



INFRAESTRUCTURA GENERAL DE RIEGO
=====

Por: Ing. Federico Novelo H.

INTRODUCCION

A grandes rasgos, la infraestructura general de riego, las obras públicas, tienen la finalidad de captar el agua de las fuentes de abastecimiento almacenándola en su caso, para regularizar su escurrimiento y aprovechamiento, derivarlas a las redes de conducción y distribución entregándola a las parcelas o grupos de parcelas en que termina la red menor de canales. Para regular la posición de los niveles freáticos dentro de los terrenos de labor se hace necesario disponer de obras para control y evacuación de excedentes (drenaje agrícola) así como de obras para evitar los perjuicios que los excedentes fluviales pueden originar en las obras y zonas de riego (drenaje de intercepción).

Las obras de riego deben complementarse con caminos de acceso, de servicio y de conexión a circuitos o redes nacionales así como con las llamadas obras auxiliares como red telefónicas interior, casetas de canaleros y edificios de servicio y estaciones termopluviométricas; las de aforo forman parte de las obras hidráulicas y se tratan en esa parte.

Las obras hidráulicas pueden dividirse entonces en los siguientes grupos:

- a) Obras de captación
- b) Obras de derivación
- c) Obras de conducción y distribución
- d) Obras de control y evacuación de excedentes de agua.

Obras de captación.- La captación puede hacerse de una corriente por medio de presas de almacenamiento, presas derivadoras, plantas de bombeo y obras de toma directas.

Las presas de almacenamiento captan y almacenan las aguas de la corriente aprovechada regularizando su aprovechamiento. Son de particular importancia cuando se construyen en zonas con mala distribución de lluvias y permiten conservar una gran parte del agua escurrida en época de avenidas para su empleo en el resto del año.

Básicamente están constituidas por una cortina principal que pueda ser de gravedad, en arco, de tierra, etc. dependiendo ello tanto de las condiciones geológicas de la boquilla como de la disponibilidad de materiales. Para formar el vaso puede hacerse necesario cerrar algunos puntos bajos, lo que es susceptible de hacerse por medio de bordos de tierra, convenientemente protegidos.

Las presas de almacenamiento deben tener obra de toma, obra de desfogue de fondo y obra de excedencias; la obra de toma funciona para realizar las extracciones reguladas, el desfogue de fondo sirve tanto para limpiar la bolsa de azolve o almacenamiento muerto del vaso como para ayudar a vaciar la presa en situación de emergencia. La obra de excedencias generalmente está constituido por un vertedor que puede ser de cresta libre-perfil encimario o con compuertas metálicas para regular su funcionamiento; cuando se trata de una presa de gravedad o arco-gravedad, la obra de excedencia puede alojarse en la propia cortina con un ahorro considerable pero cuando se trata de una cortina de tierra, el vertedor ha de construirse separado, puesto que la cortina no podría soportar la descarga sin destruirse. La obra de excedencias muchas veces parece sobre dimensionada y en ocasiones resulta así cuando la falta de datos hidrométricos conduce a tomar la poca información disponible con un exceso de seguridad; la experiencia recomienda diseñar las obras de excedencia en forma fraccionada dándole capacidad para absorber avenidas extraordinarias a una estructura fija principal, complementada con vertederos con fusibles económicos y muy fáciles de reponer.

Obras de derivación.- A partir de las corrientes, muchas veces después de haberse descargado de un almacenamiento, se deriva el agua hacia la red de conducción y distribución por medio de una presa de derivación, una planta de bombeo o una toma directa (régimen natural), con diferente grado de eficiencia puesto que la presa derivadora regula la entrada y posición del agua a la(s) boca toma(s), elevándola lo que se haga necesario, en tanto que el escurrimiento con régimen natural sólo permitirá la admisión a la obra de toma o al canal alimentador de la planta de bombeo, conforme a sus variaciones de nivel, sin proporcionar ninguna protección a las obras de toma como suceda en una presa derivadora que puede regular tanto la entrada como el paso de la corriente cuando así convenga. Las presas derivadoras pueden ser también con perfil de cimario (cresta libre) o tener compuertas auxiliares para control de niveles y caudales en época de avenidas; conviene que dispongan de una estructura desarenadora anterior a la obra de toma formada por un canal generalmente rectangular con muy fuerte pendiente a la salida para poder limpiar la sedimentación con la misma agua del río.

La(s) obra(s) de toma a uno o ambos lados del río deben estar dotados de una compuerta de admisión - deslizante o de sector circular para regular la entrada de agua a los canales ú otro sistema de conducción, constituyendo el origen de la red específica.

Obras de conducción y distribución. La conducción del agua, a partir de la obra de toma, se hace por medio de canales o tuberías siendo lo más usual el primer procedimiento. Los canales a cielo abierto pueden ser excavados en tierra o en roca y cuando las necesidades lo exigen ir revestidos con diversos materiales como se explica con detalle en el apéndice específico preparado para el cursillo.

Un canal es de conducción o "canal muerto", mientras no empieza a distribuir agua a otros canales o a tomas directas, a partir de entonces empieza la red de distribución que está concebida para proporcionar el servicio a las parcelas a través de boca tomas o tomas directas como se señaló.

La red de canales para su correcto funcionamiento debe tener las necesarias estructuras de control y de cruce. Las de control son bocatomas, tomas directas, represas, aliviaderos, caídas, rápidas estructuras aforadoras y estructuras de desfogue final. Las estructuras de cruce pueden ser para salvar accidentes naturales como arroyos, cerros, etc. o cruzar obras como caminos, ferrocarriles, drenes, etc. y su diseño debe considerar las características de estos cruces.

Las tomas directas sirven para entregar el agua a parcelas desde el canal conductor y constan básicamente de una tubería controlada por una compuerta deslizante, teniendo a su salida una protección a base de mampostería de piedra y zampeados.

Las boca-tomas permiten la derivación a otros canales, constan de tubería(s) circulares o rectangulares de concreto armado, con su admisión controlada por compuertas deslizantes. Cuando se trata de canales en tierra, estas estructuras requieren protegerse con aleros de mampostería o de concreto armado; en los canales revestidos de concreto puede prescindirse de esta protección, alojándose la compuerta directamente en el talud.

Las represas nos permiten regular el nivel del agua en los canales sin necesidad de mantener el tirante de diseño fluyendo libre; se construyen en sitios adecuados para dar el nivel necesario para alimentar tomas directas o hacer la derivación a otros canales, ubicándolas aguas abajo de las derivaciones y se aprovecha su construcción para hacer un cambio de sección en el canal. Generalmente se operan con compuertas metálicas en los canales gran

des, de sector circular o deslizantes y es recomendable que se prevea el empleo de "agujas" de madera para fines de mantenimiento. En canales menores pueden usarse compuertas de madera o madera forrada de lámina metálica pero siempre deben tener las agujas accesorias. Se operan desde una losa o puente de maniobras y cuando la estructura es lo suficientemente larga puede aprovecharse para construir conjuntamente un puente para vehículos.

Los aliviaderos totales son estructuras protectoras de los canales con igual capacidad que el canal y cuya función es desfogar el caudal cuando haya necesidad de interrumpir el escurrimiento hacia aguas abajo; en este caso son conductos revestidos o rápidas que descargan a algún arroyo u hondonada y que se operan con una compuerta lateral. Los aliviaderos parciales pueden ser vertedores laterales, sifones invertidos cuyas crestas o entradas están limitando el caudal de diseño de la sección inmediatamente aguas abajo; su capacidad debe cubrir sobradamente la diferencia de capacidades entre las dos secciones del canal.

Las caídas y rápidas son estructuras necesarias para absorber diferencias de nivel obligadas entre las plantillas de los canales; cuando estos son excavados en tierra y por la limitación de velocidades que obliga también a limitar pendientes pueden necesitarse varias caídas, estructuras que son muy costosas y cuyo límite de desnivel puede tomarse alrededor de los 4.00 m. Las rápidas son estructuras de concreto armado y superficie protegida contra la abrasión con aditivos endurecedores, son de sección rectangular y trabajan hidráulicamente en régimen turbulento. Este tipo de estructuras puede reducirse en número y desnivel a salvar cuando se construyen canales sustitutos revestidos de concreto que soportan velocidades y pendientes mucho mayores.

Las estructuras aforadoras, indispensables para la necesaria hidrometría de operación, pueden ser orificios, vertedores

con o sin contracción lateral debidamente calibrados, medidores Parshall o similares; su información puede complementarse con estaciones de aforo instaladas en secciones fijas sobre tramos rectos de los canales y para las que se hacen curvas de gastos mensuales, aforando con molinete hidráulico, usándose las curvas con las lecturas de escala que diariamente deben hacer los canaleros y demás personal de vigilancia de distribución de aguas. La adaptación del tipo de estructura aforadora depende de las condiciones del canal, los vertedores de cresta libre demandan desniveles que no siempre pueden proporcionarse y trabajan mal al funcionar ahogados; hay una tendencia general a su eliminación pues las lecturas de la carga sobre la cresta (H) pueden estar afectadas con errores del observador que afectan mucho de acuerdo con la fórmula:

$$Q = C L H^{3/2};$$
 en tanto que los orificios cuya ecuación es

$Q = C A \sqrt{2 g h}$, los errores de las lecturas conducen a datos menos inciertos. Ha dado buenos resultados el empleo de las compuertas de bocatomas debidamente calibradas, deduciendo valores para el término CA de la segunda fórmula de los aforos cuidadosos que han de hacerse; h corresponderá a la diferencia de niveles del agua entre el canal alimentador y el derivador.

Los desfuegos finales se requieren para evacuar los sobrantes "colas" de agua de los canales a su terminación en algún río o arroyo, controlándose su funcionamiento por medio de una compuerta deslizante o de sector circular.

En los cruces con accidentes naturales u otras obras el canal requiere una estructura como punte canal (paso superior) sobre un río o un drén, con sifón (paso inferior) para cruzar un arroyo cuando coinciden el canal y el área hidráulica de la corriente natural, en elevación, dándose paso por arriba al cauce con mayor caudal. La alcantarilla es otra estructura para cruzar el terraplén de una carretera o de un ferrocarril, su empleo puede adep-

tarse en canales pero no es recomendable en el caso de drenes a menos que se deje libre la sección hidráulica del dren que podría ser invadida por la(s) línea(s) de tubo circular o rectangular empleados, en cuyo caso sería más recomendable la construcción de un puente. Recuérdese que los drenes colectores a cielo abierto trabajan la mayor parte del tiempo con tirantes reducidos y requieren su mejor funcionamiento libre en esas condiciones, cualquier obstáculo en la plantilla propiciará su azolvamiento y el posterior desarrollo de vegetación acuática.

Los desarenadores se requieren en los puntos indicados para provocar la sedimentación de los sólidos en suspensión que lleva el agua por medio de ampliaciones y depresiones que al disminuir la velocidad producen el efecto buscado y que pueden limpiarse por descarga del agua en épocas adecuadas; su efecto es muy importante para evitar el azolvamiento excesivo en los canales.

Se requiere una red completa de caminos: de acceso a las obras de cabeza, de servicio para inspección y conservación de todas las obras de conducción y de evacuación de excedentes y también caminos de conexión a circuitos y redes nacionales. Para la conservación es indispensable contar con caminos expeditos, de mayor urgencia en la época de lluvias en que puede haber mayores problemas.

La comunicación interior permanente y eficaz es de vital importancia por lo que la red telefónica (o servicio similar) debe ligar todas las presas, casetas de canaleros y maniobristas con las oficinas principales del distrito ó intendencia de riego de manera de atender todos los aspectos rutinarios así como los problemas especiales que puedan presentarse. Vale la pena destacar la importancia conjunta de caminos de servicio, casetas de canalero y red telefónica para la movilización oportuna de maquinaria y personal de conservación así como materiales para atender debidamente cualquier contingencia que en otra forma puede dar lugar

a perjuicios muy serios en obras, cultivos y aún en vidas humanas. Las casetas de canaleros deben ser cómodas y proporcionar los servicios indispensables a la familia de estos trabajadores clave que necesitan vivir en su zona de trabajo (sección de riego), contando con una oficina independiente de la casa para mejor atención del trabajo del canalero y recepción de visitas de inspectores y otro personal del distrito.

CERAS DE CONTROL Y EVACUACION DE EXCEDENTES

a) Drenajes Colectores

Dentro de la infraestructura general de riego entre las obras más importantes para alcanzar y mantener en su más elevada condición productiva a las tierras de riego, están las redes de colectoras de drenaje agrícola, el drenaje de la masa del suelo, que deben estar diseñados para recibir y evacuar el agua extraída por los sistemas parcelarios de drenaje. Su presencia es indispensable para que los agricultores aún en forma individual, puedan construir y operar su drenaje interno en los casos en los que el nivel freático haya ascendido y las tierras de labor se hayan afectado por ese concepto o aún se haya generado un problema de ensalitramiento, si no se dispone de los colectores de poco servirá el convencimiento de que hay que eliminar aguas excedentes o que, como en el segundo efecto, haya posibilidad de recuperar las tierras por medio de lavados; en las dos situaciones sería im posible si la obra pública específica no exista completa y en buen estado de funcionamiento.

Cuando se hace la planeación de obras en cada zona de riego, a partir de los planos topográficos, lo primero que se establece son los "límites de riego" trazos que corresponden a los pastos más bajos del terreno susceptibles de conectarse a corrientes naturales que después facilitarán la evacuación de las aguas; esto

se hace muchas veces mecánicamente y tal vez con el solo criterio de prever la eliminación de excedentes fluviales sobre la zona de riego. Esos límites muchas veces sirven posteriormente para alojar las redes colectoras y trabajándose siempre con atención a la topografía que no siempre corresponde a la posición de los niveles freáticos principalmente por la variación de suelo y sub-suelo. De todas maneras y aún cuando coincidieran la localización topográfica y los factores que afectan a la evolución de las aguas freáticas; hay el serio inconveniente de que esas obras se construyen generalmente tarde, hasta que son evidentes en exceso los perjuicios que causa el ascenso del nivel freático con la evaporación de las aguas cargadas de sales y el depósito de estas en la parte superior del suelo cuando se evaporan las aguas que las contienen. Puede asimilarse el caso del alcantarillado municipal cuando los particulares tienen necesidad y posibilidad de evacuar las aguas negras de cada casa, si la obra pública no existe o es incompleta o ineficaz, no es posible resolver los problemas particulares más que con una fosa séptica, solución que no puede asimilarse a menos que se dispusiera de medios e información suficiente para construir un pozo profundo que propiciará el drenaje vertical, al mismo tiempo que sirva para obtener un nuevo abastecimiento de agua, si la alambrada es de calidad aceptable para el riego por su tenor salino.

Es importante señalar la tendencia en algunos países adelantados, de resolver el drenaje por medio de pozos con varias ventajas evidentes como:

- 1) Eliminación del problema de expropiar o adquirir en otra forma las franjas de tierra necesarias para alojar el drenaje a cielo abierto que demanda un ancho de 25.00 mts. y en muchos casos se tiene que localizar en tierras de labor que han adquirido elevado valor comercial y puede tratarse también de plantaciones de frutales en donde se afectaría no solo la producción anual sino habría que inutilizar muchos árboles adultos.

- 2) Se lograría una fuente adicional de abastecimiento de agua para riego con un manejo adecuado para evitar el ensalitramiento del agua freática, que podría eliminarse y cambiar su contenido en sales.
- 3) Se reduciría considerablemente el drenaje interno, su necesidad, que es un mejoramiento que demanda serias inversiones.

Desde luego que hay determinadas condiciones a satisfacer para tener éxito en éste procedimiento; es indispensable que la comunicación entre las aguas subterráneas y las freáticas sea factible en forma natural o artificial, de no existir esta situación será muy difícil el éxito con esta aplicación nueva del alumbramiento de aguas del sub-suelo al drenaje.

En los casos en que no sea aplicable la solución anterior, hay otras formas de evitar los problemas que originan los colectores a cielo abierto que habrá que repetir - sólo tienen la ventaja de su bajo costo inicial, su conservación es muy difícil y costosa. Esos conductos pueden sustituirse ventajosamente con conductos cerrados que funcionan mejor hidráulicamente y que pueden estar libres de un mantenimiento costoso permanente y de resultados dudosos, no hay posibilidad del desarrollo masivo de vegetación acuática o no su funcionamiento compensará con creces la diferencia que pueda haber entre su costo inicial y la excavación a cielo abierto, sin siquiera considerar las superficies que no habría que dejar fuera de producción.

Para el caso se han hecho diseños con tubería circular de concreto armado (precolados) y con secciones semi-circulares invertidas, colocando una losa precolada en el fondo, losa que recibe una sección semicircular de concreto armado o bien metálica (ARFECO). Estos conductos no trabajan solo como colectores sino que drenan también cierta franja del terreno alledaño.

Este diseño tiene otra seria ventaja; no requiere muchas de las costosas estructuras de cruce a que obliga el conducto abierto.

Debe considerarse la posibilidad de aplicar a los colectores entubados materiales distintos al barro concreto y fierro - que ya han probado su efectividad en drenajes parcelarios; nos queremos referir específicamente a tuberías de diversos tipos de plástico de poco peso y bajo costo, tuberías rigidizadas con corrugaciones circulares en cuyas paredes hay numerosas perforaciones pequeñas que permitan el paso del agua hacia el interior del conducto. Personalmente considero muy factible extender la aplicación de tuberías de este material - en diámetros mayores - que inclusive ha demostrado un funcionamiento satisfactorio aún sin los costosos filtros de grava. Este material tiene además la ventaja de venir en tramos bastante largos en lugar de los tubos de 30,48 cms. de largo que necesitaban colocarse a tope (sin junteo) para facilitar la entrada del agua desde la masa del suelo; el mero tubo de plástico de diámetro interior de 5 cms. viene en rollos y se puede colocar tan rápido como avance la zanjadora.

b) Drenaje transversal o de intercepción

Para eliminar los perjuicios derivados de los excedentes pluviales, tanto sobre las obras como sobre las tierras de riego y demás instalaciones es necesario construir el drenaje transversal o de intercepción que es muy distinto al sistema de drenaje colector para eliminar excedentes de riego y agua de otros orígenes. Si bien es cierto que en la parte baja para avanzar las agua de ambos sistemas habrá necesidad de unirlos cuando las condiciones naturales lo exijan, debe tenerse presente que -en especial en la zona de riego- deben trabajar separadamente pues las aguas que controlan obligan a un manejo distinto; el drenaje de intercepción debe resolverse con "cunetas", conductos de poca profundidad que -en forma general- deben construirse con poco movimiento de tierras en ocasiones por efecto de la velocidad que requiere la evacuación del agua conviene hacer su revestimiento. Los colectores de drenaje agrícola por el

contrario requieren una profundidad bastante grande para dar lugar a la descarga de otros colectores y a los drenajes parcelarios además de drenar la franja de terreno en que se alojan.

Si se realizara el caso-ideal actualmente- de que los colectores para fines agrícolas se construyeran entubados, automáticamente habría que resolver por separado el drenaje de intercepción en la zona de riego.

Si se considera la existencia de una red de colectores al cual descargan los excedentes pluviales - en una zona de riego- habrá que recordar que esas aguas al escurrir sobre los terrenos de labor a - rrastran algo de suelo agrícola muchas veces enriquecido con fertilizantes, y si ese suelo finalmente descarga a un conducto a cielo abierto que aún de origen tienen poca eficiencia hidráulica -tirantes reducidos en plantillas anchas y muy baja velocidad - formará con la humedad permanentemente un medio muy propicio para el desarrollo de malezas y vegetación acuática que iría formando tapones para el escurrimiento del agua descargada de otros colectores y del terreno circundante, llegando a inhabilitarse el sistema de drenaje.

En la parte alta, fuera de la zona de riego, el drenaje de intercepción puede tener gran importancia en la protección a presas de almacenamiento y canales de conducción. En el primer caso si las lluvias desiertas son abundantes y la cubierta vegetal no representa por sí garantía a los suelos de la parte alta de los vasos, será conveniente construir una red completa de "cunetas", probablemente revestidas, complementadas con estructuras desarenadoras que permitan el depósito de sólidos en suspensión y su posterior manejo sin que se originen perjuicios al vaso reduciendo su capacidad. Siempre costará menos este tipo de trabajo que desazolvar un vaso de almacenamiento.

La labor de proteger un vaso de almacenamiento y también la parte de la cuenca inmediata a él debe incluirse en los programas normales de conservación y específicamente auxiliarse con prácticas mecá-

nicas y agronómicas de la técnica específica de conservación de suelos.

Los canales de conducción, particularmente cuando tienen que alojarse en laderas, deben protegerse con drenaje de intercepción en todo su desarrollo y dotarse de estructuras específicas en el cruce con arroyos que aún cuando tengan reducidos aportes de agua, pueden descargar tierra y aún rocas al canal. Puentes, canales y aún losas completas son las estructuras recomendables en estos casos.

* * * * *

