

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.

EL PANTANO DE MEDIANO ⁽¹⁾

Reconocimiento del Cinca.—Se desarrolla el río Cinca, en toda su extensión, por la provincia de Huesca, desde su origen en el término de Espierra hasta su incorporación al Segre, unos 10 kilómetros aguas abajo de Fraga y otros 10 antes de la confluencia del último con el Ebro; en todo este recorrido de 172 kilómetros pierde 2.520 metros de altura, resultando una pendiente media de 14 por 1.000, verdaderamente muy elevada. No es uniforme, como es natural: principiando por una de 28 por 100 en su primer tramo hasta la Pineta, disminuye desde allí rápidamente hasta alcanzar la de 3 por 1.000 en el último trayecto, contado desde la desembocadura del Vero, hasta la confluencia con el Segre.

Nace el Cinca al pie del enorme macizo de las Tres Sorores, recogiendo las aguas de sus vertientes. El Cinqueta, importante afluente que se le une á los 22 kilómetros de su recorrido, y el Ara que, después del Esera, es su principal tributario, y que se le incorpora en su kilómetro 50, aportan al Cinca caudales considerables, procedentes de las montañas de Brazato y Tendenera y Oeste de los macizos Lardana y Cotiella que, con los de las Sorores, alcanzan alturas de 3.130 á 3.367 metros, donde las nieves no se funden nunca por completo, y en que las precipitaciones deben ser abundantísimas.

El cauce del Cinca, muy estrecho en el punto llamado las Devotas, se ensancha paulatinamente entre la Enfortunada y Ainsa (kilómetros 22 al 49 del itinerario), teniendo en la unión con el Ara un amplio lecho en que el río divaga, de 1.000 á 1.500 metros de anchura, continuando en esta forma hasta frente á Plampalacios (kilómetro 58), punto donde el cauce empieza á estrechar de nuevo para llegar á la entrada del desfiladero del Entremón, constituido por una garganta, con márgenes acantiladas de 200 á 400 metros de altura. El desfiladero termina dos kilómetros más abajo, pero el cauce sigue encajonado en 19 kilómetros más hasta Torre-Ciudad; desde allí el río va atravesando la zona baja de la provincia, siempre con cauce de anchura considerable y ordinariamente divagante.

Elección de vaso para el pantano.—El reconocimiento del río indica, sin ningún género de dudas, como paraje más adecuado para un pantano, el vaso que se encuentra aguas arriba del Entremón, estableciendo la presa correspondiente en el llamado por-

tillo de este nombre, es decir, en el origen del desfiladero, que tienen en dicho punto una anchura de unos 36 metros en el fondo. En confirmación de este mismo parecer bastará recordar la propuesta hecha por el Ingeniero Jefe Sr. Mantecón para incluir esta obra en el Plan general de canales de riego y pantanos, con objeto de regularizar la corriente del Cinca, aun cuando, por de pronto, no se asignaba á las aguas un destino especial; la propuesta fué aprobada y el pantano figura actualmente en el Plan referido, con el nombre de Mediano, tomado del pueblo que se encuentra más inmediato al embalse, y al paraje en que debe edificarse la presa.

Condiciones de la cuenca alimentadora.—La superficie de la cuenca que alimentará al pantano mide 1.560 kilómetros cuadrados; de ella, una gran parte corresponde á los altos macizos pirenaicos, pudiendo afirmarse que más de la mitad tiene cotas superiores á 1.000 metros. Es digno de notarse el gran desarrollo que, proporcionalmente á la superficie total de su cuenca, tiene la parte alta de la del Cinca comparada con la de ríos análogos, como el Esera y el Gállego, lo que se traduce en un caudal medio relativamente mayor, y en la mayor impetuosidad de las avenidas que tengan por causa la fusión de nieve.

Aun cuando han desaparecido en gran parte los bosques que cubrían antiguamente la cordillera pirenaica en esta parte, puede afirmarse que la alta de la cuenca del Cinca se conserva bastante protegida, como lo demuestra la naturaleza de los arrastres; en la más baja las denudaciones son mayores, bien por ser más extensa la parte cultivada, bien por la menor cantidad de lluvia, lo que dificulta el desarrollo de matorrales y hierba, bien, finalmente, por encontrarse formaciones que, como las margas azules, admiten con gran dificultad la vegetación.

Datos pluviométricos.—Nos es desconocido cuanto se refiere á las precipitaciones en la parte más importante de la cuenca del Cinca, pero á juzgar por los datos de otros parajes del Pirineo, de altura y condiciones análogas, no será aventurado suponer que varíen anualmente entre 2.000 y 600 milímetros, por término medio, en la parte que afecta al embalse, y que la capa pluviométrica sea, por término medio también, de 1.000 milímetros, unos años con otros. Admitiendo un coeficiente de aprovechamiento de 0,50, deducido del encontrado hasta ahora para la cuenca del Esera, igual á 0,48, resultaría que por el desfiladero del Entremón, unos años con otros, deben pasar anualmente más de 1.000 millones de metros cúbicos. Pero es evidente que no puede contarse con caudal tan grande.

Debe tenerse muy en cuenta, al estudiar las precipitaciones en la región de cuenca del Cinca superior al Entremón que, en

(1) De la Memoria del proyecto de los Sres. Nicolau y Ríos, sobre los riegos del Alto Aragón.

gran parte, tienen lugar en forma de nieves, las cuales, al fundirse por la acción de los vientos, de la elevación de temperatura y, sobre todo, de lluvias importantes, dan lugar á las avenidas de primavera, conocidas con el nombre de *mayencos*, porque tienen lugar en el mes de Mayo principalmente.

Cálculo de las avenidas máximas.—No poseemos datos directos bastante numerosos relativos á los máximos caudales del Cinca, y no sería fácil calcularlos directamente. Los recogidos respecto de la gran avenida de Septiembre de 1907, ciertamente una de las mayores de que haya memoria, conducen á fijar el gasto máximo en 2.100 metros cúbicos por segundo; pero realmente, dada la poca uniformidad del cauce, este cálculo no puede merecer gran confianza.

Comparada esta cuenca con la del Esera y teniendo en cuenta que el volumen aforado en este río en la avenida citada fué de 1.500 metros cúbicos, resultaría para el Cinca el de 1.730 metros cúbicos. Esta cifra debe considerarse deficiente, pudiendo proceder el error de que los datos no correspondieran en el Esera al máximo de la avenida, de las distintas condiciones de las cuencas, ó de ambas causas á la vez.

Los reunidos sobre el Gállego por el Ingeniero Jefe D. Severino Bello, Director de las obras del pantano de La Peña, le han conducido á fijar en 2.900 metros cúbicos por segundo la capacidad del aliviadero de aquél. Ahora bien; la cuenca correspondiente del río Gállego mide 2.100 kilómetros cuadrados, de suerte que, si se calculan las máximas avenidas de este río en 2.900 metros cúbicos, las del Cinca no pasarán de 2.154. Creemos que esta cifra, dado el mayor desarrollo que, proporcionalmente, tiene la parte alta de la cuenca del Cinca, ha de ser inferior á la verdadera, por lo cual proponemos se adopte la de 3.000 metros cúbicos, algo mayor á la admitida para las máximas avenidas del Gállego.

Arrastres.—Los arrastres del Cinca están constituidos por gravas y arenas finas. Los limos figuran en menor proporción.

Las arenas, por su finura, y con mayor razón los limos, son arrastrados fácilmente por la corriente; en cambio las gravas se depositan en buena parte aguas arriba del portillo del Entremón, en el gran ensanche del río, que empieza en la confluencia con el Ara, 13 kilómetros más arriba de aquél.

No existen datos respecto al volumen de los aportes anuales, pero todo induce á creer que no son de gran importancia, aunque resultan considerables los acumulados durante el transcurso de los siglos á lo largo de su cauce y, principalmente, en lo que ha de constituir el futuro vaso del pantano.

Conviene, sin embargo, observar que el puente de la carretera de Jaca al Grado, situado sobre el Ara, á la cabeza del vaso, no revela depósitos importantes, á pesar del tiempo que lleva construido; igualmente, los huertos que bordean el cauce indican que, con el régimen actual, los depósitos no aumentan sensiblemente.

Son éstos de grava gruesa y cantos rodados; sólo en algunas orillas y recodos se encuentran bancos de arena fina. No existen apenas depósitos de limo.

En el desfiladero, los cantos son aún de mayor tamaño; debido á la mayor pendiente del río en esta parte, las aguas arrastran los materiales menudos que luego depositan en el extenso cauce que el río tiene á partir del pueblo del Grado.

Flotación de maderas.—Aun cuando con respecto al Cinca, como sucede con relación á los demás ríos de España, no ha sido declarada oficialmente la flotación de maderas, es lo cierto que existe. La reducción gradual que va experimentando la parte de su cuenca cubierta por los bosques, es causa de que el tráfico fluvial de la flotación de maderas haya ido disminuyendo tam-

bién, quedando actualmente muy reducido; pero como, á diferencia de la cuenca del Gállego y de la alta del Aragón, no existe en la del Cinca una vía que permita la extracción de maderas, ha de hacerse ésta, necesariamente, por el río, por medio de almadías en que se sujetan por sus extremos los maderos, constituyendo verdaderas balsas flotantes, de tamaño variable con la longitud y escuadria de aquéllos. A medida que, avanzando en su curso, son mejores las condiciones de flotabilidad del río, las almadías, formadas al principio por un solo tramo, van constituyéndose por varios, unidos sus extremos por medio de enlaces flexibles, resultando con ello largas balsas que, navegando á favor de la corriente, llegan hasta el Ebro, y luego por él hasta Tortosa.

Situación de la presa.—La presa, según se ha dicho, se situará en el portillo del Entremón, con su paramento anterior á 52 metros aguas abajo del eje de un puente antiquísimo, llamado del Diablo, que salva el Cinca por una sola bóveda semicircular.

No existe otro paraje mejor en que poder edificar el dique, y los reconocimientos practicados confirman esta opinión. Todos los examinados en el interior de la garganta del Entremón exigen un volumen de fábrica mucho más considerable para la misma capacidad del vaso, no sólo por ser más abierto el cauce, sino porque la fuerte pendiente del río y lo poco que se gana en capacidad, requieren aumentar notablemente la altura de la presa. No es mejor solución la de establecerla frente á la confluencia con el Cinca del torrente Usía, 1.500 metros aguas arriba del punto elegido: para el mismo volumen del embalse, el de la fábrica resulta triple, y si bien con esta solución no se afectaría al pueblo de Mediano, en cambio, se llevaría el nivel máximo del embalse más cerca que con la propuesta de las últimas casas del de Plampalacios.

Estudio de los terrenos del vaso.—Todo el vaso se encuentra en terreno de eoceno marino; una pequeña zona, situada á la cola, corresponde al terreno diluvial, constituido por conglomerados blandos de escaso espesor. A continuación se presentan las margas azules del eoceno medio, con espesores seguramente considerables, apareciendo frente á Mediano las margas duras y areniscas margosas, seguidas por las calizas numulíticas que, con espesor enorme, empiezan en el portillo del Entremón y siguen luego por todo el desfiladero.

Las márgenes del cauce están constituidas por las margas azules que la erosión de las aguas ha ido socavando. Sobre ellas se encuentran en algunas partes las margas y maciños del tramo superior, coronados en varios puntos por la caliza del eoceno lacustre, que tan excelentes condiciones reúne, en general, para las fábricas.

La formación numulítica, lo mismo que la de margas duras y areniscas de Mediano que con ella concuerda, tiene una inclinación de unos 40 grados, y la dirección Norte 25 grados Este á Sur 25 grados Oeste.

El fondo del cauce está cubierto, en todo el vaso, por gravas y cantos rodados; en las márgenes bajas se encuentran algunos huertos establecidos sobre los terrenos que proporciona la denudación de las laderas contiguas y los depósitos que han ido dejando las avenidas.

Obsérvanse en el origen del desfiladero los vestigios de ollas de gigantes á distintas alturas, algunas de grandes dimensiones. Este dato, y la concordancia de las capas del levantamiento numulítico, revela que aquél no ha sido producido por una falla; es probable que haya habido, más ó menos extensas, algunas grietas que, facilitando el paso de las aguas de un lago poco profundo que pudo existir en esta parte en la época cuaternaria, se hayan ido abriendo paso, al través de la roca, socavando sus

márgenes y fondo con el auxilio de los arrastres y del efecto erosivo de las cascadas, que no dejarían de formarse. En cuanto al vaso actual, parece indudable que se ha ido abriendo por erosión de la corriente en las margas azules y en las areniscas de Mediano.

Impermeabilidad del vaso.—El paraje crítico para la impermeabilidad de los pantanos, suele muchas veces hallarse en la intersección de la presa con las laderas y fondo del cauce. En nuestro caso, la naturaleza de la roca numulítica en que aquélla se ha de empotrar, sana, compacta y sin cavernas producidas por denudaciones hídricas, datos que acusan los sondeos realizados y el examen de las laderas, permite asegurar que no podrán establecerse vías de agua, ni por los empotramientos laterales, ni por debajo del cimientó. Confirma estas previsiones la experiencia de lo ocurrido en la cimentación del pantano de La Peña, realizada en la misma formación geológica y en un paraje de condiciones enteramente análogas al elegido por la presa de Mediano, si bien en la llamada «Gorgocha» de La Peña ha habido que luchar con la existencia de una grieta que se tiene la seguridad de que no existe en el portillo del Entremón.

En cuanto al vaso, constituido en su totalidad por margas absolutamente impermeables, de varios centenares de metros de espesor, vistas en su mayor parte y cubiertas en una pequeña por formaciones delgadas, es seguro que ha de resultar de una impermeabilidad absoluta. Si así no fuera, la existencia del lago cuaternario, que estimamos indudable, no hubiera sido posible, y el aspecto y disposiciones actuales del cauce serían positivamente distintos.

Puede, pues, afirmarse que la impermeabilidad del vaso del pantano de Mediano está asegurada. Pero obsérvese que, aunque así no fuese, no ofrecerían grandes inconvenientes las filtraciones, si no excedían de 10 metros cúbicos por segundo, caudal que seguramente no han de alcanzar.

Sondeos realizados.—El perfil transversal del cauce, donde ha de edificarse la presa, está representado por el plano que acompaña á esta Memoria, en el anejo núm. 12, donde constan los resultados obtenidos practicando numerosos taladros, verificados con un tren de dos sondas rotatorias, de los que se conservan los testigos correspondientes. Acusan estos sondeos, como ya podía suponerse, una capa superficial de gravas y arenas, de espesor y tamaños variables, descansando sobre los potentísimos bancos de la compacta caliza numulítica que constituye la ingente formación en que está abierto el estrecho del Entremón. Los taladros se han profundizado en todos los casos en la roca, llegando algunos hasta 7,60 metros por debajo del nivel de las aguas de estiaje, demostrando todos que la peña es de gran compacidad y resistencia á partir de la misma superficie, sin que los testigos obtenidos denoten alteración alguna con relación á la roca más sana que se encuentra en las laderas próximas.

Cimiento y empotramiento de la presa.—La presa se cimentará directamente sobre la roca caliza del fondo del cauce, cuya superficie se igualará previamente, á fin de que se acerque á las isostáticas correspondientes, con objeto de evitar toda tendencia al deslizamiento, de hacer más eficaz la unión de las fábricas y la roca, y de levantar todas las partes que no sean enteramente sanas, si por casualidad se presentaran en algún punto.

Por razones análogas, se verificará el empotramiento en las laderas según planos diametrales y retallos que sigan también, aproximadamente, las superficies isostáticas de presión máxima.

Descripción de la presa.—La presa, como es de suponer, será de fábrica, de sección triangular, con paramento de aguas arriba vertical. La planta será circular, constituida por dos arcos de círculo tangentes: el primero, de 100 metros de radio, compren-

derá un desarrollo, por el lado del paramento anterior, de 95,50 metros; el segundo, con un radio de 28,50 metros, tendrá una longitud en el mismo paramento de 26,50 metros. Además, á continuación de este tramo curvo, vendrá otro recto de muy poca altura, de 35,50 metros de longitud, que continuará hasta el aliviadero de superficie. El desarrollo de la presa en su parte más baja del paramento anterior será de unos 37 metros.

Ínútil parece, para justificar la planta, hacer otra indicación que la de que la disposición del terreno y la conveniencia de facilitar las dilataciones del macizo, lo han aconsejado y exigido.

La altura de la presa, desde el punto más bajo del cimiento hasta el más alto de la coronación, es de 56,90 metros; la altura máxima del agua, contando desde el punto más bajo del cauce hasta la coronación, será de 50,50 metros.

El ancho de ésta es de 4 metros.

A continuación de la presa, siguiendo casi la línea de nivel del terreno natural en la margen derecha, se establecerá el aliviadero de superficie, en forma de vertedero, con un desarrollo de 350 metros; desagua éste en un canal de descarga que conduce la corriente por junto á la ladera, dando á la solera de aquél bastante anchura para esparramarla y aminorar por este medio las erosiones. Las aguas se incorporan al río en punto ya muy alejado del pie de la presa, y en forma tal, que nunca serán de temer los desperfectos que puedan producir, ni en la presa ni en la toma del canal del Cinca, que se sitúa en la otra margen. Esto ha exigido realizar alguna excavación, pero se consigue con ella una seguridad completa, aun con las avenidas más extraordinarias.

En la margen izquierda, lejos del vertedero, se establecen los desagües de fondo y tomas, por medio de túneles abiertos en la ladera. Sin ser muy costosa, porque los macizos de roca exigen poca longitud en las perforaciones, constituye esta disposición una solución recomendable por la gran seguridad que proporciona, por permitir al tiempo de la construcción utilizar los túneles para el desvío de la corriente, cuando no se trate de aguas muy abundantes, y porque con ella se pueden adoptar, sin inconveniente, desagües de una gran capacidad.

La coronación tendrá, por el lado de aguas arriba, un robusto pretil que, á la vez que desempeñará el papel de tal, podrá soportar, sin gran inconveniente, un exceso de altura de un metro, por lo menos, sobre el nivel supuesto del embalse, con lo cual la capacidad prevista del vertedero quedaría aumentada en un 66 por 100, sin que el agua llegara á saltar por encima de la coronación de la presa. Es evidente que el empotramiento de ésta, aparte de lo robusto de su sección, resistiría sin dificultad el exceso de elevación del embalse. Por el lado de aguas abajo de la coronación el pretil estará formado por una barandilla de hierro, suficientemente robusta.

La presa será toda ella de mampostería de piedra caliza, procedente de la formación eocena lacustre á que se ha hecho referencia anteriormente. Se había pensado al principio construirla de hormigón, formado con las gravas del cauce del Cinca, adoptando por el lado de aguas arriba una pantalla de hormigón armado de 20 centímetros de espesor. Aconsejaba esta solución el no disponerse de piedra adecuada, pues la del macizo numulítico es quebradiza en extremo, no se presta á preparación ninguna, ni al empleo de mampuestos grandes, y por el gran volumen de mortero que hubiese exigido habría de resultar una fábrica muy cara y de condiciones poco satisfactorias para el objeto á que se destinaba. Los maciños, además de distantes y poco densos, se presentaban en capas delgadas, y las margas son inadecuadas, por completo, para toda fábrica.

Pero estudiada detenidamente esta solución, se ha visto que conduciría á un presupuesto muy elevado. Ante todo, suponién-

do que la piedra de las gravas tenga una densidad media igual á 2,70, y que la del mortero que se emplee sea de 1,56, las fábricas tendrán la de 2,10, á que en el perfil triangular corresponde un talud de aguas abajo con inclinación de 0,952; si empleamos mampostería como la del pantano de La Peña, con piedra también de 2,70 de densidad y una proporción de mortero igual á 35 por 100, la inclinación del talud sería sólo de 0,877, y el volumen de fábrica disminuiría en un 7 y medio por 100, bajando el del mortero, que es el elemento más caro, en un 40 por 100. Esta reducción considerable, y el coste no pequeño de la pantalla, permiten pensar en el empleo de la caliza eocena lacustre que se encuentra á 16 kilómetros de la presa, pues tratándose de un volumen muy grande, cabe el establecimiento de una vía férrea que reduzca los transportes á cifras aceptables, lo que sería imposible conseguir con los medios ordinarios, sobre todo cuando los volúmenes han de ser tan considerables. Esta solución, aparte las garantías que representa el ser igual á la adoptada en el pantano de La Peña con éxito completo (allí la distancia de la cantera es de 3.100 metros tan sólo), hace inútil la construcción de la pantalla, da todo género de garantías en cuanto á la durabilidad de la obra, y aleja el temor, que podría abrigarse recurriendo al hormigón, de que hubiese que transportar de distancias grandes los 70.000 metros cúbicos de gravas que eran necesarios.

Se empleará en todo el cuerpo de la presa la mampostería ciclópea que, si bien requiere un mayor gasto en el arranque, preparación y transporte de los mampuestos, compensado, en parte, con la reducción del volumen de mortero necesario, tiene, en cambio, la ventaja de la gran seguridad que la fábrica ofrece, comparada con cualquiera otra, para construcciones tan delicadas como son las presas de gran altura, en las que cuantas precauciones razonables pueda sugerir la prudencia más exquisita se hallarán justificadas para evitar todo temor, por de pronto y en el transcurso de los siglos, de que la construcción no resista en buenas condiciones el empuje y la acción destructora de las aguas.

Los paramentos se harán de mampostería concertada que, dadas sus dimensiones y la forma en que puede proporcionar los mampuestos la cantera, constituirán una verdadera sillería desbastada, aunque muy tosca. Justifica esta disposición, por una parte, la consideración de que son los paramentos los que, á más de la acción destructora de los agentes atmosféricos sobre los morteros, han de resistir las máximas presiones que en el macizo se desarrollan; y por otra, el deseo de reducir las juntas del paramento de aguas arriba á la menor extensión posible, á fin de prevenirse mejor contra las posibles filtraciones del agua que, empapando el macizo, podrían con el tiempo debilitar la resistencia de los morteros y hasta dar lugar á algunas subpresiones.

Cálculo del perfil de la presa.—Como el más económico, hemos adoptado para perfil de la presa el triangular, indicado por primera vez por el ilustre matemático Castigliano, pero partiendo de la condición propuesta en 1895 por Mr. Lévy, relativa á la presión mínima en el paramento en contacto con el agua. Los cálculos publicados hace algunos años por uno de los autores de esta Memoria, basados también en los estudios del propio Lévy, demuestran que el perfil triangular cuya tangente en el vértice sea igual á $\sqrt{\frac{1}{k-1}}$, siendo k el peso específico de la mampostería empleada, llena en todos los puntos del paramento la condición indicada, y no está sometido en ninguno del perfil á esfuerzos de tracción de ningún género.

La caliza eocena lacustre que debe emplearse tiene una densidad igual á 2,70; suponiendo que la del mortero sea de 1,56

(cifra más bien reducida, sobre todo cuando se halle el macizo algo empapado de agua) y que la proporción de mortero alcance el 35 por 100, la tangente del ángulo del perfil triangular resulta igual á 0,877, que es la adoptada. Teniendo en cuenta que las mamposterías de los paramentos, por ser concertadas, tienen mayor densidad aún que la supuesta, resultará que la compresión en todos los puntos del de aguas arriba, por esta causa y por el hecho de la existencia de la coronación, excederá á la máxima que el agua pueda alcanzar, circunstancia que debe reputarse favorable para alejar el peligro de subpresiones. La compresión máxima absoluta tendrá lugar en el arranque del cimientto, en la parte de aguas arriba, á embalse vacío, llegando á 13,09 kilogramos por centímetro cuadrado, cifra que, dada la naturaleza del mortero que se propone, se sabe que resiste en excelentes condiciones esta clase de mamposterías, pues en alguna se ha llegado recientemente á la de 21,24 y hasta más de 25 kilogramos.

Al realizar los anteriores cálculos se ha supuesto que la presa resistiría, independientemente del empotramiento que tendrá en la ladera y de la resistencia ó cohesión que se desarrolla en las secciones transversales, debida á la que le proporcionan los morteros y la forma en curva de su planta. No cabe duda que podría reducirse el área del perfil si se tuvieran en cuenta estas circunstancias; pero, por una parte, la economía que con ello se obtuviera, dada la incertidumbre en que habrían de basarse los cálculos, no podía ser grande, y por otra, hemos creído que bien podía sacrificarse en aras de la tranquilidad en que deben vivir las poblaciones inferiores, este exceso en la sección, que representa á la vez un exceso de seguridad.

Descripción del embalse.—El embalse seguirá el curso y forma del cauce del Cinca. Su superficie máxima, al enrasar las aguas con el piso de la coronación de la presa, será de 815 hectáreas. El remanso, supuesto horizontal, tendrá una longitud de 8.982 metros y llegará hasta frente al kilómetro 41 de la carretera de Jaca al Grado, alcanzando en algunos puntos un ancho mayor de un kilómetro. La curva que lo limita pasa, sin invadir ninguna, junto á las casas más bajas del pueblo de Mediano donde, para evitar peligros, se construirá un muro de mampostería ordinaria que sirva de resguardo contra toda posible contingencia, y de pretil para evitar el acceso al embalse; la misma curva pasa igualmente cerca de Plampalacios, pero las casas más próximas quedan á 40 metros de distancia, á pesar de lo cual, se establecerá, igualmente, un muro pretil, análogo al de Mediano.

Por lo que se acaba de indicar y en contra de lo que se había pensado, no será necesaria, con la altura aceptada ahora para el máximo embalse, la ocupación del pueblo de Mediano, que quedará por completo fuera del alcance de las aguas.

La capacidad total del pantano hasta el nivel del umbral del vertedero, se eleva á 101.573.900 metros cúbicos; hasta la coronación de la presa cubica el vaso 121 millones. La capacidad útil, considerando como tal la comprendida entre el nivel de la solera del túnel intermedio, en la entrada, y la del umbral del vertedero, es de 101.494.350 metros cúbicos.

Cálculo del volumen de agua que puede perderse por evaporación.—Para el cálculo del agua evaporada utilizaremos la fórmula propuesta por D. Elceario Boix, Inspector que fué del Cuerpo de Ingenieros de Caminos:

$$E = \frac{3}{5} \cdot e \cdot A \cdot \frac{V}{Q} \left[1 - \left(1 - \frac{Q}{V} \right)^{\frac{5}{3}} \right],$$

en que E es el volumen de agua evaporada anualmente; e es el volumen evaporado al día por metro cuadrado; A es el área de

la superficie máxima del embalse; V es el volumen útil del pantano; Q es el gasto derivado diariamente del pantano.

Aplicando los datos de nuestro caso y admitiendo que la evaporación media diaria sea de 5 milímetros (en Huesca, región más seca, la media mensual no ha pasado en cuarenta y un años de 5,9 milímetros) resulta para E el valor de 4 millones de metros cúbicos.

El pantano y la salud pública.—Hubo un tiempo en que por muchos se creía que la existencia de los pantanos artificiales era causa segura de perjuicios para la salud pública. Acaso semejante creencia estuviera basada, más que en una observación atenta de los hechos, en la confusión á que pudiera inducir el nombre de «pantano», que recuerda los terrenos pantanosos en que tan frecuente es el desarrollo del paludismo.

Pero en la actualidad este equipo parece que ya no subsiste, reconociéndose que un embalse de aguas que sin cesar se remuevan y que alcanzan generalmente profundidades de consideración, lo que constituye un pantano artificial, dista mucho de ofrecer los peligros que suelen producir las aguas encharcadas, pero que, de ordinario, no se ofrecen en los lagos naturales, sobre todo en las regiones elevadas. En realidad, si existe algún peligro, se refiere á la posibilidad de que se desarrollen los mosquitos, sin los cuales es imposible la transmisión del paludismo; cuanto contribuya á la propagación de aquellos insectos podrá ser, ciertamente, causa de insalubridad.

En un pantano artificial, en que suelen ser grandes las alterativas del nivel del embalse, es muy sencillo impedir el desarrollo de la vegetación, con lo cual los mosquitos pueden vivir difícilmente. Esta dificultad es tanto mayor cuanto más fría es la comarca en que se halla el embalse y más escarpadas y rocosas las laderas que constituyen el vaso.

Todas estas razones nos inducen á creer que el pantano de Mediano no causará perjuicio alguno á la salud pública, pues no dará origen á que los mosquitos tengan mayor desarrollo que en la actualidad. Si estas previsiones no se verificasen, aunque es casi seguro que así ocurra, queda aún el recurso, empleado con éxito en algún caso, de combatir con medios adecuados el desarrollo de la vegetación del vaso, lo cual no parece difícil, pues aquella, que sólo puede nacer en la parte más alta de las laderas, muere naturalmente, casi siempre, al bajar al nivel del embalse.

Cálculo de la capacidad del aliviadero de superficie.—Se ha dicho anteriormente que el caudal máximo del río Cinca se podía considerar, según los supuestos de que se partiera, variable entre 1.730 y 2.740 metros cúbicos. Para nuestro cálculo hemos admitido la cifra de 3.000 metros cúbicos, bastante amplia para que podamos suponer que en ningún caso quedará agotada la capacidad del aliviadero ni excedido, por tanto, con el embalse el nivel de la coronación de la presa. A aquella cifra corresponde una lámina vertiente igual á 2,50 metros. Para mayor seguridad hemos prescindido del efecto regulador del propio pantano, á pesar de que no dejará de ser considerable.

Pero también hemos hecho notar, más atrás, que nada verdaderamente grave ocurría si este nivel era sobrepujado en un metro y, en tal caso, podría el aliviadero dar paso á un volumen de 3.000 metros por segundo. Inútil es advertir que esta contingencia es por completo improbable, y que el aliviadero, con la capacidad de 3.000 metros cúbicos, para que ha sido calculado, será ampliamente suficiente para las mayores avenidas, sin recurrir siquiera al desagüe de llaves y túnel intermedio que, si hiciera falta, podrían desaguar 483 metros cúbicos más.

En la fórmula empleada para el cálculo del gasto del vertedero, se ha fijado el coeficiente en 0,50, deducido de los experimentos de Rafter, realizados en la Universidad de Cornell, para

casos en que el perfil y la lámina de agua eran próximamente iguales á los que se han supuesto en el nuestro.

En cuanto al canal de descarga, calculado por medio de la fórmula moderna de Bazin, se verá que en todos puntos resulta suficiente para el caudal de 3.000 metros supuesto, quedando un resguardo que se aproxima á 90 centímetros por encima del nivel máximo del agua.

Medios que podrían emplearse para aumentar en lo futuro la capacidad del pantano.—Según los cálculos que en el capítulo precedente se han presentado, la capacidad que se asigna al embalse de Mediano ha de resultar suficiente para atender debidamente á las necesidades que está llamado á satisfacer. Pero no es posible tampoco asegurar que éstas no han de aumentar en un porvenir más ó menos remoto, ó bien que, contra lo que ahora puede preverse, los aterramientos del vaso no hagan necesaria su futura ampliación.

Para atender á estas contingencias cabría emprender el recrecimiento de la presa, levantando y cargando la coronación; pero parece que habría de ser expediente más sencillo y económico el de reducir á un metro, por ejemplo, el espesor de la lámina vertiente, á reserva de alargar suficientemente la longitud del vertedero, cuya capacidad podría complementarse con compuertas automáticas que dejaran libres aberturas situadas en el muro de dicho vertedero al llegar el agua cerca del nivel máximo admisible. De esta suerte, podrían ganarse unos 12 millones de metros cúbicos. Si este aumento no bastase, habría que recurrir al recrecimiento de la presa.

Puente sobre el canal del aliviadero.—El camino de herradura que cruza actualmente el pantano por el puente del Diablo necesita ser desviado por encima de la presa. El servicio de las tomas y desagües y la toma del canal del Cinca requieren, igualmente, el cruce del canal de descarga del aliviadero que, cuando el embalse esté lleno, no será practicable. La mejor solución consiste en tender sobre dicho canal un puente, el cual, es de hormigón armado, en forma de arco, de 40 metros de luz y cuatro de flecha; de esta suerte, sin necesidad de pilas que se opongan al paso de la corriente, y de un modo económico, podrá establecerse el camino á continuación de la presa, y después, del otro lado del canal, por la ladera derecha, hasta enlazarlo con la carretera que debe unir el pantano con la de Jaca al Grado.

Descripción de los desagües de fondo.—Los desagües de fondo son dos, abiertos en túnel al través de la ladera de la margen izquierda. El más profundo, de una longitud igual á 98 metros, tendrá la entrada á la cota de 452,50 metros sobre el nivel del mar, 47,50 metros por debajo de la coronación de la presa; su solera acusa una pendiente de 0,005. El segundo, que á la vez servirá como toma de aguas, tendrá la entrada á la cota de 456 metros y una pendiente de 0,008. Las secciones transversales, de formas redondeadas, que se acercan á las de la elipse, llevan revestimiento de hormigón, de grandísima resistencia, con las superficies enlucidas; el túnel inferior tiene 6 metros de anchura y 3,80 metros de alto, con un área de 18,07 metros cuadrados; el túnel intermedio tiene 3,52 metros de altura y 5 metros de ancho, con un área de 14,40 metros cuadrados.

Las plantas de estos túneles, con las entradas en curva de gran radio y el resto en recta, están dispuestas de suerte que las cámaras para alojamiento de los cierres y mecanismos tengan sus ejes verticales bastantes separados; además, tanto los túneles indicados, como los pozos verticales y una galería de acceso que los une, se hallan en todas partes suficientemente separados de la superficie para que las paredes ofrezcan la resistencia necesaria y que, en la parte próxima al embalse, después de los cierres, no se hayan de temer filtraciones al través de la roca.

El túnel inferior desemboca en el cauce del río, en forma tal, que la corriente no podrá causar desperfectos en ninguna parte; el intermedio ha de funcionar, á la vez, como desagüe de fondo y toma de aguas, por lo cual se ha dado á su desembocadura una disposición especial que permitirá derivar el caudal de agua necesario por la toma del canal del Cinca, situada en la contigüidad, y suministrar el río, por medio de un vertedero lateral, el que exijan los aprovechamientos inferiores. Creemos que la solución ideada resulta muy satisfactoria al par que sencilla, pues ella permite utilizar como toma el desagüe intermedio, fácilmente manejable con todas las alturas del embalse, sin necesidad de recurrir á una nueva presa de derivación que, aparte el mayor coste, ofrecería el inconveniente de los depósitos que provocaría, difíciles aquí de evacuar, porque estarían principalmente constituidos por cantos rodados.

(Continuará.)

Abastecimiento de aguas de Barcelona ⁽¹⁾

(Continuación.)

Tuberías de impulsión.—Teóricamente, por un tubo de cualquier diámetro puede impulsarse un volumen cualquiera de agua, siempre que la máquina elevatoria desarrolle esfuerzo suficiente para ello. En la práctica esa capacidad está limitada por la resistencia de las paredes del tubo á la presión anterior por la conveniencia de no exagerar las resistencias pasivas debidas al rozamiento del agua, absorbiendo estérilmente una gran parte del trabajo de las máquinas, y por la necesidad de no dar excesiva velocidad á los filetes líquidos para precaverse contra la acción destructora de los golpes de ariete. En tal concepto, la velocidad del agua dentro de las tuberías no debe exceder nunca de 3 metros por segundo, y de 2 metros en las de gran diámetro.

Aun suponiéndola reducida á un metro por segundo, las dos tuberías de 600 y 350 milímetros de diámetro, de la estación del Besós, pueden dar paso á un volumen diario de 25.000 y 8.300 metros cúbicos, respectivamente, ó 33.300, reunidos, superior en 3.300 al caudal concedido, quedando todavía como de repuesto la auxiliar de 175 milímetros. El trabajo teórico necesario para elevar 100 metros cúbicos de volumen de agua, es decir, para aspirarla de los pozos é impulsarla al acueducto de Dos Ríos, es de 513 caballos, mientras la potencia total de la estación está representada por las siguientes cifras:

	Caballos.
Primer grupo elevatorio.....	150
Segundo — —	500
Tercer — —	500
TOTAL....	1.150

Así, pues, por grande que se suponga la resistencia al paso del agua por las tuberías de aspiración y de impulsión, y la absorbida por los órganos de las máquinas, el exceso de potencia de éstas, aun dejando en reposo el grupo núm. 1, es evidente, confirmandose las consideraciones anteriores.

En la estación nueva de Cornellá, los 10 400 metros cúbicos elevados al depósito de San Pedro Mártir, á la altura total de aspiración é impulsión de 310 metros, á la velocidad de un metro

por segundo, representan un trabajo teórico de 496 caballos, de 75 kilográmetros. Los 31.300 elevados al depósito de Esplugas, con una carrera vertical de 110 metros, representan 531; en conjunto 1.027. Pero la potencia de los dos grupos elevatorios es de 1.500, poniéndose así de manifiesto la capacidad de tuberías y máquinas sin necesidad de entrar en el cálculo detallado de las resistencias pasivas. Conviene advertir á mayor abundamiento, que los dos grupos elevatorios no pueden trabajar simultáneamente de modo continuo, á su máximo de capacidad. De hacerlo así elevarían 41.700 metros cúbicos por día, en vez de los 33.000 autorizados, y que la bomba eléctrica de tracción puede proporcionar.

La tubería de 0,50 metros de elevación, desde la estación antigua de Cornellá al depósito del mismo nombre, es insuficiente para dar paso á los 30.000 metros cúbicos ofrecidos, á la velocidad de un metro por segundo, que sólo produciría 17.000 aproximadamente. Para alcanzar el volumen total, el agua debería impulsarse con presión suficiente á obtener la velocidad de 1,76 metros, límite todavía aceptable. Aun en estas condiciones, la potencia teórica absorbida para una elevación total de 60 metros sería de 276 caballos, muy inferior á la de 650 de las máquinas elevatorias. Ya se ha dicho que en la actualidad esta estación no eleva, por lo limitado del consumo, sino 7.000 metros cúbicos por día.

Consideraciones análogas demostrarían la suficiencia de las tuberías de impulsión de las estaciones auxiliares, no establecidas en los pozos de toma. Su menor importancia exime de entrar en detalles que harían difuso este dictamen.

Depósitos.—La capacidad total de los doce depósitos, establecidos en Barcelona por las Compañías abastecedoras, es de 46.150 metros cúbicos. Este volumen representa, para los 60.000 metros cúbicos del consumo ordinario actual, una reserva de dieciocho hofas.

Para los 81.000 que las Compañías pueden suministrar con sus actuales medios, trece horas y media.

Para los 142.560 de sus concesiones firmes, ocho horas.

Para los 195.960 resultantes de legalizarse la concesión de 1905, cinco horas y media.

Si se tratara de un depósito único, alimentado por una conducción, también única, de gran longitud, la capacidad anterior sería á todas luces insuficiente. Una avería importante, cuya reparación exigiera varios días, pondría en grave situación á la ciudad. La multiplicidad de los depósitos y su comunicación, que permite se sustituyan unos á otros, y llevar á las tuberías de distribución agua de procedencias diferentes, aminora el peligro hasta casi anularlo.

Por eso, los depósitos actuales, aun debiendo su origen á las ampliaciones no siempre previstas de las obras, constituyen una solución aceptable del problema. De todos modos, al ponerse en explotación la totalidad de las concesiones, debería construirse algún nuevo depósito, ó ampliarse alguno ó algunos de los existentes. También sería útil establecer uno al extremo de llegada del acueducto del Vallés, cuyas aguas pasan directamente á las tuberías sin masa intermedia amortiguadora de las oscilaciones de la aportación y del consumo.

Redes de distribución.—Difícil es fijar la capacidad de una red, sin un estudio minucioso y detenido, que sale de los límites en que la Asesoría ha de hacer sus investigaciones. En esa capacidad influyen muchos factores diferentes: diámetro de las tuberías; distancia y altura de los depósitos alimentadores; caudal suministrado en la extremidad de los ramales y en ruta; distribución del consumo por servicios y á diversas horas; enlace de unas con otras tuberías, y sistema adoptado para la venta del agua. Ya se ha

(1) Véase el número 1.950.