

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.

LAS OBRAS DE RIEGO EN LOS ESTADOS UNIDOS

POR

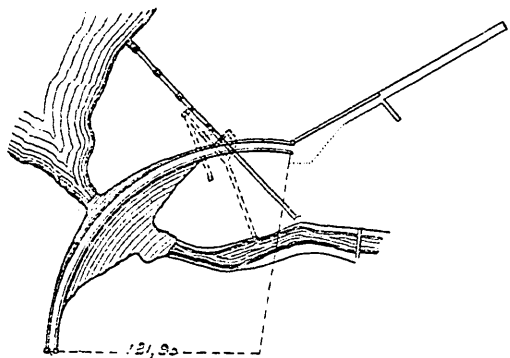
DON JOSE NICOLAU

Y

DON NARCISO PUIG DE LA BELLACASA

(CONTINUACION)

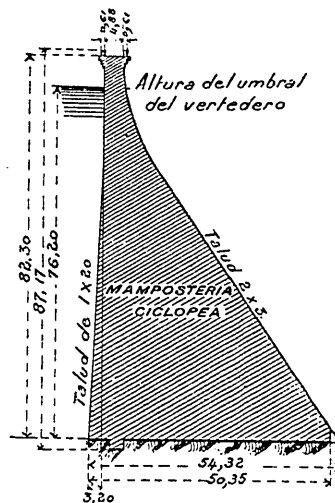
Pero ninguna de estas disposiciones por sí solas pueden proporcionar las ventajas que las plantas curvas representan. Aun cuando es innegable que tratándose de presas de arco de mucha altura y desarrollo la rigidez del macizo dificultará la transmisión íntegra á las laderas de los esfuerzos á que el empuje del agua dé lugar, no es por eso menos cierto que siempre, en mayor ó menor grado, existirá alguna transmisión que no dejará de contribuir á afianzar la estabilidad de la obra, de oponerse á la producción de grietas de temperatura, y que cooperará á que se cierren las que hubiesen podido presentarse. La forma curva se opondrá igualmente en muchos casos á la caída ó deslizamiento sobre la base de una sección de la presa, según ocurrió en la citada de Austin.



Planta de la presa de Cheesman.

En las figuras adjuntas aparecen las plantas y secciones de las que cierran ó han de cerrar las gargantas de Cheesman, Pathfinder, Roosevelt y Shoshone, todas de mampostería ciclópea, menos la última, que será de hormigón, con grandes bloques embebidos en la masa, y que llamará la atención por su extraordinaria altura de 94 metros desde el fondo del cimiento hasta lo alto del pretil de la corona-

ción; lo que constituye ciertamente, no obstante lo estrecho del desfiladero y la excelente calidad del granito que constituye su fondo y cantilados laterales, una de las empresas más atrevidas de la ingeniería moderna.

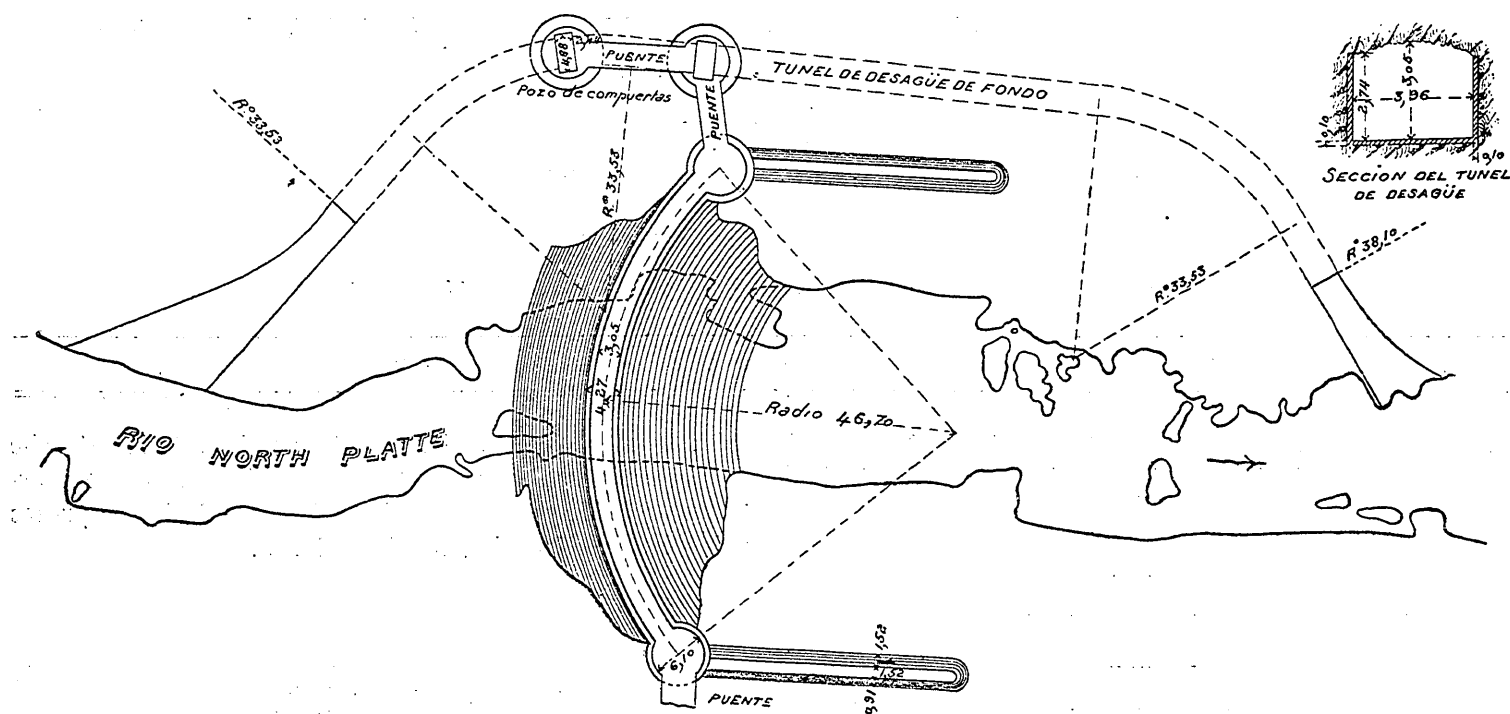


Sección transversal de la presa de Cheesman.

Al proyectar estas ingentes estructuras, no se ha retrocedido ante la idea de tener que admitir para las fábricas cargas muy elevadas que aún parecen demasiado pequeñas á algunos especialistas, si bien nosotros hemos de hacer observar que las presiones máximas no han sido correctamente calculadas en ningún caso, y que las que se deducen teniendo en cuenta la dirección verdadera de dichas presiones máximas son muy superiores á las expuestas. Según anunció por primera vez Rankine, y ha demostrado matemáticamente después Mr. M. Levy, la presión máxima en los paramentos se ejerce siempre según la dirección de éstos, y, por lo tanto, sólo en el caso de ser verticales será vertical dicha presión. Y como este teorema es rigurosamente exacto, pues no se basa en hipótesis alguna, fuera de la de la homogeneidad del macizo, es claro que al aceptar los Ingenieros norteamericanos como valor de la presión máxima en los paramentos de aguas abajo de las presas la que se ejerce, según la vertical, sobre hiladas horizontales, calculada por el método de Delocre, han cometido un error, por defecto, representado por el cuadrado de la tangente del ángulo que forme el paramento con dicha vertical multiplicado por el valor de la presión, obtenido por el método citado. Así, en el caso de las presas de Cheesman y nueva de

Croton, las presiones, en vez de ser, como se ha supuesto, de 14 y 16 kilogramos por centímetro cuadrado, llegan en realidad á 21 y 24 respectivamente, admitiendo como bueno el cálculo de las primeras cifras. Igualmente en la presa de

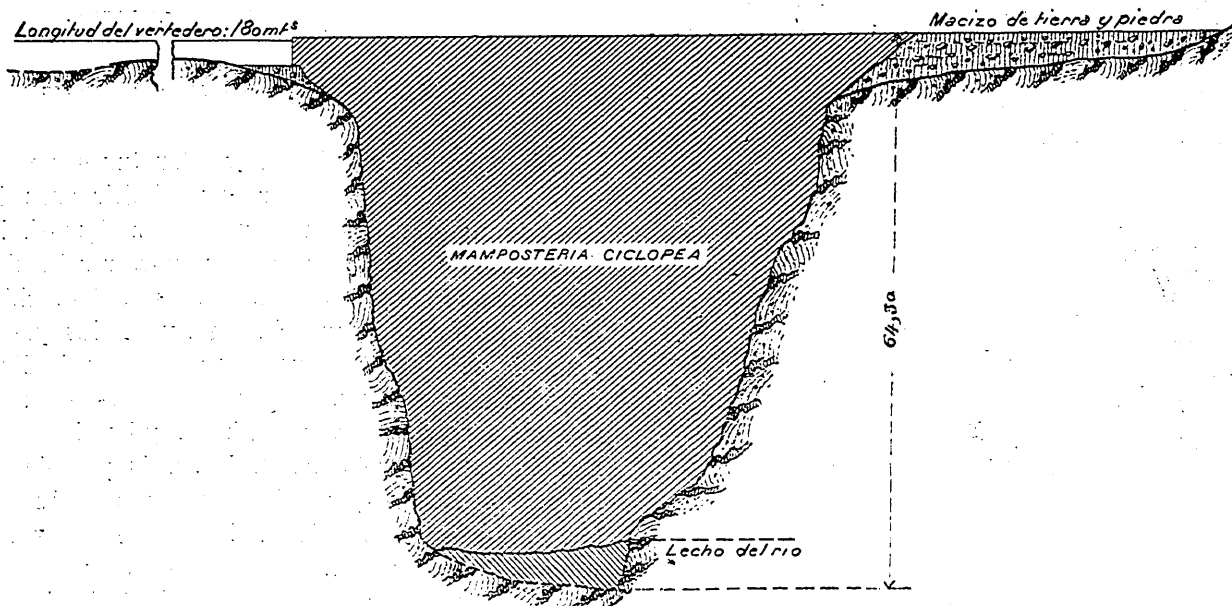
derivarse, no obstante las observaciones que sobre el particular han hecho últimamente los Ingenieros Wegmann y Gowen ante la Asociación de Ingenieros civiles. Así, por ejemplo, no se explica que la presa de Roosevelt se haya



Planta de la presa de Pathfinder.

Roosevelt excederá de 25 kilogramos por centímetro la presión en el ángulo que en el extremo inferior del paramento de aguas abajo forma la superficie general con el escalón vertical con que se termina dicho paramento, en vez de los 17,55 kilogramos que se deducen de los cálculos que Mr. A. P. Davies verificó para la presa de 75,30 metros de altura, primeramente proyectada.

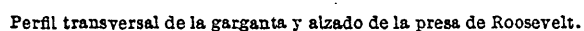
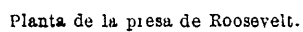
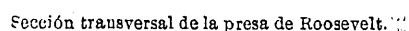
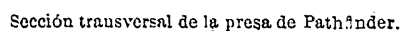
terminado con un escalón vertical el extremo inferior del paramento de aguas abajo, adoptando una disposición, viciosa en sí, empleada antes en la presa nueva de Croton, y que en manera alguna puede considerarse aceptable, pues, por una parte, tiende á aumentar el peligro de las subpresiones en el paramento de aguas arriba, y, por otra, quita á la presa el apoyo en que ha de descansar, precisamente



Perfil transversal de la garganta y alzado de la presa de Pathfinder

No puede por menos de llamar la atención al considerar este interesantísimo extremo relativo al cálculo del perfil de las presas; que del hecho indefectible de ser paralela á los paramentos en las proximidades de éstos, las presiones que en los macizos se desarrollan, no hayan deducido los norteamericanos las consecuencias que lógicamente deben

donde es mayor la presión, dando origen á lo que antes se llamaba un empuje al vacío, enteramente análogo al que ejercía una bóveda que dejara de apoyarse en una parte del plano de arranque del lado del intradós, aumentando la presión en la restante. Por igual motivo creemos que tampoco debe recomendarse la disposición en el paramento de



1.° Presas homogéneas de tierra, análogas á las antiguas del continente europeo, en las que aquélla es lo suficientemente impermeable para que pueda lograrse la debida resistencia sin llegar á espesores considerables.

2.° Presas formadas por materiales dispuestos de suerte que los más impermeables se hallen hacia el talud interior, dejando los más coherentes y permeables hacia el lado externo.

3.° Presas formadas del mismo modo que las del tipo anterior, pero con la zona impermeable colocada en la parte central.

4.° Presas de tierra con núcleo impermeable, constituido por la pantalla formada por un muro de materiales arcillosos naturales ú obtenidos mezclando y apisonando arcilla, arena y gravilla.

5.° Presas con núcleo impermeable constituido por un muro de mampostería ú hormigón.

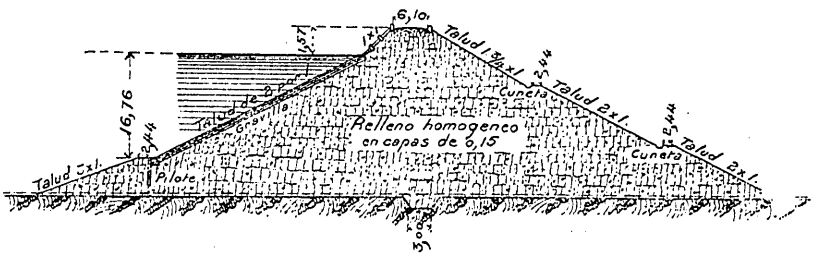
Los tipos de presas enumerados pueden esencialmente reducirse á dos: los que consiguen la impermeabilidad y resistencia, bien sencillamente por las condiciones de la tierra, con la que se forma el macizo homogéneo, ó bien combinando tierras de distinta procedencia, colocadas de modo que queden convenientemente distribuidos los materiales impermeables y los resistentes, y los que tienen una pantalla permeable dentro de la presa, que corresponden al llamado tipo inglés. Examinaremos las secciones transversales de varias obras comprendidas en las agrupaciones citadas, que han sido construídas durante estos últimos años en los Estados Unidos.

Presas sin pantalla impermeable.—Entre las presas que actualmente está construyendo el Servicio federal de obras de riego, corresponde al tipo de las homogéneas la del embalse de Belle Fourche, en Dakota del Sur, donde se conseguirá almacenar 250 millones de metros cúbicos de agua, conducida desde el río Belle Fourche por un canal alimentador, mediante una presa de 1.980 metros de longitud y altura máxima de 35. La circunstancia de estar constituido el terreno, en una gran extensión alrededor de la presa, exclusivamente por tierras arcillosas con una pequeña cantidad de arena, ha obligado á proyectarla como un macizo homogéneo; y aunque el exceso de arcilla suele ser en general perjudicial, porque con facilidad se producen agrietamientos, esto es menos de temer en climas fríos y no demasiado secos, como es el del lugar en el que se construye esta obra. Su sección es la que aparece en la figura adjunta.

El talud del lado interior es menos tendido que en la mayoría de las presas de tierra, pero se ha creído suficiente, dado el material de que está formada; quedará protegido contra el oleaje y hielos por losas de hormigón de 1,20 por 1,80 metros y 20 centímetros de grueso, con las juntas sin tomar, que descansarán sobre dos capas, cada una de 30 centímetros de espesor, de grava y gravilla, que producirán el efecto de drenes. En el talud exterior se dejan bermas con cunetas destinadas á evitar degradaciones producidas por las aguas de lluvia, sin perjuicio de sembrarlo de hierba, para darle mayor consistencia.

Cuando los terrenos que se hallan en las proximidades de la obra ofrecen materiales de diversas clases, suelen, en las presas de alguna importancia, colocarse los más impermeables en la zona próxima al talud interno. Éste se reviste con frecuencia de piedra en seco, ó por otro medio, para defenderlo del oleaje y demás causas de erosión, y el relleno se forma, bien colocando directamente los materiales de

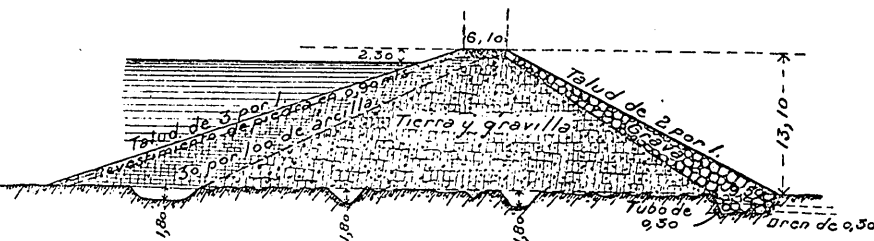
las diversas procedencias de suerte que queden los más impermeables contiguos al talud interno, ó bien, cuando las tierras no se presten á esta clasificación, mezclándolos previamente, en las proporciones convenientes, para que los más impermeables estén contiguos al referido talud y vayan siendo cada vez más gruesos y consistentes á medida que se



Sección transversal de la presa de Belle Fourche.

encuentren más distantes de la superficie que ha de bañar el agua. En el talud exterior y sus proximidades suele el macizo estar formado exclusivamente por grava y piedra, que lo protegen contra las socavaciones de las lluvias é influencias atmosféricas, evitando además que los animales minadores puedan perforar el macizo, pues aquéllos detienen sus excavaciones cuando no se sostiene la galería que van formando.

En las obras que actualmente construye el Gobierno federal hay muchas presas de esta clase, entre las que citaremos algunas, acompañando las correspondientes secciones.

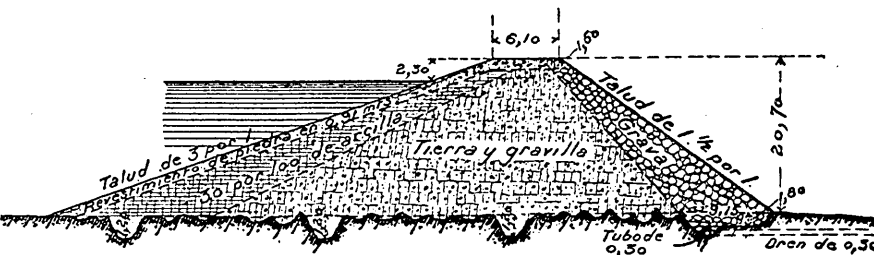


Sección transversal de la presa superior de Deer Flat.

Para cerrar el embalse llamado Deer Flat, de 233 millones de metros cúbicos, que se formará con aguas llevadas por medio de un canal desde el río Boise, en Idaho, se están construyendo dos presas de tierra, denominadas superior é inferior de Deer Flat, aquélla por administración y ésta por contrata.

La primera, que tendrá una altura máxima de 21 metros y una longitud de 123, se ha proyectado con la sección que indica la figura.

De sección análoga es la presa, ya casi terminada al



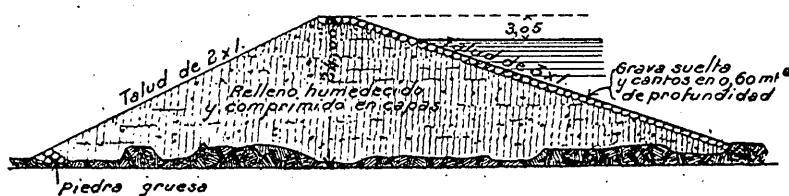
Sección transversal de la presa inferior de Deer Flat.

tiempo de nuestra visita, ejecutada por contrata, cuya máxima altura es de 13,70 metros, y su longitud de 219.

En ambas presas se preparó la base después de quitar las raíces y maleza, formando surcos con el arado y dejando zanjias, con objeto de unir bien los macizos con el terreno natural. Además, en la parte posterior, y á 1,80 metros de

profundidad, se ha colocado un tubo de drenaje, de gres esmaltado, con juntas en seco, recubierto de grava y piedra; que recogerá las filtraciones que pudieran producirse en la base, á las que se dará salida por un tubo análogo con juntas tomadas con cemento. Como expresan los dibujos, se emplea tierra muy arcillosa en la parte próxima al talud interior, y se van colocando materiales cada vez más abundantes en arena y grava, según va el relleno, hecho por tongadas de 15 á 20 centímetros, extendiéndose hacia el exterior. El revestimiento de piedra del talud interno y el de grava, que en espesor considerable se tiende sobre el exterior, tienen por objeto, como ya se ha dicho, defenderlos de las erosiones producidas por las lluvias, fríos, oleaje, etc., y detener la acción de los animales minadores.

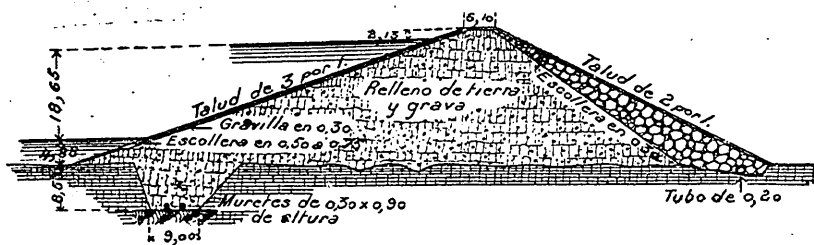
Otra presa importante es la del embalse de Willow Creek, que cierra uno de los que van á formarse en Montana para aprovechar las aguas del río Sun, con una altura máxima de 23 metros, y la sección que representa la figura.



Sección transversal de la presa de Willow Creek.

El relleno estará formado por el terreno superficial, mezclado con grava, constituida por arena gruesa y guijo con cantos. Ambos taludes estarán formados por grava y el pie del exterior con cantos de más de 28 decímetros cúbicos. El relleno consistirá en una mezcla de grava y tierra, en la que la proporción de aquella aumentará desde el 25 por 100, en la parte próxima al talud interior, hasta formar la totalidad al llegar al paramento externo.

La presa más alta de este tipo, entre las que hemos visto en construcción, es la llamada de Cold Springs, en Oregon, comenzada en Mayo de 1907 y destinada á embalsar las aguas que un canal deriva del río Umatilla, tributario del Columbia. Tiene unos 900 metros de longitud y 27 de altura máxima, siendo su sección la que aparece en la figura.



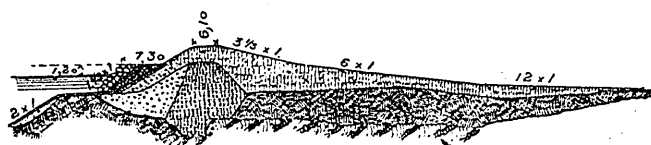
Sección transversal de la presa Cold Springs.

El relleno se ha formado con una mezcla de tierra y grava, de condiciones análogas á las citadas al ocuparnos de la presa de Willow Creek. La zanja profunda y las más superficiales que se han practicado para impedir filtraciones en la unión de la presa con el terreno, se rellenaron con una mezcla formada por partes iguales de tierra y grava. En las capas ó tongadas del relleno se mezclaban los materiales en las proporciones citadas anteriormente, para la parte próxima al talud interior, pero se iba aumentando progresivamente la cantidad de grava hasta llegar al exterior en el que sólo existe este último material. De esta suerte se ha procurado utilizar del modo más eficiente los materiales

disponibles, que no parecían reunir las mejores condiciones.

Los que forman el núcleo impermeable se colocan en ocasiones en la parte central del macizo, especialmente cuando están constituidos por partículas arcillosas muy tenues, pues en este caso hay que evitar que puedan ser arrastradas por dilución. Conviene á este efecto alejar la masa arcillosa del talud interno, en contacto directo con las aguas del embalse, sin aproximarla demasiado al externo, á fin de que, si se inicia una filtración á través de la arcilla, no arrastre las tenues partículas consigo, sino que éstas queden detenidas por las tierras que se hallen interpuestas entre el núcleo arcilloso y el talud exterior.

La colocación del macizo impermeable en la parte central de la presa es frecuente en las construidas por el procedimiento hidráulico, porque tal sistema permite separar fácilmente la arcilla de las demás sustancias, y formar con dicho elemento, el más impermeable de todos, la parte de macizo destinada á cerrar el paso de las aguas. Sin embargo, hay también algunas presas construidas por el procedimiento ordinario en las que se ha colocado la zona impermeable en su parte central, pudiendo citar á este efecto la construida en el año 1905 por el Ingeniero americano Mr. F. P. Stearns, para cerrar uno de los collados del embalse de Wachusett, destinado al abastecimiento de aguas de Boston. Tiene dicha obra unos 900 metros de longitud y una altura máxima hasta la coronación de 18 metros; el terreno que hubo que excavar para efectuar la cimentación y quitar la capa superficial en la zona del embalse, pudo aprovecharse para la construcción del macizo de la presa, eligiendo la tierra exenta de raíces y de piedras de más de 13



Sección transversal de la presa al Sur del embalse de Wachusett.

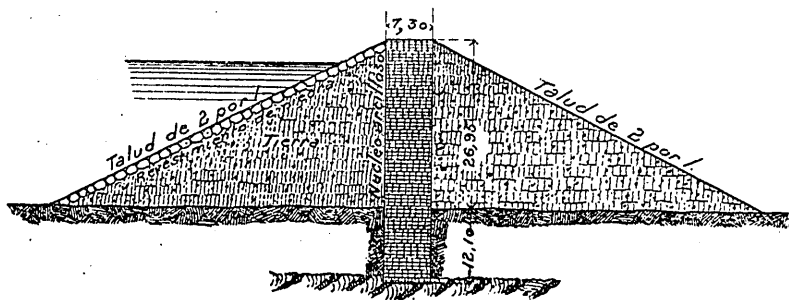
centímetros de dimensión máxima, para formar con ella la parte central ó núcleo. Como expresa la sección, en el talud interior se colocó la grava que se obtuvo de las excavaciones, y detrás del núcleo las tierras restantes, cuya única misión se reduce á contribuir á la estabilidad del macizo.

Presas con pantalla.—El empleo de núcleos ó tabiques de arcilla apisonada ó de fábrica, que colocados en el sentido del eje de la presa formen una pantalla impermeable, es ya antiguo en Inglaterra y en los Estados Unidos, y sus partidarios creen que deben adoptarse en todas las de alguna importancia. Opinan, en efecto, que aun cuando no serían necesarios si la ejecución se llevase á cabo con toda la perfección apetecible, como los macizos de las presas se hacen ordinariamente por los braceros menos hábiles, conviene asegurar su impermeabilidad empleando dicho medio. La mayoría de los Ingenieros americanos prefiere hoy día el tabique formado por un muro de fábrica ú hormigón á los núcleos de arcilla apisonada («puddle») que antes se empleaban en las presas de tierra inglesas y de los Estados Unidos, pues aun cuando resultan generalmente más caros, ofrecen varias ventajas, entre las que figuran: que no pueden perforarlos los animales minadores; si el agua penetra por una grieta, ésta no aumenta de tamaño por dilución de sus paredes; permiten el desagüe por galería dentro del macizo de la presa estableciendo una unión impermeable, muy difícil de conseguir cuando no existe el muro, entre la

obra de desagüe y las tierras; y, por último, dan mayor resistencia en el caso, no imposible, de que el agua del embalse salte por encima de la coronación.

Los que no son partidarios de los tabiques entienden que introduciendo éstos un elemento extraño en el centro de la presa, la dividen en dos partes independientes, destruyendo la homogeneidad y el enlace que conviene tengan las que constituyen el macizo. Observan, además, que el muro tiene que ser relativamente delgado, para que no resulte de exagerado coste y, por consiguiente, difícil de construir bien, estando además expuesto á romperse por efecto de los asientos desiguales de las tierras, que le empujan por ambos paramentos.

Los núcleos de tierras apisonadas formados por arcillas puras ó por la mezcla de arcilla, arena y gravilla, aun cuando tienen espesores más considerables, resultan más económi-

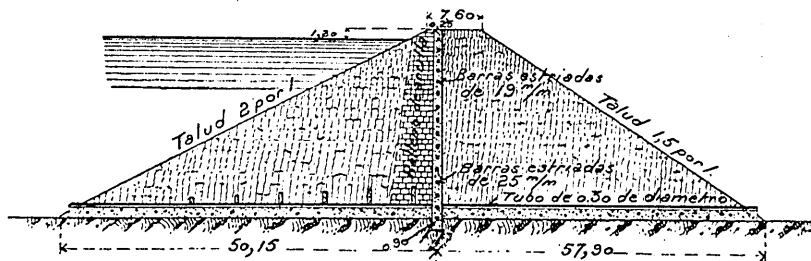


Sección transversal de la presa de Pilarcitos.

cos, en general, que los de fábrica, y podrán tener aplicación en ciertos casos. Se hacen con paramentos verticales ó en talud, y deben quedar de 30 á 60 centímetros por debajo de la coronación; se les ha dado en muchos casos una anchura comprendida entre el $\frac{1}{4}$ y el $\frac{1}{3}$ de la altura del agua embalsada. Citaremos como ejemplo la presa de Pilarcitos, que tiene 195 metros de longitud y 29 de altura sobre el terreno natural, destinado á formar uno de los embalses que hace varios años se construyeron para el abastecimiento de San Francisco. Su sección es la que figura en el dibujo; la pantalla tiene el espesor constante de 7,30 metros.

Citaremos también la presa de Dixville, New Hampshire; construída recientemente, de 23,20 metros de altura y 152,50 de longitud; en ella, el tabique de hormigón armado, de 25 centímetros de espesor en la coronación y 90 en la base, se apoya sobre tablestacas de acero, con unión lateral impermeable, indicadas en el fondo de la zanja abierta para

cimiento, en un terreno formado por una mezcla de arcilla y grava, con bolsadas de este último material. Las tablestacas alcanzan profundidades variables entre 3 y 9,60 metros. El dibujo adjunto indica la disposición general: el tabique,

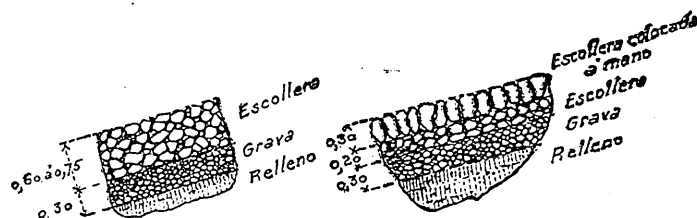


Sección transversal de la presa de Dixville.

construido con hormigón compuesto de una parte de cemento para tres de arena y cuatro de grava, va reforzado con cuadrillos de acero, estriados transversalmente («corrugated bars»), cuyas dimensiones varían entre 13 y 25 milímetros de lado, enlazados por alambre grueso, también de acero.

Revestimiento del talud interior.—En las presas de tierra es muy frecuente revestir el talud interior para defenderle de las influencias atmosféricas, la acción del oleaje y las perforaciones de los animales minadores.

Los revestimientos más frecuentes corresponden á los dos tipos citados al ocuparnos de los pliegos de condiciones del Servicio federal de obras de riego, é indicados al representar las secciones de presas. Su detalle es el del dibujo adjunto.



Revestimientos en el talud interior de las presas.

Disposiciones análogas se han adoptado en la mayoría de los casos para las presas construídas por empresas particulares.

(Continuará.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Colocación de tuberías en los puentes colgados.

Las travesías con sifones de los ríos de gran anchura son muy costosas. Para sustraer á los tubos de los golpes de ancla de los barcos, es indispensable introducirlos en el terreno, haciendo dragados que ofrecen grandes dificultades. Si se quiere, y este es el caso que ocurre con las tuberías de gas, regular las pendientes de la tubería, es preciso montar y poner en obra el sifón en una sola pieza, ó por lo menos descomponerle en un pequeño número de grandes elementos rígidos que se puedan enlazar haciendo uso de buzos. La operación de hacer descender el tubo al fondo de un río es igualmente muy delicada; las reparaciones en él evidentemente son difíciles, y, por último, el sa-

car por medio de bombas las aguas de condensación cuando se emplean los tubos para conducir gas resultan casi imposibles cuando la profundidad pasa de 8 metros por debajo del nivel de las más altas aguas. En el caso de las rías se une á todo esto la acción del agua salada, que obliga á tomar precauciones especiales contra los efectos de aquella sobre el metal.

El establecimiento, para dar paso á la tubería, de una pasarela ó de un sistema de suspensión por cables es no menos costoso, aparte de las precauciones que es preciso tomar para realizar la travesía por encima de la corriente.

Todas estas razones obligan muchas veces á pensar en el establecimiento de las tuberías sobre los tableros de un puente colgado cuando no existen obras de hierro ó de fábrica.