

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.

CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA

ANEJO NÚM. 6.º

de la Memoria del Sr. Sans Soler, publicada en el número 1899.

CARTILLA DE RIEGO PARA USO DE LOS SINDICATOS Y REGANTES

(CONTINUACIÓN)

Principios generales sobre los riegos.

Las nociones adquiridas en los dos capítulos anteriores nos permiten abordar ya otras cuestiones de interés.

Una de ellas es el conocimiento de la manera de servir el agua para los riegos.

1.º Una extensión cualquiera en cultivo de regadío puede servirse por un cauce especial, acequia de distribución que lleve el caudal que corresponda y se determine por las reglas dadas al tratar de la dotación de agua por hectárea para los diversos cultivos. Ese cauce correrá entonces permanentemente durante el período de los riegos, y los turnos serán los indicados para cada tipo de dotación según antes se ha visto.

2.º Un predio puede llevar sus aguas hasta el punto de empleo, reunidas con las de otras fincas y cultivos diversos, y el regante, al pasar por las regueras de sus fincas, toma el agua á que tiene derecho según sus pedidos, en condiciones idénticas, bajo este concepto, al caso anterior.

3.º Una finca puede regarse de modo eventual y con volumen determinado por hectárea, cuando lo crea oportuno el cultivador, y esto puede hacerse ó por cauce especial privado ó por acequia de heredamiento, sometida al régimen sindical.

De cualquier modo que se estime el agua, siempre se reduce el problema de conducción á llevar un caudal de un número de litros por segundo, y el problema de consumo al empleo de un volumen determinado por hectárea regada. Lo que diferencia estos casos, en lo que á la conducción toca, es la independencia ó dependencia del servicio del cauce, y en lo referente al consumo, en que la dotación por hectárea supone el turno ó rotación, y el pedido por volumen el riego eventual ó aislado.

Puede pedirse, evidentemente, un volumen determina-

do para tantos días, pero esto equivale y puede reducirse al caso de un tipo de dotación por hectárea.

Sea cual fuere el sistema, al llegar el agua al predio que se ha de servir, se recoge por las boqueras en regueras que sean de fácil manejo, de modo que hagan riego fácil, sin que por el exceso del caudal se escape al trabajo de un hombre ó no se reparta como conviene por defecto de volumen.

Las regueras tienen, en general, una capacidad determinada por su sección y pendiente, que corresponde de 15 á 40 litros por segundo. Puede decirse que hay una unidad práctica de riego, que es lo que suministra la reguera por un segundo, y un pedido en cualquier forma que se haga, equivale para el regante al caudal de una ó más regueras corriendo el tiempo necesario para darle el volumen de agua objeto de su demanda.

Esto es lo que interesa al cultivador, siendo el deber de la Administración del Canal y de los Sindicatos distribuir los cauces para realizar este fin.

Al llegar á esta conclusión, es necesario indicar una dificultad que proviene de la reunión y combinación de riegos de dotaciones altas, medias y bajas, dificultad que conviene sea conocida en su origen y consecuencia.

Sabemos que la dotación del Canal principal es de 0,33 litros por hectárea, lo que equivale á decir que pueden tomarse permanentemente 33 litros por cada 100 hectáreas, y como hay que contar con pérdidas inevitables, no debe contarse con más de 30 litros por 100 hectáreas. Pues bien, como es fácil calcular, y como enseñan las tablas, con esos 0,30 litros por hectárea (tabla núm. 1) se puede regar un terreno cualquiera, con 540 metros cúbicos por hectárea cada 20,83 días, los cuales son plazos muy largos é inadmisibles para cultivos intensivos, y demasiado cortos para cereales que no requieren más de cinco ó seis riegos al año en épocas oportunas.

Si se diesen riegos de 700 metros cúbicos, se necesitaría un plazo de 27 días para un riego, y si fuesen de 1.000 metros cúbicos, el riego exige 39 días.

No se trata, por lo tanto, de repartir el caudal del Canal principal y de las acequias de las Comunidades según un patrón uniforme de 17 riegos al año con 540 metros cúbicos por hectárea (riegos de 21 días), sino de dar riegos de turno frecuente para los cultivos intensivos, y otros, en escaso número, repartidos durante el año en épocas convenientes para los cereales y cultivos análogos.

Si dominan los riegos de turno ó rotación de 5 á 12 días, consumirán más agua de la dotación media; si, por el contrario, predominan los cultivos de 5 ó 6 riegos, podrá sobrar agua; pero es evidente que, ante ese consumo variable, existe la necesidad de que la Administración del Canal y los Sindicatos eviten todo desequilibrio que pudiera causar perjuicio á algunas zonas.

No nace la dificultad únicamente de la desigualdad del consumo por la diferencia de los cultivos, hay que agregar también la que proviene de los plazos en que debe darse el agua para los riegos aislados.

En efecto, hemos dicho que en terreno de cereales bastan 5 ó 6 riegos al año, pero no se puede distribuir en todo el período de 365 días, regando normalmente cada 72 días ó cada 60 días, sino que han de darse en plazos breves en las épocas de sementera ó de germinación, y á veces esto se impone con fuerza abrumadora por el temor de la pérdida de una cosecha. Esos apremios de plazos son un motivo más de desequilibrio, y es preciso salvar el conflicto dentro de la potencia de la conducción del Canal principal y de las acequias de los heredamientos.

Si la red de conducción estuviese limitada al consumo normal de 0,33 litros por hectárea y segundo, habría que disminuir las dotaciones de los cultivos intensivos para forzar las de los riegos eventuales, y, una vez remediada la dificultad, volver á la normalidad. A fin de evitar los daños que de esto pudieran resultar, se ha dado á las acequias una capacidad superior á la media, ó sea á la de 0,33 litros por hectárea y segundo, elevándola á 0,50 litros, con lo que se alcanza una mayor y necesaria elasticidad para las compensaciones que reclaman los desequilibrios señalados.

Pero no hay que olvidar que cuando se da á las acequias un caudal de 0,50 litros por hectárea se toma más de lo que corresponde al pago ó heredamiento servido por esa acequia, con merma de otros pagos ó zonas, y hay que hacer después el reintegro. La dificultad no es tan grande como puede pensarse; por afectar esos apremios de plazos á terrenos de corta extensión con relación al conjunto y constituir el Canal principal un volante de bastante potencia para esta regulación.

Si se supone un consumo de 700 metros cúbicos por hectárea, se pueden regar en 60 días (6 riegos al año) (véase tabla núm. 2), con un litro por segundo 7.406, y con 15 metros cúbicos 111.000 hectáreas, lo cual da idea de la capacidad del Canal para riegos aislados.

Un ejemplo aclarará esta importante cuestión:

Sea un pago ó heredamiento de 406 hectáreas servido por una acequia que tiene la dotación normal de 0,33 litros por hectárea y segundo, lo que supone un caudal de 134 litros.

Sea la distribución por cultivos la siguiente:

35 hectáreas de cultivo intenso, que necesita un litro por 1".
46 ídem íd. menos intenso, íd. 0,6.
325 ídem de cereales, olivar, viñedo, etc.

406 hectáreas en total.

Como puede verse en la tabla primera, al primer tipo corresponde, al riego de 540 metros cúbicos por hectárea, un período de riego de 6,25 días, y el segundo tipo, 10,41 días.

El caudal consumido por esos dos grupos, es:

35 hectáreas, á litro	35	litros por 1"
46 hectáreas, á 0,6 litros	27,60	
Total	62,60	

Hasta los 134 litros, quedan para los cereales:

$$134 - 62,6 = 71,4.$$

Con ese caudal han de regarse las 325 hectáreas; por lo tanto, corresponde á cada hectárea:

$$\frac{71,4}{325} = 0,22 \text{ litros por 1'' y hectárea.}$$

Supongamos que se quiere dar á esos terrenos riegos de 700 metros cúbicos por hectárea.

Si se busca en la tabla núm. 1, columna de 700 metros cúbicos, el número que corresponde á 0,20 litros, se encuentra que para regar el terreno se necesitan 40,51 días, y con 0,30 litros, 27 días, pudiendo establecerse por diferencia que á los 0,22 litros se necesitan 33 días. El cálculo exacto daría 36,9 días. Como se trata de estimaciones aproximadas, puede hacerse una interpolación.

Si este período fuese largo y causase perjuicio, podría reducirse el riego de los cultivos intensivos. Por ejemplo:

En lugar de regar las 35 hectáreas cada 6,25 días, admitiríamos un período de 9 días próximamente, y para las 46 hectáreas un plazo de 16 días.

En la tabla núm. 1 encontramos que para 9 días se necesita una dotación de 0,70 litros por 1'', y para 16 días 0,40 litros.

La distribución en esta hipótesis, sería:

35 hectáreas, á 0,70 litros	24,5
46 ídem, á 0,40 ídem	18,4
	42,9

Como disponemos, por la capacidad de la acequia, de 134 litros por 1'', nos quedan para los cereales $134 - 42,9 = 91,1$ litros por 1'', y por hectárea $\frac{91,1}{325} = 0,28$ por 1'' y hectárea.

Acudiendo con este dato á la tabla núm. 1, se encuentra para 0,30 litros un plazo de riego de 21 días, y haciendo una interpolación, suficiente para estos cálculos, un período de riego de 29 días.

Los 38 días de plazo regular se han reducido á 29, mediante una minoración en los suministros de huerta.

El aumento de capacidad de las acequias evita este perjuicio, y permite conservar las dotaciones que se crean convenientes.

Conservando las dotaciones de los cultivos intensivos, tendremos:

	Litros.
35 hectáreas, á 1 litro por 1''	35
46 ídem, á 0,6 ídem	27,6
	62,6

Pero si á las 406 hectáreas se les puede dar una acequia de 0,50 litros por segundo, disponemos de 203 litros, y deducidos los 6,26, quedan 140,4: la dotación será ahora $\frac{140,4}{325} = 0,48$ litros por hectárea y segundo, y el tiempo correspondiente á un riego, unos 20 días.

Con lo expuesto creemos suficientemente demostrado la influencia de la diversidad de cultivos y el alcance de

ese hecho, cuyo estudio detenido corresponde á la Administración del Canal y á los Sindicatos.

Pedidos de agua para el riego.

Esta cuestión merece un capítulo especial, en el que trataremos los puntos siguientes:

Primero. Entidad á que corresponde la distribución del agua.

Segundo. Modo de calcular los pedidos.

Tercero. Coste de los riegos.

1.º El Estado construye el Canal principal y las acequias incluídas en el proyecto aprobado por la ley de 1896, que son las siguientes:

DEL CANAL PRINCIPAL	DE ZAHÍN	DE ESCARPE
San Sebastián. Olriols. Torre de Mola. Magdalena.	Valcarca. Ripoll. Esplús.	Foix. Vilanova de Alpical. Vilanova de Alguaire. Valmaña. Monreal.

Las tomas de agua directa del Canal principal y de las mencionadas acequias se han de conceder por la Dirección del Canal.

Estas tomas pueden ser para uso de una Comunidad ó de un particular; en el primer caso, la entidad que se entiende con el servicio del Canal es el Sindicato.

Toda acequia de Comunidad ha de servir las acequias de distribución y regueras de la zona dominada, y los regantes se entenderán con el Sindicato para todas las cuestiones de sus riegos, con arreglo á las Ordenanzas aprobadas por el Gobierno.

En el sistema indicado las acequias comunales representan respecto á sus zonas el mismo papel que el Canal principal y sus derivados, con relación á las tomas directas de particulares y Comunidades.

Estas condiciones justifican el estudio hecho sobre dotación de riego á las tierras y consiguiente caudal de las acequias de distribución, así como los principios generales de los riegos, en cuanto son indispensables para los que estén al frente de los Sindicatos.

2.º Es preciso que el que ha de aplicar el agua y el que la concede puedan hacer el cálculo del consumo necesario.

Hay dos casos diferentes: el primero es el pedido para el riego de parcelas destinadas á diferentes cultivos, y que requieren en totalidad ó en parte una repetición del riego en plazos determinados; el segundo es el caso de riegos eventuales en épocas indeterminadas dependientes del tiempo y marcha de las labores.

El primer caso tiene aplicación á los riegos de comunidad y á los de grandes fincas, con la diferencia de que, en general, los primeros ofrecen más complicación; pero el razonamiento y marcha de los cálculos es el mismo. Hay que determinar, con la aproximación posible, la extensión superficial que depende de la acequia y la destinada á cultivos de cada clase por grupos análogos. En esta estimación deben tenerse muy en cuenta, no solamente los cultivos de presente, sino los probables en el período en que haya de servir la acequia de que se trate.

De otro modo, es seguro que en cuanto se desarrollasen cultivos intensivos aparecería deficiente el cauce prin-

cipal y sus ramificaciones. Debe darse un suplemento de capacidad, como hemos explicado al tratar de la influencia de los cultivos variados y de las exigencias de los riegos eventuales.

Conocidas las condiciones y necesidades de los terrenos que se han de regar, compete á la ciencia agrícola y á las prácticas locales fijar la dotación de agua por grupos de cultivos, lo que equivale, como hemos visto, á establecer la posibilidad del turno de riego que se considere necesario.

Clasificados los terrenos por sus dotaciones, el cálculo de agua necesaria es sencillo.

Sean a, a', a'', a''' las superficies que piden dotación d, d', d'', d''' .

El volumen de agua necesario por 1'' para la superficie

	a	será.....	a	$\times d$
para	a'		a'	$\times d'$
	a''		a''	$\times d''$
	a'''		a'''	$\times d'''$

y el caudal necesario por 1'' será la suma de esas cantidades.

Por ejemplo: sea una comunidad de 3.000 hectáreas, que se distribuyen así:

200	hects.	dotadas con 1,0 litros por 1'' y H,	riego cada 6,25 días.
500	»	» 0,8	» 7,81 »
1.000	»	» 0,5	» 125,0 »
1.300	»	» 0,3	» 20,83 »
3.000			

Las cantidades de agua necesarias serán:

$200 \times 1,0 =$	200
$500 \times 0,8 =$	400
$1.000 \times 0,5 =$	500
$1.300 \times 0,3 =$	390
	1.490

La acequia deberá llevar 1.490 litros por segundo, que se eleva tanto por haber aplicado tan gran superficie á cultivo intensivo.

En el segundo caso que hemos distinguido, que es el de riegos eventuales, la estimación es aún más sencilla.

Siendo S la superficie en hectáreas, si requiere dar un riego de 600 metros cúbicos por hectárea, el volumen necesario será:

$$S \times 600 = V.$$

Ejemplo: 500 hectáreas de cereales para un riego necesitan $500 \times 600 = 300.000$ metros cúbicos.

Observación importante.—Todos los pedidos de agua para el riego deben hacerse con un aumento prudencial, que fijamos en un 10 á 15 por 100, y que es necesario para cubrir las muchas pérdidas que existen por filtración, evaporación, escapes, etc.

3.º *Coste de los riegos.*—Hay que medir el agua para su valoración con una unidad convencional, que ha de fijar el Gobierno.

Generalmente se adopta para este fin en los canales de riego el volumen que corresponde á un caudal determinado por segundo, corriendo durante un tiempo también determinado.

Puede servir de unidad el *litro* por segundo; un litro por segundo corriendo durante una hora ó durante un día;

el metro cúbico corriendo un segundo (1.000 litros), ó el metro por segundo corriendo una hora ó un día; el hectolitro corriendo durante un segundo ó plazos más largos, etcétera.

Nosotros elegimos el metro cúbico por segundo corriendo una hora, que representa 3.600 metros cúbicos (1).

En definitiva, el metro-hora, el hectolitro-hora ó el litro-hora se reducen á un volumen fijo para cada caso, de modo que el concepto de caudal determinado corriendo un tiempo determinado, no sirve más que para dar idea más clara de ese volumen y para hacerlo fácilmente comparable con el de los cauces (canales y acequias).

Un número cualquiera de metros-hora puede expresarse de muy diferentes modos.

Si un riego necesita 9.000 metros cúbicos, que son metros-horas $\frac{9.000}{3.600} = 2,5$ metros horas, ese volumen, ó sea ese número de metros-horas, equivale á un caudal de 2,5 metros cúbicos por segundo, corriendo una hora, ó 1 metro cúbico por 1'', corriendo durante 2,5 horas, ó 500 litros (medio metro cúbico) por 1'', corriendo 5 horas, ó 100 litros por 1'', corriendo durante 25 horas, etc.

Las fracciones de metro-hora son también muy fáciles de fijar, porque 100 litros por segundo y hora, 200 litros por segundo y hora, son un décimo de m. h., dos décimos de m. h., etc.

Establecida la unidad de medida, resulta inmediatamente la valoración de cualquier riego en cuanto se fije el precio de esa unidad. Este delicado punto compete al Gobierno, y únicamente para completar nuestro estudio asignaremos un precio cualquiera al metro-hora, por ejemplo, el de 2 pesetas.

Ya se ha visto la sencilla manera de calcular la cantidad de agua necesaria para un riego, que se expresa en caudal conducido por segundo durante un período determinado ó á un volumen en metros cúbicos para un riego.

Sean, por ejemplo, 65 hectáreas destinadas á cultivo intensivo, que han de regarse en un período de 7 días con 540 metros cúbicos por hectárea. Les corresponde (tabla núm. 1) una dotación 0,90 litros por hectárea y segundo próximamente; por lo tanto, las 65 hectáreas requieren un caudal de agua de

$$65 \times 0,9 = 58,5 \text{ litros por } 1'' = 0,0585 \text{ metros cúbicos por } 1'',$$

y el precio por hora será

$$0,0585 \times 2 \text{ pesetas} = 0,1170 \text{ pesetas.}$$

Un riego completo de siete días costará

$$7 \times 24 \times 0,117 = 19,65 \text{ pesetas.}$$

El coste por hectárea es de 0,30 peseta.

En el caso de un volumen determinado por hectáreas es igualmente sencillo.

Tomemos el mismo ejemplo: sean 65 hectáreas, que se han de regar con 540 metros cúbicos por hectárea.

Volumen de agua necesario = $540 \times 65 = 35.100$ metros cúbicos. Dividiendo este volumen por el de un metro-

(1) Si el Gobierno eligiese como unidad el hectolitro ó el litro, estaría todo reducido á multiplicar las unidades que empleamos por 10 ó 1.000, y el precio de la unidad sería diez veces menor ó mil veces menor.

hora, es decir, por la cantidad de agua que se ha supuesto que vale 2 pesetas, que es 3.600 metros cúbicos, resulta

$$\frac{35.100}{3.600} = 9,75 \text{ metros hora.}$$

Y multiplicando por 2, precio del metro, resulta 19,50 pesetas. La pequeña diferencia en el caso anterior proviene de que tomamos 0,90 litros por segundo y hectárea como correspondiente á 7 días, lo cual es una aproximación suficiente, pero no el número exacto.

Cálculo de las regueras que se necesitan.

Se ha dicho anteriormente que el regante distribuye siempre el agua que recibe por medio de regueras de un caudal conveniente para el buen manejo del agua. Conviene examinar este problema de manejo ó distribución del volumen que se compra, determinando qué número de regueras se necesitan para hacer el riego.

Ha de partirse de un dato que siempre queda á voluntad del propietario ó usuario del agua, y es la capacidad de esas regueras.

Supongamos que sea de 30 litros por segundo.

Cuando se adquiere el agua bajo la base de un volumen determinado por segundo y por tiempo también fijo, la resolución es inmediata.

Si se adquiere un caudal de 150 litros por segundo durante 6 días, habrá que distribuirlo en 5 regueras, que llevando cada una 30 litros por segundo darán empleo al caudal en 150, corriendo durante los 6 días.

En ese caso está determinado el tiempo, pues no podía alterarse en más ó en menos sin llevar una perturbación á la acequia comunal que ha de cubrir las necesidades para las que ha sido calculada.

Cuando se trata de un riego de un volumen V que se ha de tomar del canal principal ó de un cauce que permite disponer del tiempo, se puede fijar el número de regueras ó el tiempo como convenga al regante.

Es evidente que siendo V el volumen en metros cúbicos que se ha adquirido, si se llama n el número de regueras, d su caudal en litros por segundo y t el tiempo en segundos.

$$V \times 1.000 \text{ que es el volumen en litros, deberá ser igual á } n \times d \times t,$$

puesto que estas n regueras han de dar el mismo número de litros.

Se ha dicho que $d = 30$ litros, por lo tanto, volumen del riego en litros $30 \times n \times t$; de donde es muy fácil deducir el tiempo conocido, el número de regueras, ó este número n cuando se conozca el tiempo.

Sea, por ejemplo, un riego de 13.000 metros cúbicos que se quiere dar en 3 días = $3 \times 86.400 = 259.200$ segundos

$$n = \frac{13.000.000}{30 \times 259.200} = \frac{13.000.000}{7.776.000} = 1,67 \text{ regueras.}$$

Lo que quiere decir que se necesitan dos regueras que emplearán menos de 3 días.

Es más natural partir del número de regueras y deducir el tiempo.

En el ejemplo anterior siendo dos las regueras,

$$t = \frac{13.000.000}{30 \times 2} = 216.666 \text{ segundos,}$$

y dividiendo estos segundos por 86.400 que tiene el día,

$$\frac{246.666}{86.400} = 2,85 \text{ días} = 68,40 \text{ horas.}$$

Escurredores, azarbes y canales de descarga

Todos los agricultores saben cuán necesario es evitar el estancamiento de las aguas. El riego, que es elemento de vida y salvación de las cosechas, puede destruir los cultivos de algunas extensiones importantes cuando no se da salida á las aguas que se estancan, y hasta se convierte en causa de enfermedades y despoblación si se llegan á desarrollar gérmenes que infeccionen la atmósfera.

Las zonas de terreno que se riegan con abundancia requieren cauces más ó menos importantes, según la naturaleza del suelo y la clase de cultivo, para recoger el agua sobrante y conducirla á los *talweg*.

Las regueras de saneamiento destinadas á este fin, que hacen el oficio de saneadores ó escurredores, han de hacerlas los regantes, y no solamente las que conduzcan el agua para defensa del predio inferior, sino también las de las pequeñas vaguadas á que afluyen los escurredores, y que constituyen azarbes ó colectores de la Comunidad.

Según la ley, las obras que el Estado costea son únicamente los canales de descarga que se necesitan para un buen régimen y servicio del Canal principal y de las acequias que se construyen por el mismo.

El objeto de estos canales es dar salida al agua cuando no se aplica á riegos, y poder vaciar un tramo cualquiera de canal ó acequia para las operaciones de conservación y reparación.

Estas atenciones motivan la canalización de diferentes vaguadas secundarias y de muchas de las principales hasta desaguar en los álveos naturales, como ríos, arroyos, ramblas, barrancos, etc., y que se hallan representadas á veces en esta comarca por vaguadas secas que se denominan *clamor*.

Los canales de descarga forman, por lo tanto, parte de la red de azarbes, y, como los verdaderos colectores de las filtraciones y ameramientos, se convierten en las regiones inferiores de los valles en una nueva canalización, utilizable mientras las vaguadas se mantienen á suficiente altura para dominar zonas de riego.

Las dimensiones de los escurredores requieren un estudio especial en cada caso, y la de los canales de descarga entran en el problema técnico de los proyectos de canales y acequias. Se ha creído oportuno manifestar á qué entidades corresponden los gastos que esto supone.

EJEMPLOS

Fórmulas y tablas.

Empleo de las fórmulas.

1.º La primera fórmula que hemos aplicado en esta Cartilla es la que relaciona los riegos de volumen determinado con la dotación de agua por segundo y hectárea y con el tiempo.

Con ella se ha calculado la tabla núm. 1 y puede aplicarse para resolver directamente sencillos problemas.

Dicha fórmula es:

$$V = t \times d \times 3.600.$$

V = volumen de agua por riego y hectárea.

t = tiempo, en horas, necesario para un riego (3.600 segundos una hora).

d = dotación de agua por segundo y hectárea.

Se supone siempre conocido V que ha de fijar el agricultor por condiciones de terreno, cultivo y tiempo.

Puede deducirse t ó d dando el valor de una de estas cantidades.

Sea, por ejemplo: ¿Qué dotación habrá de señalarse por hectárea y segundo para regar un predio en siete días?

Se parte del dato de riego de 700 metros cúbicos por hectárea.

$$d = \frac{V}{t \times 3.600}$$

$V = 700$ metros cúbicos, 700.000 litros.

$t = 7$ días, 168 horas.

$$d = \frac{700.000}{168 \times 3.600} = \frac{700.000}{604.800} = 1,15 \text{ litros por } 1''.$$

Es claro que si se quiere regar 35 hectáreas en las condiciones dichas de turno de siete días y riego de 700 metros cúbicos, deberá llevar la acequia

$$35 \times 1,15 = 40,25 \text{ litros por segundo.}$$

Si, por el contrario, se tuviese fija la dotación y se quiere determinar el tiempo necesario para el riego, se aplicará la misma fórmula deduciendo el valor de t

$$t = \frac{V}{d \times 3.600}$$

sea un cauce que lleve 2 litros por hectárea regable, y se quiere dar 700 metros cúbicos á cada hectárea

$$t = \frac{700.000}{2 \times 3.600} = 97,22 \text{ horas.}$$

2.º La segunda fórmula que hemos empleado relaciona la superficie regada con el tiempo necesario para el riego con un caudal de un litro por segundo, siempre considerando como dato el caudal de agua por hectárea que se asigna á un riego.

La fórmula es:

$$S \times V = 86.400 \times t$$

S = superficie en hectáreas.

V = volumen en metros cúbicos por hectárea regada.

t = tiempo en días que se asigna para cada riego.

Supongamos $V = 700$ metros cúbicos.

Ejemplo de aplicación: ¿Cuánto tiempo se tardará en regar con un litro por segundo una superficie de 45 hectáreas?

$$t = \frac{S \times V}{86.400} = \frac{45 \times 700.000}{86.400} = 364,5 \text{ días.}$$

Pero, como bien se comprenderá, este cálculo es meramente auxiliar para llegar con facilidad á los resultados que se deseen.

Los riegos no se hacen nunca con un caudal de un litro por segundo, pero de ese conocimiento se pasa inmediatamente al resultado práctico.

Sabiendo que con un litro se necesitan 364,5 días para regar las 45 hectáreas, se deduce que con una reguera de 30 litros se necesitará un tiempo 30 veces menor,

$$\frac{364,5}{30} = 12,15 \text{ días;}$$

con dos regueras se necesitará la mitad, ó sean 6,07 días.

Si en vez de fijar la superficie se conociese el tiempo, la fórmula daría

$$S = \frac{86.400 \times t}{V}$$

sean como antes riegos de 700 metros cúbicos y $t = 12$ días

$$S = \frac{86.400 \times 12}{700.000} = 1,481 \text{ hectáreas,}$$

y siendo conocido el riego que puede hacer un litro por segundo, para tener el de una regadera de 30 litros bastaría multiplicar por 30:

$$S = 1,481 \times 30 = 44,43 \text{ hectáreas.}$$

Las demás fórmulas que se han dado en este trabajo son aún más sencillas que las discutidas, y como se han puesto ejemplos de aplicación, parece excusado insistir en su examen.

Empleo de las tablas.

EJEMPLOS

1.º Dada una superficie cualquiera que se ha de regar con un volumen determinado por hectárea, ¿cuánto tiempo se tardará en regarla?

Solución.—Véase la tabla núm. 1.

Una reguera de 30 litros por segundo aplicada á una hectárea de terreno, representa la dotación de 30 litros por hectárea y necesita para el riego 0,208 días.

Para 340 hectáreas tardará $340 \times 0,208$	70,72 días.
Con dos regueras	56,36 »
Con tres ídem	23,57 »

2.º Dada la superficie y condiciones del riego, determinar el caudal necesario.

Sean 236 hectáreas á regar en 9 días con 700 metros cúbicos por hectárea.

Solución.—Un litro riega en 9 días, con 700 metros cúbicos, 1,1108 hectáreas. Si se divide el número de hectáreas que se han de regar por la superficie que riega un litro, se tendrá el número de litros necesarios (tabla número 2).

3.º Sea una finca de 68 hectáreas de olivar y cereales, que se riega de modo irregular según las condiciones de la sequía y tempero, y supongamos que se quiera dar un riego fuerte de 1.000 metros cúbicos por hectáreas.

¿Qué cantidad de agua se necesita? ¿Qué debe pedirse en metros-horas (m. h.)?

Véase la tabla núm. 1. Una reguera de 30 litros, aplicada á una sola hectárea, puede dar un riego de 1.000 metros cúbicos en 9,26 horas = 0,386 días.

Las 68 hectáreas se podrán regar en un número de horas.

$$68 \times 9,26 = 630 \text{ horas (en días, 26,25 días).}$$

(En estos cálculos se pueden redondear las cifras puesto que después se ha de dar un aumento prudencial.)

Resulta para un riego 30 litros por 1" = $0,03 \text{ m}^3 \times 630$ horas = 18,9 m. h.

Esto es lo que hay que pedir y pagar, y puede utilizarse

Con una reguera durante	26,25 días.
O con dos ídem	13,02 »
O con tres ídem	8,75 »

El número de regueras que pueden utilizarse depende de la potencia de las acequias de distribución y cuadro de los riegos y lo determinan los horarios.

Veamos cuánto costará el riego de una hectárea man-

teniendo el supuesto de 2 pesetas, un metro-hora = 3.600 metros cúbicos.

Los 18,9 m. h. costarán $18,90 \times 2 = 37,8$ pesetas, y como con esa dotación se riegan 68 hectáreas, el precio del riego de cada hectárea con 1.000 metros cúbicos por hectárea será 0,555 pesetas.

El cálculo directo del coste es sencillo.

El metro-hora es, como se ha visto, un caudal de 3.600 metros cúbicos, y vale, según la hipótesis hecha, 2 pesetas cada metro-hora.

Para un riego de una hectárea queremos emplear 1.000 metros; su coste será:

$$1.000 \times \frac{2}{3.600} = 0,555.$$

4.º Supongamos una finca de huerta de 3,2 hectáreas, á la que, por la marcha de los cultivos, conviene dar un riego cada seis días próximamente con un caudal de 540 metros cúbicos por hectárea.

Siguiendo la marcha antes indicada, se verá en la tabla que con una reguera de 30 litros se puede dar á una hectárea un riego de 540 metros cúbicos en 5 horas.

$3,20 \text{ hectáreas} \times 5 = 16$ horas, dan el tiempo necesario para regar toda la huerta.

Unidades gastadas, 30 litros en 16 horas = $0 \text{ m}^3,03 \times 16 = 0,48$ m. h., que es la cantidad necesaria cada 6 días.

Coste del riego en los supuestos anteriores, $0,48 \times 2 = 0,96$ pesetas.

$$\text{Precio del riego de la hectárea } \frac{0,96}{3,20} = 0,30.$$

El cálculo directo del coste del riego de 540 metros cúbicos será $\frac{540 \times 2}{3.600} = 0,30$.

5.º Riego de una acequia de comunidad de la que dependen:

22 hectáreas de cultivo intensivo.
26 ídem íd. menos intensivo.
18 ídem íd. menos intensivo.
600 ídem íd. riego eventual.

672

		Dotaciones por hectárea
Fijemos las dotaciones con riegos de 540 m ³	Primer grupo, riego 4,16 días	1,5 litros 1"
	Segundo ídem, íd. 6,94 íd.	0,9 »
	Tercer ídem, íd. 12,50 íd.	0,5 »
Dotación total:	$22 \times 1,5 = 33$ litros.	
	$26 \times 0,9 = 23,4$	
	$18 \times 0,5 = 9$	
	66	65,4

Supongamos que la dotación de la acequia para las 672 hectáreas sea de 280 litros por segundo; descontados los 65,4 litros, quedarán disponibles para el segundo grupo $280 - 65,4 = 214,6$ litros por 1", y corresponderá por hectáreas $\frac{214,6}{606} = 0,354$ litros por 1".

Si se quieren dar riegos de 700 metros cúbicos, les corresponden 23 días próximamente por riego, y se podrán dar al año $\frac{360}{23} = 15$; número excesivo, pues únicamente se necesitan 5 ó 6.

El coste del riego de una hectárea con 540 metros cúbicos será, como se ha visto, de 0,30, y, por lo tanto, el precio de un riego completo de huerta, $66 \times 0,30 = 19,8$ pesetas.

El riego de cereales con 700 metros cúbicos por hectárea será $\frac{700 \times 2}{3.600} = 0,388$ pesetas por hectárea.

Las 66 hectáreas cuestan por riego 235,13 pesetas.

Tiempo empleado en un riego de una superficie cualquiera con volumen determinado por hectárea variando el caudal suministrado por hectáreas y 1".

Litros por hectárea y segundo.	RIEGOS DE 540 M ³		RIEGOS DE 700 M ³		RIEGOS DE 1.000 M ³	
	Tiempo necesario para el riego.		Tiempo necesario para el riego.		Tiempo necesario para el riego.	
	Horas.	Días.	Horas.	Días.	Horas.	Días.
0,10	1.500,00	62,50	1.944,00	81,02	2.777,00	115,84
0,20	750,00	31,25	972,00	40,51	1.388,80	57,87
0,30	500,00	20,83	646,00	27,00	925,90	38,58
0,33	454,50	18,937	589,00	24,55	841,70	35,07
0,40	375,00	15,620	486,00	20,26	694,40	28,94
0,50	300,00	12,500	389,00	16,20	555,50	23,15
0,60	250,00	10,41	324,00	13,50	462,90	19,24
0,70	214,00	8,92	278,00	11,57	395,80	16,53
0,80	187,00	7,81	243,00	10,13	347,10	14,47
0,90	166,00	6,94	216,00	9,00	308,60	12,86
1,00	150,00	6,25	194,00	8,10	277,77	11,574
2,00	75,00	3,12	97,00	4,051	138,88	5,787
3,00	50,00	2,08	64,60	2,700	92,59	3,858
4,00	37,50	1,56	48,60	2,026	69,44	2,894
5,00	30,00	1,25	38,90	1,620	55,55	2,315
6,00	25,00	1,04	32,40	1,350	46,29	1,929
7,00	21,40	0,892	27,80	1,157	39,68	1,653
8,00	18,70	0,781	24,30	1,013	34,72	1,447
9,00	16,60	0,694	21,60	0,900	30,86	1,286
10,00	15,00	0,625	19,40	0,810	27,77	1,157
15,00	10,00	0,416	13,00	0,540	18,51	0,771
20,00	7,50	0,312	9,72	0,405	13,89	0,579
25,00	6,00	0,250	7,80	0,324	11,11	0,463
30,00	5,00	0,208	6,46	0,270	9,26	0,386
35,00	4,28	0,178	5,55	0,231	7,93	0,330
40,00	3,75	0,156	4,86	0,202	6,94	0,289
45,00	3,33	0,138	4,32	0,180	6,17	0,257
50,00	3,00	0,125	3,89	0,162	5,55	0,231

La fórmula para calcular esta tabla es la siguiente:

Tiempo en horas = $\frac{V}{D} = \frac{V}{3.600} \times \frac{1}{d}$, hay que hallar el valor $\frac{V}{3.600}$ y dividir por d .
 d = dotación del riego por 1".
 D = dotación por hora $d \times 3.600$.
 V = volumen de agua asignado á cada riego.

ESTUDIO DEL RIEGO DE UNA FINCA

Aunque las cuestiones tratadas en esta Cartilla y los numerosos ejemplos que se presentan permiten resolver los problemas que pueden ofrecer los riegos dentro del objetivo de este trabajo, vamos á examinar en conjunto la cuestión tal y como puede presentarse á un propietario que desee dedicar á riegos una parte de su finca ó la totalidad, que supondremos que tiene gran extensión para dar lugar á combinaciones de diversos empleos del agua.

Sea, por ejemplo, una finca de 1.680 hectáreas de cabida, en la que dominan los cultivos de cereales, olivar y viñedo, pero que ofrece grandes proporciones adecuadas para el cultivo intensivo y semi-intensivo.

El propietario por sí, ó asesorado por personas competentes, debe hacer el estudio previo y detenido de sus terrenos, determinando la superficie que hay bajo riego, y dividiéndola en porciones destinadas á diversos cultivos.

En este punto hay que atender no solamente á las circunstancias de los terrenos, sino también á los recursos del dueño de los mismos y á sus planes de utilización, ya sea para introducir cultivos de huerta, ya para las industrias agrícolas, etc.

Todo esto sale de nuestro plan. En relación con el riego, deben tenerse presentes indicaciones hechas en la Cartilla.

Supongo que, como consecuencia de ese estudio, llega á decidir el propietario que su finca se debe distribuir para el riego del modo siguiente:

- 8 hectáreas para cultivos intensivos.
- 11 ídem íd. íd. menos intensivos.
- 25 ídem de arbolados que requieren mayor número de riegos que los cereales.
- 1.636 ídem de cereales y olivar.
- 1.680

Las 1.636 hectáreas se han de regar por la configura-

Núm. 2.

Superficie que puede regarse con 1 litro por 1" con diversas potencias de riego y en plazos variables de 6 á 120 días, y volumen de agua que corresponden á las mismas condiciones de riego.

CANTIDAD de agua en cada hectárea. — Metros cúbicos.	PERÍODOS.—DURACIÓN DE CADA RIEGO DÍAS															
	6	7	8	9	10	11	12	15	20	30	40	50	60	70	90	120
	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.	Hects.
500	1,0368	1,2096	1,3824	1,5552	1,7280	1,9008	2,0739	2,5920	3,456	5,184	6,912	8,640	10,368	12,096	15,552	20,739
540	0,96	1,120	1,280	1,44	1,60	1,76	1,92	2,40	3,20	4,80	6,40	8,00	9,60	11,20	14,40	19,20
600	0,864	1,008	1,152	1,296	1,440	1,584	1,728	2,16	2,88	4,32	5,76	7,20	8,64	10,08	12,96	17,28
700	0,7406	0,8640	1,0874	1,1108	1,234	1,358	1,481	1,851	2,468	3,703	4,936	6,171	7,406	8,640	11,108	14,810
800	0,648	0,756	0,864	0,972	1,080	1,188	1,296	1,620	2,160	3,240	4,320	5,400	6,48	7,56	9,72	12,96
900	0,576	0,672	0,786	0,864	0,960	1,056	1,152	1,440	1,920	2,88	3,84	4,800	5,76	6,72	8,64	11,52
1.000	0,5184	0,6048	0,6912	0,776	0,864	0,9504	1,0368	1,296	1,728	2,592	3,456	4,320	5,184	6,48	7,776	10,368
Volumen en m ³ por riego ó turno con 1 litro por 1" ..	518,4	604,3	691,2	777,6	864,0	950,4	1033,8	1296,0	1728,0	2592,0	3456,0	4320,0	5184,0	6480,0	7776,0	10368,0

S = superficie regable en hectáreas.
 V = volumen en litros que se asigna á una hectárea y riego.
 t = tiempo en días que se asigna para un riego
Los volúmenes están expresados en el último renglón.

En un día se suministra con 1 litro 86.400 litros.
 $S \times V = t \times 86.400$.
 $S = \frac{86.400}{V} \times t$.

ción del terreno, por medio de cuatro acequias, que tienen bajo su plano de agua las superficies siguientes:

1. ^a acequia.....	425	hectáreas.
2. ^a ídem.....	642	»
3. ^a ídem.....	386	»
4. ^a ídem.....	183	»
	1.636	

Con este plan ha de proceder el propietario á fijar un caudal máximo para riego de cada hectárea, el cual depende de las condiciones del suelo y de los cultivos, y el cual le ha de servir para sus estudios de acequias y de coste de establecimiento y valor del agua empleada; pero estas estimaciones á nada le liga y puede modificar como le convenga.

Suponemos que adopte para riegos de huerta cada riego	540 m. ³
Prados y análogos.....	700 »
Arbolado.....	700 »
Cereales.....	1.000 »

Desde este momento el propietario tiene definida su finca y entra fácilmente en el problema del riego.

Primer grupo: 8 hectáreas de huerta.—Supongamos que durante 180 días se ha de regar cada 6 $\frac{1}{2}$ días. No se olvide que los riegos son de 540 metros cúbicos.

Véase tabla 1.^a En el cuadro de riegos de 540, columna Días, se encuentra que para 6,25 días de turno se necesita 1 litro por 1''.

Aunque basta el riego cada 6 $\frac{1}{2}$ días, podemos y aun debemos tomar ese tipo, por causa de las pérdidas.

Para las 8 hectáreas se necesitará, por lo tanto, una acequia que lleve 8 litros *permanentemente* durante los 180 días de cultivo de huerta.

Este pequeño caudal no se debería llevar aislado; por consiguiente, habría que hacer balsa reguladora; pero no es necesario, porque este riego se combina con otros, como se verá.

Pero supongamos, para examinar todos los casos, que fuese riego aislado.

Se embalsaría el agua para regular el riego y se haría éste con regueras de 30 litros, por ejemplo; que saliesen de la balsa.

Véase la misma tabla núm. 1.—Con 30 litros por hectárea se riega una hectárea (con 540 metros) en 5 horas; por lo tanto, se echaría el agua cada 5 horas á 1 hectárea, y con una ó más regueras se podían regar las 8 hectáreas en los 6 y $\frac{1}{2}$ días con el caudal fijado de un litro por 1''.

Segundo grupo.—11 hectáreas (menos intensivo).—Supongamos que se quiere regar cada 9 días (recuérdese que con 100 metros cúbicos por hectárea). Tabla núm. 1, columnas de Días núm. 9, al frente, se encuentra que la dotación es 0,90 litros por 1''. Como son 11 hectáreas, debe llevar la acequia durante el período del riego $11 \times 0,9 = 9,9$ litros por 1''; con este caudal estamos seguros de poder regar 11 hectáreas cada 9 días.

Tercer grupo.—25 hectáreas (riego menos intensivo).—Sea cada 20 días.

Véase tabla núm. 1, frente al núm. 20,26 (columna de 100 metros por hectárea); dotación: 0,40 litros.

Caudal necesario, $25 \times 0,40 = 10$ litros por 1''.

Ya tenemos la cantidad de agua que debe pedirse durante el período de riego.

	Litros.
Primer grupo.....	8
Segundo ídem.....	9,9
Tercer ídem.....	10,0
Total.....	27,9

ó sean 29 litros para redondear y cubrir pérdidas.

Una acequia de 29 litros por 1'' es una reguera manejable, de modo que no habría más que llevarla á cada bancale durante el tiempo que correspondiese á su superficie y al volumen del riego.

Este caudal de agua se pide como resulta de su determinación: 29 litros por 1'' durante 180 días.

¿Cuánto cuesta ese volumen de agua?

Puede determinarse de muchos modos, según se ha visto en la cartilla, pero vamos á hacerlo por riegos.

¿Cuánto cuesta el riego de una hectárea con 540 metros cúbicos y con 700 metros cúbicos?

El precio de 3.600 metros cúbicos se ha supuesto en la cartilla de 2 pesetas. Un metro cúbico de agua vale, por tanto,

$$\frac{2}{3.600} = 0,000556 \text{ pesetas.}$$

$$\begin{array}{l} 540 \text{ m}^3 \text{ valdrán } \dots\dots\dots 540 \times 0,000556 = 0,30 \\ \text{y } 700 \text{ m}^3 \text{ valdrán } \dots\dots\dots 100 \times 0,000556 = 0,389 \end{array}$$

Las 8 hectáreas que se riegan con 540 m³ ocasionan cada 6 y $\frac{1}{2}$ días, es decir, cada riego completo, el gasto: $8 \times 0,3 = 2,4$ pesetas.

11 hectáreas que se riegan cada 9 días: $11 \times 0,389 = 4,28$ pesetas.

25 hectáreas cada 20 días: $25 \times 0,389 = 9,725$ pesetas.

En total:

$$\begin{array}{r} 2,40 \\ + 4,28 \\ + 9,725 \\ \hline \end{array}$$

16,405 pesetas cada riego completo.

Pasemos al cultivo de cereales con sus cuatro parcelas de

425	hectáreas.
642	»
386	»
183	»

Hemos supuesto riegos de 1.000 metros cúbicos.

La primera acequia debe conducir para un riego

$$425 \times 1.000 = 425.000 \text{ m}^3.$$

La capacidad de la acequia ha de depender del tiempo que se quiera emplear en el riego. Supongamos que quiere hacerse en 15 días.

Véase la tabla núm. 2.—Con un litro se riegan con 1.000 m³ en 15 días 1.296 hectáreas; para regar 425 hectáreas se necesitan $\frac{425}{1.296} = 328$ litros por segundo (a).

Del mismo modo se calcularán las demás acequias.

Si se tuviesen acequias de capacidad determinada (tantos litros por 1'') se deduce el tiempo por medio de la tabla. Sea una acequia de 328 litros por 1''.

Á cada litro le corresponde una superficie $\frac{425}{328} = 1.296$ hectáreas por litro, buscando ese número en la tabla número 2 (riegos de 1.000 litros) se encuentra el período de 15 días.

¿Cuánto cuesta el riego de las 425 hectáreas?

Se ha visto que el metro cúbico de agua vale 0,000556;

de modo que los 1.000 litros valen 0,556 pesetas; éste es el riego de una hectárea y el de las 425

$$425 \times 0,556 = 263,30 \text{ pesetas.}$$

Finalmente: ¿cómo se riega con acequias de 100, 200 ó 700 litros por 1''?

Se ha explicado cómo se hace. Vamos á aplicar á nuestro ejemplo de 425.000 m³ en 15 días.

Admitimos que se empleen regueras de 30 litros por 1''. Cada reguera suministra en un día $30 \times 86.400'' =$ litros $2.592.000 = 2.592 \text{ m}^3$ (86 400 son los segundos que tiene el día) en 15 días dará $2592 \times 15 = 38.880$.

Los 425.000 m³ necesitarán tantas regueras como veces contengan á este número $\frac{425.000}{38.880} = 10,9$, sean 11 regueras (1).

Con este número de regueras se distribuirá el agua de la acequia regando toda la superficie en los 15 días.

¿Cuánto tardará una reguera en regar una hectárea? Véase tabla 1.^a; al frente de 30 litros, columna de 1.000 m³, se encuentra 9,26 horas.

SERVICIO CENTRAL HIDRÁULICO (2)

PROCEDIMIENTOS DE AFORO

EXPERIMENTOS EN LA UNIVERSIDAD DE CORNELL (ESTADOS UNIDOS) (3)

El Ingeniero americano Mr. Rafter, después de estudiar los trabajos de Mr. Bazin, juzgó que los coeficientes definidos por éste podían extenderse sin error apreciable hasta una carga sobre el umbral del vertedero de unos 4 pies (1^m,22), y sobre esta base construyó un cierto número de curvas de derrame. Un estudio ulterior indicó la probabilidad de que algunas de las series de Mr. Bazin, en especial las números 130 y 135 y algunas otras, podían algunas veces dar valores demasiado altos para los coeficientes, en corrientes profundas, por la razón de que para cargas sobre el umbral comprendidas entre 0 y 0^m,18 á 0^m,30 las láminas eran deprimidas y adherentes, y desde 0^m,18 á 0^m,30 en adelante eran anegadas por debajo, lo que indicaba que en las condiciones en que se realizaron los experimentos no estaba bien asegurada la libre admisión del aire por debajo de las láminas. Por otra parte, el mismo Mr. Bazin señaló el hecho de que en sus experimentos no había alcanzado el perfecto desprendimiento de la lámina.

(1) Cuando se utiliza una acequia de caudal determinado, el número de regueras se obtiene sencillamente. Hemos visto en ésta (a) que para las 425 hectáreas se necesita una acequia de 328 litros por 1'' corriendo durante 15 días.

Para regar 30 litros por 1'' se necesitan $\frac{328}{30} = 11$ en números enteros.

(2) Véase el número 1897 de esta REVISTA.

(3) Los resultados completos aparecen en los cuadernos de Marzo, Mayo y Agosto de 1900 de la revista de la *American Society of Civil Engineers*.

Además, los vertederos de Mr. Bazin se construyeron con los frentes planos, lo que ofrece gran facilidad para la adherencia de las láminas, mientras que los de Mr. Rafter presentaban un reborde saliente, de modo que la lámina de agua caía libremente en el aire.

En Abril de 1899 visitó Mr. Rafter el laboratorio hidráulico de la Universidad de Cornell, y observó que, por sus condiciones, ofrecía una oportunidad para realizar experimentos sobre vertederos con cargas muy elevadas, como hasta entonces no había sido posible hacerlo.

Habiendo comunicado sus impresiones á la «United States Board of Engineers on Deep Waterways», fué autorizado para emprender una serie de experimentos en cooperación con la citada Universidad. El canal en que se hicieron los experimentos tenía los costados y el fondo de hormigón. Medía 418 pies (127^m,41) de longitud, 16 pies (4^m,88) de ancho y 10 pies (3^m,05) de profundidad. La pendiente del fondo del canal era de 1 : 500. Una mampara formada con maderos encuadrados y situada á unos 60 pies (18^m,29) del extremo superior, dividía el canal en dos cámaras. Sobre esta mampara se dispuso un vertedero tipo, con umbral en arista viva, de 16 pies (4^m,88) de longitud. La cámara superior tenía paredes laterales más altas que la inferior, pudiendo admitir una profundidad de agua de 17,7 pies (5^m,36). En el extremo inferior del canal se colocó otra mampara ó presa que cerraba la cámara inferior, en la que se construyeron los vertederos que se habían de experimentar. Esta presa medía aproximadamente una altura de 4,8 pies (1^m,42) sobre el fondo del canal. Las alturas variaban ligeramente para cada vertedero que se experimentaba. En las tablas donde se consignan los resultados, figura al lado de cada serie de experimentos la sección transversal del vertedero.

Para poder obtener cargas sobre el umbral de 5 pies (1^m,52) en el vertedero inferior, los 16 pies (4^m,88) del canal se reducen á un ancho de 6,56 pies (2^m), por medio de una canal formada con maderos dentro del canal de fábrica. Este canal tiene el ancho de 6,56 pies (2^m) en una longitud de 48 pies (14^m,63) por encima del vertedero, y á partir de esta distancia se ensancha en forma de embudo hasta tomar el ancho normal de 16 pies (4^m,88). Este embudo tiene una longitud de 8,3 pies (2^m,51). La caída vertical del agua desde el umbral del vertedero en que se practicaban los experimentos hasta la roca inferior, era próximamente de unos 12,2 pies (3^m,71).

Había un estanque encima del depósito principal, cuyo nivel se elevaba sobre el de éste cerca de 1,7 pies (0^m,48) por medio de tablas que obstruían el canal de desagüe. La superficie del agua así obtenida alcanza una altura de 5,4 pies (1^m,63) sobre el umbral del vertedero tipo. La admisión del agua en la cámara superior se hacía por medio de seis compuertas de madera, manejadas por medio de cremalleras.

La arista aguda del vertedero tipo estaba constituida por un hierro en ángulo de 3,5 pies (1^m,04) de longitud por 5 pulgadas (0^m,18) de altura, sujeto por medio de tornillos á un madero de roble de 6 por 12 pulgadas (0^m,15 x 0^m,30) de escuadría. Los extremos del vertedero estaban dispuestos de un modo análogo al adoptado por Mr. Bazin, á fin de permitir la entrada libre del aire por debajo de la lámina. La altura de caída del agua desde el umbral del vertedero tipo á la superficie del agua en la cámara inferior, variaba de 3 á 8 pies (0^m,915 á 2^m,438), según el caudal de la corriente.

A continuación se exponen los resultados obtenidos por Mr. Rafter en 21 series de experimentos, de las que dedujo los coeficientes que se expresan.