

sin perjuicio de tercero es preciso indemnizar á los regantes aguas abajo de donde se hace la derivacion y á los dueños de molinos ó fábricas, si se les quita parte del agua necesaria para mover los artefactos, y este es el caso general, porque nuestros rios van muy secos en verano, época en que por otra parte hacen más falta las aguas para el riego. Dado el gran número de aceñas que hay en los arroyos y el no despreciable de fábricas de harinas y otras clases que se encuentran en los rios, especialmente en las zonas productoras de cereales, resulta la necesidad de indemnizar á los dueños de estos artefactos.

Unase á esto que en tésis general, y salvo raras y honrosas excepciones, todo propietario que desea ser indemnizado en nuestro país por una empresa industrial, exige siempre una cantidad exorbitante y mantiene el aforismo de que una indemnizacion equivale á una fortuna, y se comprenderá la gran dificultad con que luchan en España las compañías que desean establecer canales de riego de alguna importancia.

A más de esto hay poblaciones en el curso de los rios que se oponen á que se sangren estas aguas arriba para fertilizar los campos, porque aducen, con más ó menos visos de razon, que esto les perjudicaria bajo el aspecto de la navegacion del rio. No de otra suerte viene oponiéndose una ciudad importante del mediodía de España, situada en las márgenes de un caudaloso rio á que se aproveche éste en gran escala para el riego de la cuenca superior, sin ver que una comarca regada mantiene una vegetacion mayor y un suelo más mullido que absorbe las aguas de las grandes lluvias é impide parcialmente los malos efectos de las crecidas é inundaciones, que son tan frecuentes como peligrosas para las poblaciones situadas en las orillas de las vías fluviales, toda vez que el agua de la cuenca, sea de regadío ó de secano y que no se pierde por evaporacion ó filtracion inmediata, va al lecho del rio, haya ó no haya riegos.

Al tratar de la parte legislativa insistiremos sobre estos puntos, limitándonos por ahora á las consideraciones anteriores que estimamos oportunas en este sitio.

CANAL PRINCIPAL. Pasemos ya al estudio de un canal de alguna importancia para regar una gran extension de terreno. Dijimos, atendiendo tan sólo al movimiento del agua, que habia cuatro clases de canales (pág. 22), á saber: 1.ª Canales principales. 2.ª Canales secundarios ó acéquias. 3.ª Canales de desagüe ó aliviaderos. 4.ª Escorrederos ó azarbes, é indicábamos sus servicios.

El canal principal se establece con un sistema de obras de arte que esencialmente son la presa para formar un remanso de agua, cuya altura se utiliza al par que el depósito formado y las compuertas para regular la entrada del líquido en el canal. Comprende dos partes distintas: la una es el trozo entre las compuertas y el terreno que se va á regar, llamada canal de conduccion, y la otra, que podemos designar con el nombre de canal de distribucion, es la situada sobre el terreno regado. En esta última es donde vienen los acometimientos de las acéquias, y por tanto la seccion del canal principal disminuye á medida que aumenta el número de éstas.

La longitud del canal de conduccion es tanto mayor cuanto más suave es la pendiente del rio, y depende tambien de la forma general del terreno que se va á regar. Aumenta cuanto menor sea el estiage del rio, con objeto de bajar todo lo posible la toma de aguas y aprovechar la mayor cantidad de éstas.

Nos limitamos exclusivamente á canales de riego, sin decir nada de los que están destinados á la navegacion al mismo tiempo que al riego. Sólo diremos que aquéllos procuran ir por las laderas para ganar altura y regar la mayor extension posible de terreno, mien-

tras que éstos van generalmente por los fondos de los valles, para evitar en lo posible las pérdidas de agua y las rupturas que pudiera haber en sus diques, sobre todo cuando son exclusivamente de navegacion, pues en los dedicados á ambos usos hay que tener en cuenta estas dos circunstancias propias de su servicio.

Respecto de las acéquias, aliviaderos y escorrederos, hemos hecho ya las indicaciones convenientes en el capítulo II, completadas con lo dicho en el VII sobre la manera de hacer los riegos. Las obras de fábrica se comprenderán fácilmente en otro lugar de este tratado, y no difieren esencialmente de las análogas de los canales principales, siendo más fáciles y pequeñas que éstas.

COMPUERTAS. La toma de agua de un canal de riego en un rio ó en un arroyo se hace algunas veces por simple derivacion; es un nuevo brazo que se une al tronco principal; pero cuando se quiere derivar la totalidad de un curso de agua ó elevar su nivel para alcanzar á terrenos mal elevados, es necesario establecer una presa aguas abajo de la entrada de la reguera ó del canal de toma de agua. Las obras de toma de agua propiamente dichas son poco más ó menos las mismas en los dos casos. Las describiremos primero, y en seguida indicaremos la forma de establecimiento de las mismas presas.

La introduccion del agua en el canal de derivacion puede tener lugar sin ninguna obra especial, ó bien por medio de un vertedero, un acueducto cubierto que atraviese los diques del rio, ó en fin, por medio de compuertas ú otros medios análogos.

Los canales que comunican libremente con los rios ó arroyos están expuestos, como las corrientes de agua naturales, á todos los inconvenientes de inundaciones y frecuentes formaciones de bancos de arena. Esta forma de toma de agua no conviene, pues, sino para regueras muy pequeñas, que se pueden cerrar con césped en ciertas circunstancias excepcionales. Se debe, pues, procurar siempre el medio de regularizar y suprimir cuando sea necesario la entrada del agua en el canal de riego. Esto se consigue con una de las disposiciones siguientes:

Para regularizar la entrada del agua en un canal, y suprimirla, si es preciso, se emplean muchas veces.

Las fig. 16 y 17 indican la forma de construccion de una obra de esta naturaleza. Las compuertas se mueven en marcos en escuadra, formados de un fondo horizontal y una serie de montantes verticales unidos por un sombrero que sostiene los crics destinados á levantar las compuertas. Fuertes pisos ó escolleras forman un ante y post-zampeado que se oponen á los socavos. En los suelos poco resistentes y en las obras bien hechas se draga desde el terreno sólido hasta el emplazamiento de la obra, se trazan las líneas con estacas gruesas y maderos de cimientos sobre los que reposan las compuertas, y finalmente se ponen á cada lado de esta primera escuadra trozos de hormigon. Algunas veces es necesario colocar, antes de la obra, otra fila de estacas y maderos y llenar de hormigon ó de escollera todo el espacio comprendido entre las compuertas y esta segunda linea. Es inútil añadir que los montantes y compuertas pueden ser de fundicion en lugar de estar contruidos de madera.

Las figs. 18 y 19 indican la disposicion de una pequeña compuerta más sencilla que la que acabamos de describir. Basta perfectamente para todas las regueras, y se coloca en su interseccion con las acéquias. Los montantes entre los que corren las compuertas son de madera ó de piedra. Estas compuertas son muy poco costosas y de un excelente uso.

En todos los canales, sobre todo sino están provistos de compuertas en su embocadura,

es preciso colocar, en un punto conveniente, un suelo de mampostería con ranuras para recibir las viguetas que impiden la introducción del agua en caso de reparaciones.

En las corrientes de agua torrencial, de lecho movable y de aguas de verano muy bajas, se emplea en Argel y en España una disposición particular de toma de agua que se remonta al tiempo de los árabes y que es útil señalar, porque conviene muy bien á los pequeños y medianos riegos. Se establece en la orilla del torrente una pequeña construcción (fig. 20 y 21) provista de compuertas á diferentes alturas. Estas compuertas se manejan desde el interior y se abre sólo la más próxima á la superficie del agua en el torrente, de suerte que los guijos y piedras que ruedan en el fondo del agua no se introducen nunca en el canal de riego que comunica por un pequeño acueducto abovedado para protegerle contra las crecidas con el interior de este pequeño depósito. Se coloca generalmente en el lecho del torrente, perpendicularmente á su curso, un asiento de mampostería que no forme saliente sobre el fondo, sino destinado á fijar y regularizar el lecho en derecho de la toma de agua. Este fondo descende algunas veces á través de la capa de detritus hasta el suelo impermeable, y sirve entonces para detener, como ya hemos indicado, las aguas del fondo que se perderían sin esta precaución.

ESPIGONES. Los trabajos de toma de agua de los canales grandes de riego son ya obras de primer orden, de las que no debemos ocuparnos aquí con detalles. Describiremos solamente la toma de agua del canal de Carpentras, destinado á llevar unos doce metros cúbicos de agua por segundo. Esta toma de agua está establecida en la roca de Merindol, en la orilla derecha del Durance. Se compone de dos series de acueductos, provistos de compuertas, reuniendo las dos orillas del canal un machón de estribo. Detrás de esta primera serie de compuertas se halla un estanque de reposo; y finalmente, á la entrada del canal mismo se encuentra una nueva serie de compuertas de seguridad, que sirven para regularización del agua y que servirían provisionalmente á las primeras compuertas en caso de averías ó reparaciones.

La dirección de un canal, en su punto de enlace con el curso natural de agua, hace en general con éste un ángulo lo más agudo posible. La embocadura de estos canales debe ofrecer cierta anchura, unida tangencialmente con las orillas del arroyo por medio de curvas. Estas uniones están defendidas de las corrosiones por revestimiento de césped, de empalizadas, de piedra y aún de mampostería, según la importancia de la obra, la rapidez de la corriente de agua y el valor relativo de los materiales. Frecuentemente es necesario dirigir las aguas hacia la entrada del canal, sobre todo si el lecho del río es ancho y movable. Esto se consigue con espigones sumergibles ó insumergibles contruidos en el río. Estos espigones son ordinariamente fijos, de piedra seca ó de mampostería y algunas veces sostenidos por una línea de estacas gruesas y maderos. En otras circunstancias, en las corrientes de agua de grandes crecidas y de lecho muy movable, los espigones son obras temporales formadas de algunas faginas sostenidas por estacas, que se restablecen después de cada crecida, siguiendo la dirección necesaria para la nueva forma del lecho. La toma de agua del canal de riego de Granada, construida por los árabes, está así, precedido de un espigón *provisional*, que asegura su alimentación y que se restablece después de cada crecida.

PRESAS FIJAS. Las presas construidas en el lecho de los ríos para mantener el agua más alta de su nivel natural y establecer una toma de agua ó un motor hidráulico, son *fijas ó movibles*. Diremos algunas palabras de estas dos clases de construcciones.

La forma de establecimiento de las presas fijas varía según se importancia y depende de una porción de circunstancias locales. Algunas estacas, ramajes, céspedes, piedras ó guijo bastan para detener una corriente de agua muy pequeña y ponerla á disposición del cultivador; pero cuando se trata de obras más sólidas, los métodos varían hasta el infinito.

Las presas de pared vertical del lado de aguas abajo se destruyen por lo general muy pronto á causa de los socavos que se producen á su pié. Se las reemplaza casi siempre por presas en plano inclinado; uno de los métodos más sencillos de construcción de estas obras consiste en poner dos filas de estacas gruesas y maderos (reunidos por cruceros longitudinales y transversales); esta estacada se llena de morrillo tosco, dejando entre los pedazos el menor hueco posible. Las caras superiores se forman con morrillo grueso, que tengan por lo menos 0^m.60 de largo y puestos por sus juntas. Se echan otros morrillos en la parte alta de la construcción y en la baja se draga el suelo en cierta extensión; se introducen estacas gruesas de cabeza saliente en esta zanja y se llenan los vacíos con morrillos formando un zampeado, sobre el cual acaba de perder el agua su exceso de velocidad.

Se construyen algunas presas con piedras sueltas echadas en el lecho del río; poco á poco los intersticios de las piedras se llenan por sí solos de arena, y la presa detiene el agua, pero se emplean de este modo muchas piedras; de suerte que en definitiva esta forma de construcción, tan sencilla en apariencia, es más costosa que la anterior.

Se pueden formar á menudo presas muy económicas, y sin embargo de bastante duración, por medio de capas alternadas de fagina y guijo; fuertes estacas fijan entre sí y en el suelo las diversas hileras de faginas. Se da á estas presas una pendiente muy suave hacia abajo y se mantienen en pié con una fila de estacas, seguidas de un enrocamiento ó de una serie de faginas ó cestos llenos de guijo, que forman el ante-zampeado de la obra.

La arista superior de las presas debe ser lo más horizontal posible, á fin de que el derrame del agua tenga lugar de una manera uniforme. En algunas presas se construye un vertedero en cierta longitud y se eleva el resto de la presa sobre el nivel del agua. A menos de circunstancias extraordinarias, esta disposición no parece presentar verdaderas ventajas.

En los pequeños arroyos se disponen generalmente las presas en línea recta perpendicular al curso del agua. Para las obras más importantes conviene adoptar una línea quebrada ó un arco de círculo, cuya convexidad mire aguas arriba. Esta disposición arroja el agua hacia el medio del lecho y disminuye los remolinos y los socavos en las orillas.

PRESAS MOVIBLES. Las presas movibles tienen la ventaja de poderse levantar completamente en tiempo de crecidas, dejando al agua todo el espacio necesario para su curso. Existen gran número de disposiciones de presas movibles. Una de las más sencillas y más empleadas en estos últimos tiempos ha sido imaginada por Poirée. Su descripción se encuentra en todos los tratados de navegación; pero para los pequeños trabajos de que ahora hablamos, un sistema de compuertas semejantes al que hemos descrito más arriba es lo más conveniente. Se manejan las compuertas en razón del caudal que se necesita y se las levanta completamente en las crecidas. Cuando el conjunto de las compuertas no tiene sino unos 10 metros de ancho, se las coloca en línea recta; si es más considerable, conviene disponerlo, como las compuertas fijas, en líneas quebradas, cuya cima está del lado de arriba del agua. Se le da de este modo más rigidez y fuerza para resistir á la presión.

Las presas de viguetas, por su sencillez y su solidez, son muy convenientes para las

obras de riego. Las viguetas están empotradas en una ranura practicada en los estribos ó en los machones de la obra.

La gran presa del Nilo pertenece á esta clase de obras. Las viguetas están sostenidas por los estribos del puente que atraviesa el río.

Como presas movibles muy convenientes para colocar debajo de las tomas de agua de canales de riego, en las corrientes de agua de regular importancia, debemos mencionar aún la compuerta auto-reguladora de Chaubart, que conserva un nivel perfectamente uniforme en la parte superior, cualquiera que sea el volumen de agua afluente.

La construcción de presas es siempre difícil y exige muchos cuidados y precauciones que no podemos indicar aquí. Recomendaremos solamente, como una precaución de las más indispensables, arraigar bien las obras en las dos orillas, en que se hallan casi siempre los puntos más expuestos.

MODELOS DE PRESAS DE MADERA. Las presas suelen hacerse de madera ó de fábrica. En el primer caso, debe cuidarse que el material esté lo ménos expuesto que sea posible á las alternativas de sequedad y humedad. El tipo más sencillo de esta clase de presas es aquel que consta de paredes verticales, y cuya altura no exceda de 1 metro: se construyen con pilotes que disten entre sí de 1 á 2 metros, y cuyo diámetro es 0^m,3 á 0^m,4, los cuales se unen en su parte superior por medio de una pieza ensamblada con todos, ó sea sombrero, sujeta con auxiliares de bronce, ó bien de hierro, aunque éstos se oxidan. Sobre el fondo del terreno hay vigas horizontales entalladas con los pilotes, que van de uno á otro de éstos, y encima se clavan á los pilotes tabloncillos verticales de 0^m,16 á 0^m,20 de ancho, que van desde la viga al sombrero. Aguas arriba se coloca un talud de guijarros para que en él choquen los cuerpos flotantes, como troncos de árboles, trozos de hielo, etc.

Otra presa más sólida es la indicada en la *fig. 22*. Está formada por dos filas de pilotes *a*, entre las cuales van los tabloncillos *b*, de 0^m,12 á 0^m,18, engargolados á media madera. A flor de terreno van los travesaños *c*, que unen cada par de pilotes y los refuerzan con las tornapuntas *d*. Las cabezas de los pilotes van unidas con el sombrero *f*. *A* es el talud, como en el caso anterior, que suele reforzarse con una ó dos filas de pilotes *m*, que llevan sus sombreros.

Para reforzar el lecho del río y evitar los socavos que produce la caída del agua, se coloca en *B* un emparrillado sobre pilotes, llenando sus huecos con mampostería en seco y poniendo encima un fuerte entarimado. A la conclusión del emparrillado en *C* se pone un tabliestacado, y á veces otro al principio, en *r*.

Si el terreno es flojo se colocan dos paredes de pilotes como la indicada, llenando el hueco con hormigón y uniéndola una á otra con fuertes tabloncillos atornillados.

Si el lecho del río es de poca resistencia al choque del agua, conviene evitar á todo trance la caída repentina de ésta, y se usan presas de madera en talud, como la mayoría de las situadas en los terrenos llanos de Castilla. La *fig. 23* indica uno de estos tipos, que consiste en dos filas de pilotes *AB* unidos entre por travesaños *a* y sombreros, y las dos filas con otros travesaños *b*. Se echa piedra suelta hasta llegar al nivel primitivo del agua (indicado en la figura con una línea de trazos), y desde allí se forma una mampostería en seco bien hecha hasta unos 0^m,5 bajo la línea del talud, ó sea bajo *b*, donde se colocan piedras de juntas bien labradas. Debe completarse esta construcción con un macizo *C*, como en el caso anterior, y con otro *D*, que llegue hasta enrasar con el fondo del río. Esta clase de presas deben hacerse con pilotes de buena madera, y sería conveniente prepararla inyectando en su interior una disolución de sulfato de hierro ó cloruro de zinc por los proce-

dimientos que tanto se han generalizado en las traviesas de ferro-carriles, y que las conservan sin podrirse durante varios años.

Estas presas son permeables durante los primeros meses, pero no tardan en hacerse casi impermeables por efecto del limo que se deposita en su interior, y aun de las vegetaciones que se forman sobre ellas en las épocas de sequía.

Suele sustituirse á esta forma de presas otra, en que el talud está reemplazado por tres ó más escalones, pero no es tan recomendable como la anterior. Llevan siempre estas presas estribos de madera, ó mejor de mampostería, con objeto de afianzarlas bien en las márgenes del río, y algo más altos que el resto de la presa.

MODELOS DE PRESAS DE FÁBRICA. Las presas de fábrica más sencillas están formadas por un grueso muro, cuya cara superior es inclinada desde la vertiente hácia adentro. Debe estar constituida dicha cara por sillares de grandes dimensiones, bien labrados y despiezados de suerte que se sostengan unos ó otros, por lo que además suelen llevar grapas de hierro emplomadas, con objeto de que el choque con los cuerpos flotantes no destruya la cresta. Las dos caras laterales son de sillares, y el interior de buena mampostería. Los cimientos de esta presa suelen ser una gruesa capa de hormigón, reforzada á su alrededor con pilotes. Es sobre todo recomendable este sistema cuando el fondo es de roca, en cuyo caso basta abrir una pequeña caja en ésta para constituir el cimiento.

Cuando el lecho del río no es muy sólido se hace una presa de la forma indicada en un corte geométrico por la *fig. 24*. Suele tomarse la distancia *AB* igual á dos y media veces la altura del agua y el radio del arco que pasa por *A*, triple del que corresponde á *B*. Los sillares de la cresta son de gran tizon y se cortan como las dobelas de un arco; el interior se hace con sillarejos ó mampostería; el cimiento es de hormigón hidráulico. Esta presa hace caer el agua bajo un ángulo tal que no amenaza formar socavones; en cambio es cara y exige frecuentes reparaciones, pues si se sale un sillar es fácil la destrucción completa de toda ella. Además, en esta clase de presas el banco ó isla que se forma á consecuencia de ella, está á bastante distancia, comparado con el de las otras, lo cual es á veces una circunstancia recomendable.

El grueso de las presas de piedra de paredes verticales ó poco inclinadas suele ser igual á la altura de la carga de agua. Las de cresta curva tienen más del doble de espesor, y en las de madera no hay regla segura para fijarle. Todas llevan estribos de mayor altura que la presa, para que el agua sólo vierta por el centro.

A veces, y sobre todo en los ríos de caudal constante, llevan las presas un portillo para aumentar el gasto en las avenidas, para facilitar la construcción y para la limpieza del canalizo. Este debe estar próximo á uno de los estribos: su forma es rectangular y va provisto de una compuerta que se maneja desde arriba. Los cimientos de la presa deben estar reforzados en las inmediaciones del portillo, para que el agua que sale por él á gran velocidad no los destruya. Se cuidará que la corriente que sale por el portillo vaya dirigida hácia el centro del río, ó por lo ménos que no hiera alguna de las orillas, pues de lo contrario produciría destrozos en ésta, ó al ménos la iría destruyendo poco á poco.

Si las avenidas del río obligan á hacer un portillo de grandes dimensiones, no es conveniente cerrarlo con una compuerta, pues sería muy difícil manejar ésta, y en su lugar se ponen unos tabloncillos horizontales, metidos en ranuras ó rebajos hechos en los muros laterales. Cada tabloncillo se saca de su sitio con un gancho colocado al extremo de una pértiga, que se introduce en una anilla de las dos que lleva el tabloncillo en su cara superior, y que van