 200 kilogramos, el momento máximo será

$$M = \frac{1}{8} 45 \times 1,40^2 + \frac{1}{4} 200 \times 1,4 = 81 \text{ m./kg.}$$

$$q = \frac{81}{10 \times 18 \times 10^2} = 0,0045$$

$$\text{Sección metal} = 0,0045 \times 18 \times 8 = 0,65 \text{ cm}^2$$

en lo que se ha supuesto en 8 centímetros el canto útil, ó sea que se colocan las varillas á 2 centímetros de la cara inferior: dos redondos de 8 dan una sección de 1 centímetro cuadrado.

El resto de la armadura se ha deducido de lo anterior, reduciéndola á medida que disminuye la luz y la anchura del escalón.

Una tubería general, de 8 centímetros de diámetro, que atraviesa todos los tramos de la escalera y termina en el ramal horizontal, evacuará las filtraciones que pueda haber en ella.

Salida.—La camisa de palastro que constituye el ramal horizontal de la tubería general empalma, antes de abandonar el macizo de la presa, con un tubo de fundición del mismo diámetro, en el que se inserta la válvula ó compuerta de 80 centímetros, terminando en un trozo curvo á 90° para la evacuación en sentido vertical. Para esta válvula se conserva el mismo modelo que se proponía en el anteproyecto, cuyo funcionamiento se considera fácil y seguro.

Para amortiguar los efectos de la velocidad del agua á la salida se dispone un depósito ó alberquilla, donde siempre habrá un colchón de agua de un metro de altura mínima.

Todo el conjunto irá encerrado en una cámara, constituida por dos muros laterales y bóveda de medio punto, de hormigón en masa, por la parte delantera una verja de hierro, con escalera y puerta de acceso.

Vertedero módulo.—La salida del agua de la alberquilla al exterior se hará por un vertedero, según el tipo 116 de Bazin y 11 de Rafter, de 2 metros de longitud, cuya precisión será acentuada, puesto que va guiada la lámina, y agua abajo podrá entrar el aire por debajo de ella.

He aquí el caudal que proporcionará este módulo, para distintas alturas de la lámina:

$$h = 0,50 \text{ m.} \quad Q = 0,38 \times 2 \times 0,50 \sqrt{2g \cdot 0,50} = 1,290 \text{ m}^3/\text{s}''$$

$$h = 0,60 \text{ m.} \quad Q = 0,385 \times 2 \times 0,60 \sqrt{2g \cdot 0,60} = 1,600 \text{ m}^3/\text{s}''$$

$$h = 0,70 \text{ m.} \quad Q = 0,387 \times 2 \times 0,70 \sqrt{2g \cdot 0,70} = 2,008 \text{ m}^3/\text{s}''$$

$$h = 0,80 \text{ m.} \quad Q = 0,390 \times 2 \times 0,80 \sqrt{2g \cdot 0,80} = 2,780 \text{ m}^3/\text{s}''$$

$$h = 1,00 \quad Q = 0,410 \times 2 \times 1,00 \sqrt{2g} = 3,623 \text{ m}^3/\text{s}''$$

Es decir, que con el caudal máximo normal (2 m³) la lámina tendrá 0,70 metros de altura, pero que podrá evacuarse más

de 3 metros cúbicos, sin que por ello llegue el agua ni su oleaje a la plataforma.

Una reja suplementaria, que podrá bajarse ó subirse mediante cables y contrapesos que la suspendan de la verja, permitirá cerrar el vaso libre sobre la lámina de agua é impedir el acceso de extraños al mecanismo de la válvula.

(Se continuará.)

EL MEJOR CABLE DE TROLE

Por

C. H. M'KELLWAY

(Electrical Railway Journal.)

El autor, Ingeniero del servicio de distribución de la red Brooklyn Rapid Transit, expone la necesidad y modo de proceder á un minucioso análisis matemático cuando se trate de apreciar la economía que se obtendrá en una red determinada comparando cables de diferente calidad.

Dice que sin hacer los cálculos previos, será imposible, en un caso especial, saber cuál será el cable que dará mejor rendimiento. Ahora bien, raramente se hacen estos cálculos; aun cuando el precio de dos cables de distinta fabricación varíe considerablemente, pocas veces se hace el estudio del problema en averiguación de cuál de ellos resultará más económico en un servicio prolongado; casi invariablemente se elige el de menor precio, ó aquél del que se espera mayor duración. No suele establecerse la comparación entre la diferencia de precio de ambos cables y la mayor ó menor duración de los mismos; no se tiene en cuenta la seguridad contra las roturas de cable y otras molestias y entorpecimientos, ni tampoco el valor mercantil del cable usado.

Los cables de trole, generalmente empleados, son de cobre, de acero, de cobre y acero ó bien de un compuesto de bronce; la elección debe hacerse entre estos materiales. Aunque el de cobre sea el más empleado y en muchas líneas sea el que dé mejores resultados, no cabe duda que se hace un empleo abusivo de él puesto que las únicas ventajas que presenta sobre los demás cables, son la mayor conductibilidad y el menor precio inicial. Esta gran conductibilidad es importante cuando no existiendo *feeders* el cable de trole debe conducir toda la corriente, pero disminuye mucho su importancia cuando se emplean gruesos *feeders* en paralelo, porque entonces sólo tiene que transportar una débil cantidad de corriente, siendo también muy pequeñas la caída de voltaje y la pérdida de energía en el cable de trole.

Por consecuencia, en las líneas de poca carga donde no existan probabilidades de que haya simultáneamente más de tres ó cuatro coches tomando corriente, de modo que la intensidad media, aunque variando entre amplios límites, no sea lo suficientemente grande para justificar el empleo de *feeders*, el cobre estirado en frío será, generalmente, el mejor metal para el cable de trole. Por otra parte, en las líneas de mucha carga en que la intensidad pueda alcanzar á más de 1.000 amperios y donde sea necesario instalar un *feeder* en paralelo para alimentar el cable de trole, rara vez podrá el cable de cobre alcanzar el valor práctico de otros de mayor resistencia mecánica, aunque de menor conductibilidad.

El mismo razonamiento puede aplicarse, aun con mayor fuerza todavía, á las líneas de poca carga, pero muy largas, donde es necesario emplear un gran número de *feeders* para sostener el voltaje, aunque la densidad de la corriente sea débil, tanto en el cable como en los *feeders*.

Dentro de estos límites existen una infinidad de casos que deben ser estudiados particularmente, porque debido á las fluctuaciones del curso del cobre pueden diferir bastante las condiciones y, por lo tanto, según el caso, ser más conveniente un modelo de cable que otro.

Precio de los distintos modelos de cable y valor de los cables usados.—Para demostrar cuánto puede variar el precio de los cables según la época, y al mismo tiempo para permitir calcular los precios de los cables de trole de diferentes metales, el autor señala el precio de los cables de cobre, de bronce, de acero con revestimiento de cobre y de acero ordinario, por kilogramo, según la clase de metales para los números 0 á 0000. Es preciso hacer observar que si el metro de cable de cobre y del de bronce tienen el mismo peso, los de los cables de cobre, de acero y de acero revestido de cobre son distintos.

Las siguientes cantidades, tomadas por el autor en los últimos meses, dan el valor relativo en esta época de los distintos modelos de cable y el valor de los cables usados, utilizados como metal viejo:

	Cables nuevos. Pesetas. (1)	Cables usados. Pesetas.
Cobre (el kilogramo)	1,85	1,52
Bronce (idem).....	2,15 á 2,28	1,52
Acero y cobre (idem).....	1,81	0,35
Acero (idem).....	0,77	0,938

Se ve que el cobre es uno de los más caros, pero como su valor como metal viejo es muy alto, la pérdida en servicio resulta la menor; por el contrario, el acero revestido de cobre, en este sentido ocupa el último lugar.

Duración relativa de los cables de distinta calidad.—En lo relativo á este asunto existe una gran divergencia de opiniones, que todas se justifican según las marcas de los cables empleados, los lotes de fabricación, las condiciones variables de servicio, etc. Sin embargo, parece que los Ingenieros están de acuerdo en reconocer que, por término medio, la duración de los distintos cables es, aproximadamente, la misma, á excepción del cable de cobre estirado en frío, que en igualdad de condiciones de servicio se reduce á la mitad de la de los otros.

Conductibilidad y pérdidas en línea.—Para apreciar la diferencia que pueda resultar de las mayores ó menores pérdidas de energía en el cable, es preciso indicar las resistencias de las distintas cualidades, variando las pérdidas en razón directa de la resistencia. Comparadas, según el cuadro de Mathiessen, la conductibilidad es, aproximadamente, la siguiente:

Cobre estirado en frío	95
Bronce	45
Acero y cobre.....	40
Acero	10

Ahora bien: antes de comparar la pérdida anual que corresponde á los distintos cables, es preciso considerar la intensidad media de la corriente transportada por el cable. Para ello, el tomar la intensidad media no resulta completamente exacto; lo que es necesario conocer es la intensidad que produciría la misma pérdida en línea por año que es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las intensidades registradas en cortos intervalos. Cuando la carga varía poco, la intensidad media se aproxima

(1) Todas las cantidades en pesetas á que se hace referencia en este artículo son pesetas oro.