

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA 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.

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS PANTANOS

El empleo de pantanos como medio regulador de las corrientes, al que se ha recurrido con éxito completo desde remotos tiempos en Asia y en Egipto y que en España se emplea desde hace más de cuatro siglos, es objeto cada día de nuevas aplicaciones en todo el mundo, incluso en países que, como Inglaterra y Alemania, cuentan, por su situación y condiciones orográficas, con un régimen pluviométrico que puede calificarse de regular y abundante. Realmente no existe en la práctica medio más eficaz y rápido para obtener una regulación efectiva y suele ser en muchos casos el único á que puede apelarse cuando las cuencas alimentadoras se hallan ya pobladas de vegetación.

El grado de regularización que en la corriente se pretenda introducir dependerá principalmente del carácter de la misma y de las necesidades que se trate de satisfacer. Limitándonos al caso en que se desea que la corriente conserve un gasto mínimo determinado en cada época del año, lo que equivale á admitir que se dispone de caudales suficientes, el problema se reduce á determinar la capacidad que debe asignarse al vaso, que convendrá, para alcanzar la mayor economía, sea lo más reducida posible dejando, no obstante, algún margen como coeficiente de seguridad contra la incertidumbre que puedan tener los datos del problema y para disponer de un cierto volumen que ocuparían la suma total de arrastres que se suponga puedan llegar á acumularse. No cabe desconocerse, sin embargo, que en muchos casos habrán de tenerse en cuenta otro género de consideraciones al fijar la capacidad que conviene asignar al pantano; pero, en general, ésta dependerá principalmente de los caudales que aporte la corriente y de los que del pantano hayan de derivarse.

Bajo este supuesto considero conveniente llamar la atención de mis compañeros acerca de las ventajas que sobre el numérico proporciona el procedimiento gráfico para calcular la capacidad útil que debe asignarse á un embalse. Basta para la práctica de este método construir las curvas representativas de los gastos de la corriente y de los volúmenes que en cada momento deban derivarse. La primera se deducirá de los aforos que existan la curva de consumo se construirá partiendo de las dotaciones que se fijen para cada época del año, según los supuestos y datos de que se parta.

Estas curvas habrán de comprender, de ordinario, un período de un año, á menos que se admita que el pantano no se desaguará en aquellos en que pueda preverse que ha de haber escasez de agua en el siguiente. En este caso convendrá que las curvas se refieran á un período de dos años.

Se construirán aquellas representando por una misma lon-

gitud las unidades de tiempo y de caudal. En la práctica bastará, generalmente, adoptar la semana para unidad de tiempo, mientras que la de caudal, según la importancia de la corriente, la exactitud de los datos de que se disponga y el grado de aproximación que se desee, podrá variar entre un millar y dos millones de metros cúbicos. Se marcarán en el eje de las abscisas 52 ó 104 longitudes iguales representando cada una la unidad de tiempo y de caudal; por el punto medio de estas divisiones se trazará una perpendicular á dicho eje, sobre la cual, á contar desde éste se señalarán, en la escala adoptada, los caudales medios correspondientes á cada semana que representen el gasto de la corriente ó el consumo supuesto. Uniendo luego los extremos de las ordenadas se tendrán la curva de caudales y de consumo; las áreas comprendidas entre estas curvas, el eje de las abscisas y las ordenadas extremas representarán, en la escala adoptada, el volumen anual ó bianual de la corriente y el volumen de agua que habrá de derivarse al propio tiempo para los aprovechamientos que con el pantano hayan de atenderse.

El croquis adjunto (fig. 1.^a) en que se supone la unidad de volumen igual á un cuarto de millón, á la vez que indica la forma de estas curvas, demuestra claramente cuál debe ser el mínimo volumen útil del embalse que aparece representado por el área de la curva rayada únicamente con trazos horizontales. Si á este volumen se agregan el que se asigne á las filtraciones no utilizables y á la evaporación en la época del embalse, el que se reserve para ser ocupado por los aterramientos y el margen que pueda concederse para contingencias posibles dependiente de la incertidumbre en los datos, se tendrá determinada la capacidad útil que deberá darse al pantano.

Si el problema, según se ha supuesto, tiene solución satisfactoria habrá de resultar esta capacidad inferior al volumen no utilizado de la corriente, el cual en el croquis aparece representado por el área rayada solamente con trazos inclinados. Para colocarse en las condiciones más desfavorables que garanticen por completo la eficacia del embalse, deberá adoptarse para la curva de caudales la correspondiente al año más seco de los conocidos ó la de dos años consecutivos en que la corriente haya tenido caudales más escasos. Si en estas condiciones el sobrante de la corriente, según el gráfico, es superior al volumen calculado, el pantano se llenará, interin no se presenten años de menos aguas que los considerados.

Conviene recordar á este propósito la gran ventaja que para combatir con éxito los aterramientos ofrece el poder disponerse de aguas abundantes, si no en todos, por lo menos en la generalidad de los años, lo cual será ordinariamente posible cuando el pantano haya sido proyectado de suerte que su alimentación quede asegurada aun en los más secos.

El abandono en que nuestra Administración pública, atenta sólo de ordinario á las necesidades de momento, ha tenido el aforo regular y sistemático de las corrientes que surcan la Península, no permitirá más que en pocos casos disponer de datos

bajo, aunque no mucho, de los caudales de la corriente, debiendo fijarse aquel número prudencialmente, según las garantías que se predenda obtener, tanto respecto á la limpia del vaso, como con relación á la seguridad de poderlo llenar oportuna-

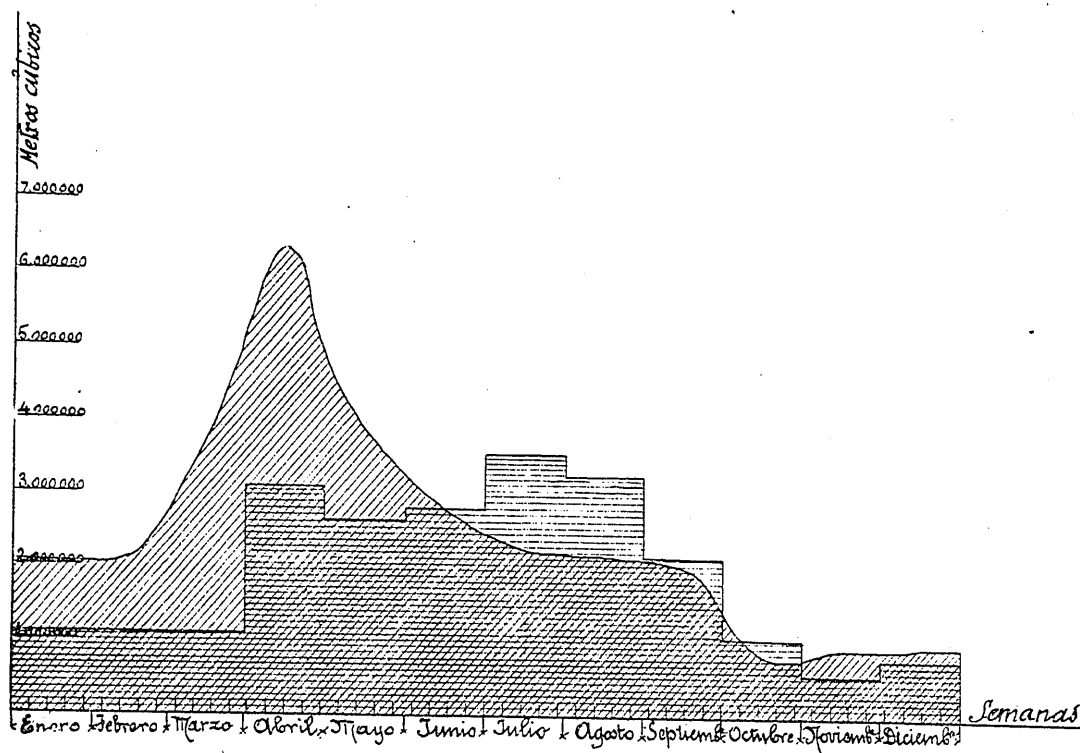


Figura 1.ª

bastante completos para construir las curvas de caudales correspondientes á los periodos de mayor sequía; de aquí que sea de temer que el procedimiento indicado no podrá emplearse con todo rigor en muchas ocasiones. Para salvar de algún modo esta dificultad cabe exagerar los supuestos desfavorables en cuanto

mente. En todo el tiempo en que el pantano se halle con lo desagües abiertos y, por lo tanto, la corriente en curso libre, el sobrante de ésta que no se consuma será perdido para los efectos del embalse; en el croquis de la figura 2.ª se indica aquel tiempo por un trazo grueso reforzando el eje de las abscisas y se

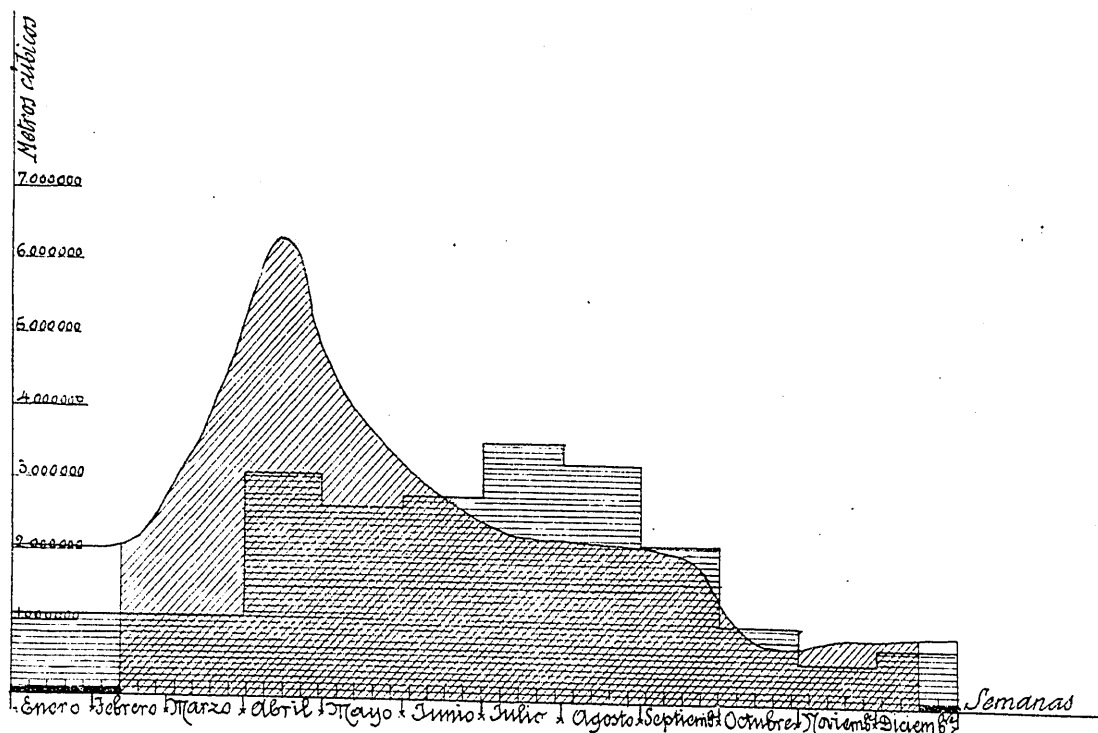


Figura 2.ª

al caudal de la corriente, ó quizá mejor admitir que en el año de caudales más pobres, entre los varios de los que se tengan aforos, el pantano queda abierto para facilitar la limpia durante un número de días más ó menos considerable, comprendidos en la época en que las necesidades del consumo se hallan por de-

ja de rayar el área correspondiente que representa el sobrante no aprovechado. El resto del sobrante ha de ser superior al del volumen mínimo útil del embalse.

Circunstancias particulares, que no dejan de ofrecerse en algunos casos, inducen á veces á fijar la capacidad de los em-

balses partiendo de otras consideraciones. He aquí algunos ejemplos:

Si la utilización del agua del pantano se halla asegurada todos los años, aun cuando el volumen embalsable sea muy variable de uno á otro, podría ser conveniente fijar el del vaso teniendo en cuenta consideraciones de orden económico más bien que las que se refieren á los recursos hidrológicos de las cuencas. Así no es raro en España encontrar zonas extensas que sólo tienen riego muy eventual en el verano y aun en primavera, pero que en años abundantes se utilizan las aguas en los cultivos de dichas estaciones; en estos casos, si el coste no es excesivo en relación á los resultados que puedan obtenerse, podrá convenir dar á los embalses una capacidad relativamente muy grande á fin de que haya la seguridad de que, aun en los años más lluviosos, no se perderá cantidad alguna de agua porque luego tendrá útil aplicación en los riegos primaverales y de verano. La capacidad del embalse no se fija entonces en vista del mínimo de agua que la cuenca proporciona en los años más secos, sino, por el contrario, en virtud del caudal de la corriente en los años lluviosos. Á este criterio, sin duda, obedece el proyecto de recrecimiento de la antigua presa de Tibi, pues el pantano, por mucha que sea el agua que pueda almacenar en los años abundantes, es seguro que tendrá ventajoso empleo en la extensa huerta de Alicante, donde todos los veranos se paga á muy elevados precios.

Hay casos en que son tales la configuración del vaso y de la garganta en que ha de establecerse la presa, que cabe, con un pequeño exceso de coste, aumentar la capacidad del pantano excediendo las necesidades estrictas que el cálculo pueda indicar; si son de esperar aumentos considerables en el consumo ó de temer aterramientos de importancia, podrá ocurrir que haya ventaja en aceptar desde luego para la capacidad un volumen superior á lo preciso, en vez de recurrir posteriormente á ampliaciones costosas ó de sujetarse á realizar la explotación del pantano en condiciones aleatorias para evi ar aterramientos y de verificar trabajos para su limpieza.

Todo parece indicar que, merced á la patriótica iniciativa que á favor de los riegos tuvo el Cuerpo de Ingenieros de Caminos después del desastre militar de 1898, España seguirá el fecundo movimiento que se ha operado en el mundo entero en los últimos tiempos, desenvolviendo de tal suerte por modo considerable la riqueza agrícola, que no se agota, cual ocurre con la minera, y no provoca, como la industrial, esas tremendas crisis que conmueven á las naciones, dando, por el contrario, cada vez mayor valor al terreno y permitiendo el aumento en el número y bienestar de sus moradores. Y nuestra patria, que fué maestra en riegos en el continente europeo y llevó sus enseñanzas al americano, si los estadistas perseveran en esta salvadora orientación, podrá afrontar la comparación con los ejemplos antiguos de China, Egipto é Italia, con los más modernos de la India, Egipto, Turkestan, Argentina y Estados Unidos, y con los que no tardarán en ofrecernos estos mismos Estados, Austria, Sudán, la Caldea y el África Austral. Para ello preciso será aumentar con el establecimiento de pantanos los caudales disponibles en verano en los regadíos existentes, pues no puede desconocerse que el proceso generalmente seguido en nuestro país, impuesto por la Naturaleza misma para la implantación de los antiguos riegos, que es el que también convendría adoptar para establecerlos ahora en las comarcas donde aún no existen, ha conducido al riego estacional para asegurar los cultivos de invierno y primavera, originándose la escasez de agua cuando en una etapa posterior se han intentado los cultivos de verano y otoño.

Así, pues, será posible al principio, en muchos de los nuevos regadíos prescindir de los pantanos, teniendo en cuenta que los riegos en las comarcas en que son desconocidos se han de propagar lentamente aun cuando se limiten á los cultivos de invierno y primavera; pero esta situación habrá de ser poco duradera porque, en general, el caudal de las corrientes españolas se encuentra ya comprometido y, efecto de la situación de la penín-

sula y de las condiciones de nuestro sistema orográfico, estamos condenados á un régimen pluviométrico tan pobre é irregular que constituye á la mayor parte de nuestros cursos de agua en verdaderos torrentes, con escasas pero violentas y breves avenidas, transcurridas las cuales suelen quedar en seco ó con caudales miserables. Será, por tanto, también indispensable recurrir á los pantanos con capacidad debidamente calculada para hacer posible la extensión del riego á nuevas comarcas, hoy en buena parte poco menos pobres y despobladas que las áridas estepas occidentales de Norte América próximas á ser fertilizadas en extensiones considerables merced á las iniciativas y á las obras emprendidas por el Gobierno federal, secundadas por la incansable actividad del pueblo yanqui que fía, con harta razón, en la eficacia y virtud del trabajo para alcanzar el bienestar y los más altos destinos del país.

Lo expuesto será, sin duda, suficiente para que se aprecien ventajas de claridad y exactitud en el método gráfico para el cálculo de los embalses, acerca del cual he juzgado que podía ser beneficioso llamar la atención de los ilustrados compañeros que en estas cuestiones han de intervenir.

JOSÉ NICOLAU.

SIFÓN DE HORMIGÓN ARMADO SÔBRE EL RÍO SOSA Y BARRANCO DE RIBABONA EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA

VI

Para que la pieza especial de junta que enlazaba las camisas de palastro, y á que se hace referencia en el artículo anterior, publicado en la REVISTA del 7 de Junio pasado; pudiera abrirse ó cerrarse con toda libertad, era preciso aplicar también la mezcla de alquitrán y asfalto á la parte interior de ella, rellenando el semicírculo que formaba. Una vez hecha esta operación se podía construir la

Camisa interior.—Esta camisa consiste en un enlucido de 22 mm. de espesor, pegado á la camisa de palastro y armado con directrices y generatrices de 4 mm. de diámetro: las directrices están colocadas á 10 centímetros de separación y las generatrices á 0^m,15. Su objeto es impedir la oxidación de la chapa de palastro, que de este modo no está en contacto directo con el agua; la chapa viene á quedar, como los hierros en T, dentro del hormigón y puede considerarse como parte de la armadura de un tubo corriente tipo Monier; la conocida experiencia de Grenoble y otras posteriores, enseñan que las armaduras de estos tubos no se oxidan aunque se hayan mojado á consecuencia de las filtraciones de aquéllos, como si el hormigón que envuelve el hierro impidiese ó neutralizase los efectos del oxígeno que lleva el agua en disolución.

La malla de 4 mm. que lleva esta camisa no tiene otro objeto que facilitar la aplicación del mortero y ponerle en condiciones de sufrir alargamientos ó acortamientos de importancia sin que se agriete, como ha dado á conocer Mr. Considère en sus experiencias.

La ejecución de esta camisa fué, después de la regularización y alineación de las camisas de palastro por medio de los mandriles, mi mayor preocupación durante toda la obra. Había dos importantes problemas que resolver: la colocación de la armadura y la ejecución del enlucido que la envolvía; y una incógnita que sólo la experiencia podía despejar y era saber si dicho enlucido armado quedaría perfectamente pegado á la camisa lisa de palastro ó se despegaría de ella.

Siendo tan delgado el hierro de la armadura era de esperar