



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS



CÓMO MEDIR EL AGUA DE RIEGO

INIA-INTIHUASI
PROYECTO PROMM - IV REGIÓN
CARTILLA DIVULGATIVA N° 05
AGOSTO 1994

El Centro Regional, de investigación **INTIHUASI**
del Instituto de Investigaciones Agropecuarias
presenta esta 5° Cartilla Divulgativa,
correspondiente a una serie de documentos de este tipo,
realizados con financiamiento del proyecto **PROMM**.

Editores : **Alfonso Osorio**, Ing. Agr. MSc.
Francisco Mesa, Ing. Agr.
Departamento de Recursos Naturales y medio Ambiente
Roberto Salinas
Unidad de Comunicaciones INTIHUASI.

Diagramación : **Jorge Berríos V.**
Corrector : **Luis Puebla L.**
Impresión : **Talleres Gráficos INIA.**

1) IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DE CAUDALES

Los derechos o acciones sobre un río o canal, por lo general aparecen en la escritura de propiedad del predio. Cada acción o regador representa una parte conocida o "alícuota" del caudal total que fluye por el río o canal. De esta forma si un canal fue diseñado para conducir 1000 l/s de agua y tiene inscritas 1000 acciones, cada acción equivaldrá a 1 l/s. Un agricultor que tenga derechos por 30 acciones, dispondría de 30 l/s cuando el canal conduzca los 1000 l/s. Si el canal conduce menos agua el valor de la acción disminuirá proporcionalmente.

Por otra parte, en algunos sistemas de riego de la IV Región, una acción de agua equivale a un volumen de agua por hectárea/año (3.000 - 5.000 m³/ha/año, por ejemplo); teniendo el usuario la posibilidad de extraer del canal un determinado caudal en un tiempo definido. De esta forma, el usuario debe regular las extracciones que realice en la temporada para ajustarse al número de acciones que le pertenecen, equivalentes a un volumen total de agua.

Las variaciones de caudal en el río y en los canales se producen durante las diferentes épocas del año, lo cual hace variar el valor de cada acción o regador. De ahí entonces la importancia de poder determinar con alguna seguridad los caudales reales que recibe el predio, para poder planificar la superficie a regar especialmente en los meses de máximo consumo.

Al conocer la disponibilidad de agua del predio y la demanda de los cultivos, se puede saber la superficie factible de regar:

$$\text{Superficie regable (ha)} = \frac{\text{Oferta (l/s)}}{\text{Demanda (l/s/ha)}}$$

Tal antecedente es válido a nivel de todo el canal, como a nivel de cada predio.

2) METODOS PARA LA MEDICION DE CAUDALES

Entre los métodos más utilizados para medir caudales de agua se encuentran los siguientes:

- 1. Método del flotador**
- 2. Método volumétrico**
- 3. Método de la trayectoria**
- 4. Estructuras de medida**

2.1) MÉTODO DEL FLOTADOR

El método del flotador se utiliza en los canales y acequias y da sólo una medida aproximada de los caudales. Su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son estimativos del caudal, siendo necesario el uso de otros métodos cuando se requiere una mayor precisión.

- Materiales

Se elige un tramo del canal que sea recto y de sección transversal uniforme, de alrededor de 30 metros de largo, donde el agua escurra libremente.

Se marca en el terreno la longitud elegida y se toma el tiempo que demora el flotador en recorrerla, con el fin de conocer la velocidad que lleva el agua en esa sección (Fig. I).

Como flotador se puede usar cualquier objeto que sea capaz de permanecer suspendido en el agua, como un trozo de madera, corcho u otro material similar, que no ofrezca gran resistencia al contacto con el aire y que se deje arrastrar fácilmente por la corriente de agua.

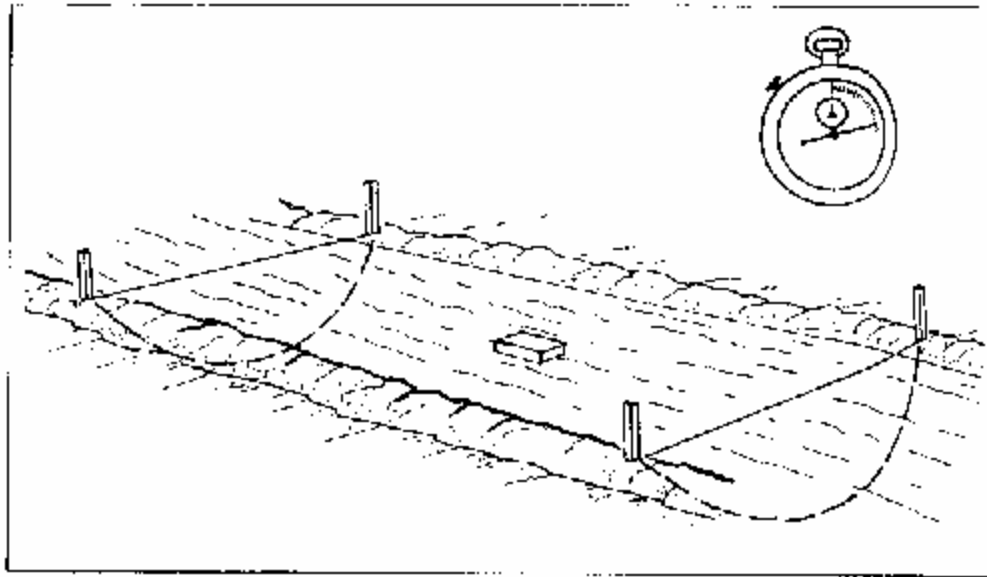


Figura 1. Medición de caudal mediante el método del flotador

- Determinación de la velocidad

Para conocer la velocidad del agua deberá dividirse el largo de la sección elegida, en metros, por el tiempo que demoró el flotador en recorrerla, expresado en segundos, como se indica en la siguiente relación.

$$V = \frac{\text{largo sección (m)}}{\text{tiempo en recorrerla (s)}} = (\text{m/s})$$

El paso siguiente es determinar el área promedio del canal (sección transversal del canal).

- Determinación del área del canal

Se multiplica el ancho promedio del canal por su profundidad, con todas las medidas expresadas en metros (ver Figura 2).

$$A = \frac{(a + b)}{2} * h$$

h = se obtiene de un promedio de las alturas de agua a lo largo del canal en el sector elegido.

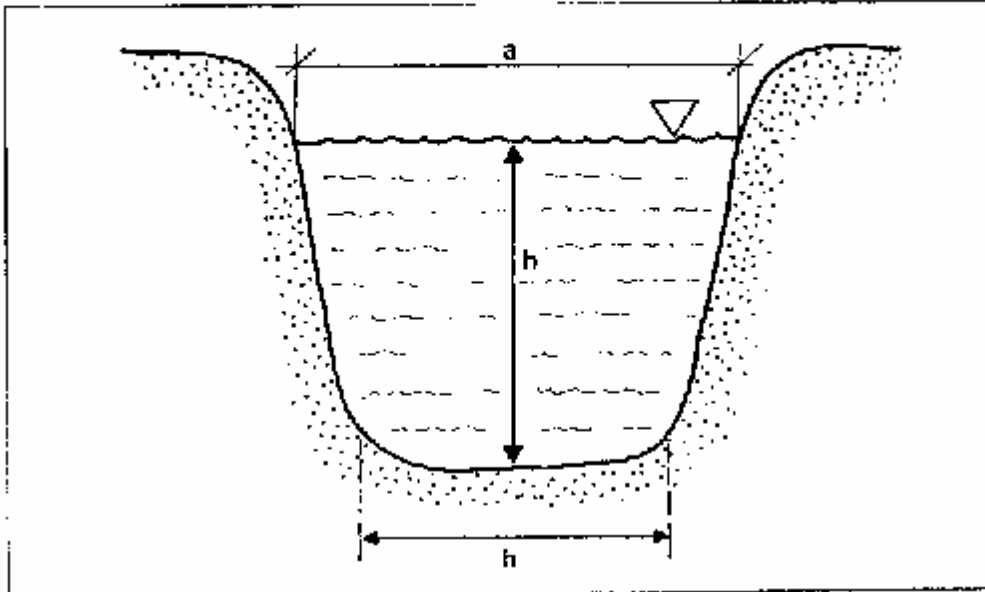


Figura 2. Medidas necesarias para determinar el área de un canal.

Determinación del caudal

Conocida la velocidad (V) del agua y el área (A) del canal, se aplica la siguiente fórmula para calcular el caudal (Q):

$$Q = A \times V \times 850$$

donde:

- Q = caudal en l/s
- A = área del canal en m²
- V = Velocidad en m/s

- Ejemplo para calcular el caudal, utilizando el Método del Flotador

a) Cálculo de la velocidad

Largo sección canal = 10 metros.
Tiempo en recorrerla = 20 segundos.

$$\text{Velocidad} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ m/s}$$

b) Cálculo del área (ver Fig. 3)

$$A = \frac{(0,60 + 0,40)}{2} * 0,30 = 0,15 \text{ m}^2$$

c) Cálculo del caudal

$$Q = 0,15 * 0,5 * 850 = 63,75 \text{ l/s}$$

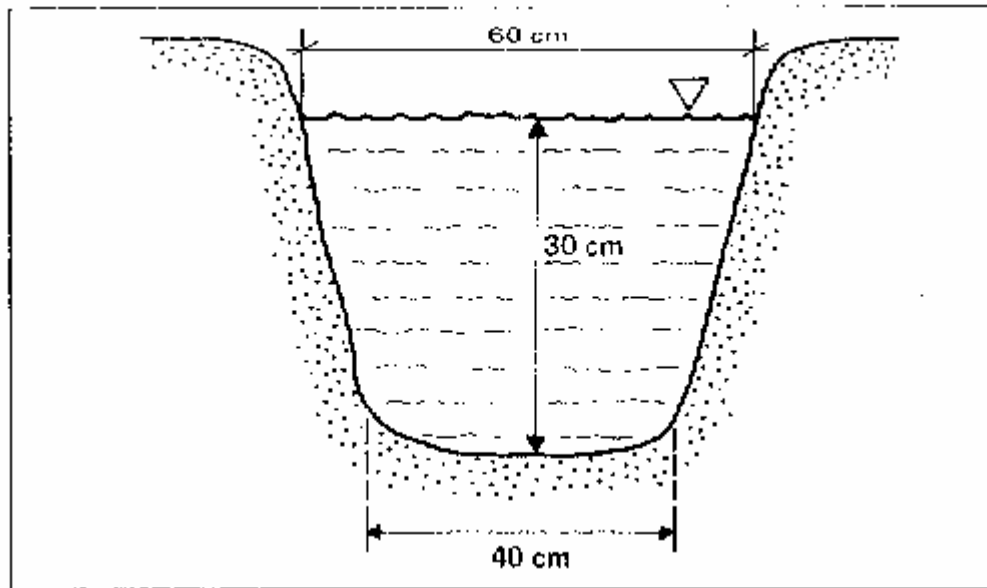


Figura 3 Medidas de la sección del canal del ejemplo, para determinar el área del canal.

Una variante de este método corresponde a aquella que utiliza un "molinete hidráulico" para medir la velocidad del agua a distintas profundidades del canal; multiplicándose dicho valor por el área del canal para la obtención del caudal.

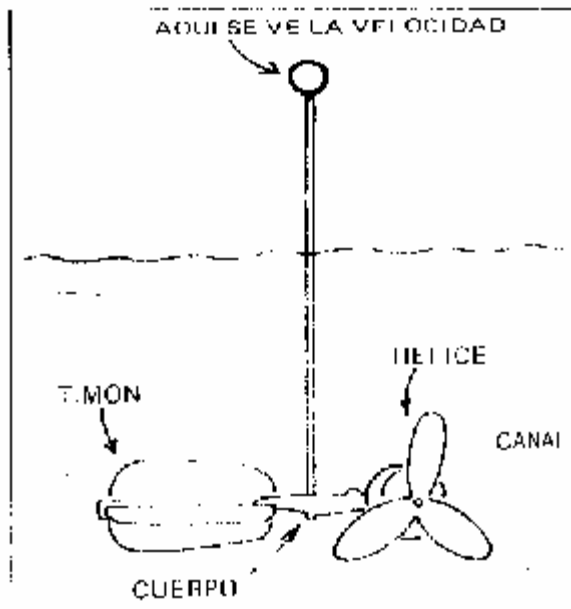


Figura 4: Molinete Hidráulico

2.2) MÉTODO VOLUMÉTRICO

Este método permite medir pequeños caudales de agua, como son los que escurren en surcos de riego o pequeñas acequias. Para ello es necesario contar con un depósito (balde) de CANAL volumen conocido en el cual se colecta el agua, anotando el tiempo que demora en llenarse. Esta operación puede repetirse 2 ó 3 veces y se promedia, con el fin de asegurar una mayor exactitud (Figura S).

Dividiendo el volumen de agua recogido en el recipiente por el tiempo (en segundos) que demoró en llenarse, se obtiene el caudal en litros por segundo.

Ejemplo: Volumen del Balde : 20 litros.
 Tiempo que demoró en llenarse : 10 segundos.

$$\text{Caudal en l/s} = \frac{20}{10} = 2 \text{ l/s}$$

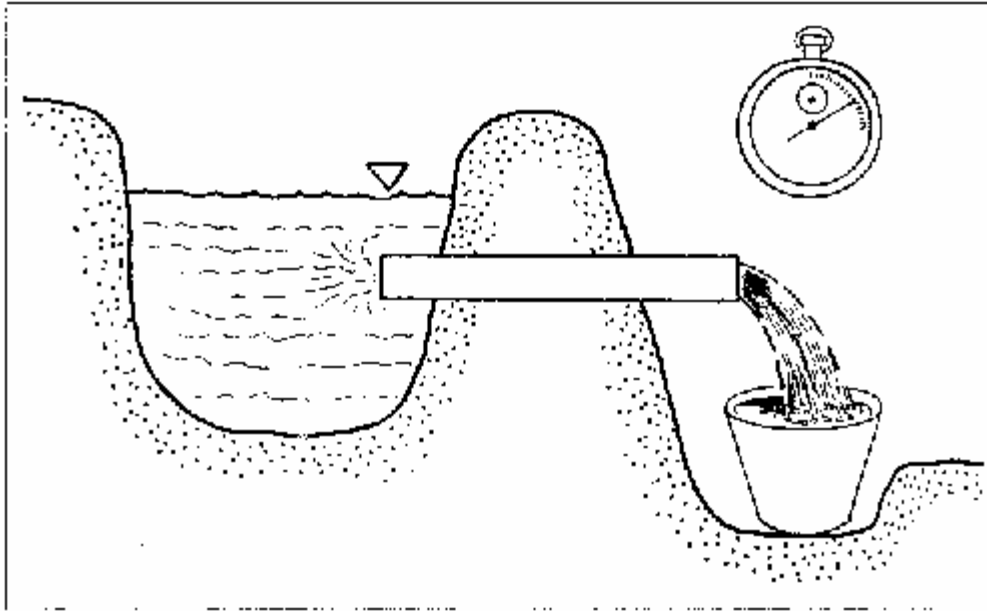


Figura 5. Medición de caudales utilizando un balde y un cronómetro.

2.3) MÉTODO DE LA TRAYECTORIA

Este método es de gran utilidad para el aforo de tuberías y bombas. Con él es posible obtener una aproximación aceptable cuando se usa en forma adecuada. La ventaja que presenta es su fácil y rápida operación.

Procedimiento

El material que se utiliza es una escuadra, cuya forma se indica en la Figura 6 (tubería a nivel). La característica de ella es que uno de sus lados (Y) debe medir 25 cm para poder hacer uso de las tablas que se detallan a continuación. La medición se realiza desplazando la regla hasta que el extremo inferior (mango) roce el chorro de agua que sale del tubo. El lado X de la regla debe quedar paralelo y apoyado en dicho tubo, para medir así la distancia horizontal que hay desde el punto donde el chorro toca la regla, a la boca de salida de la tubería.

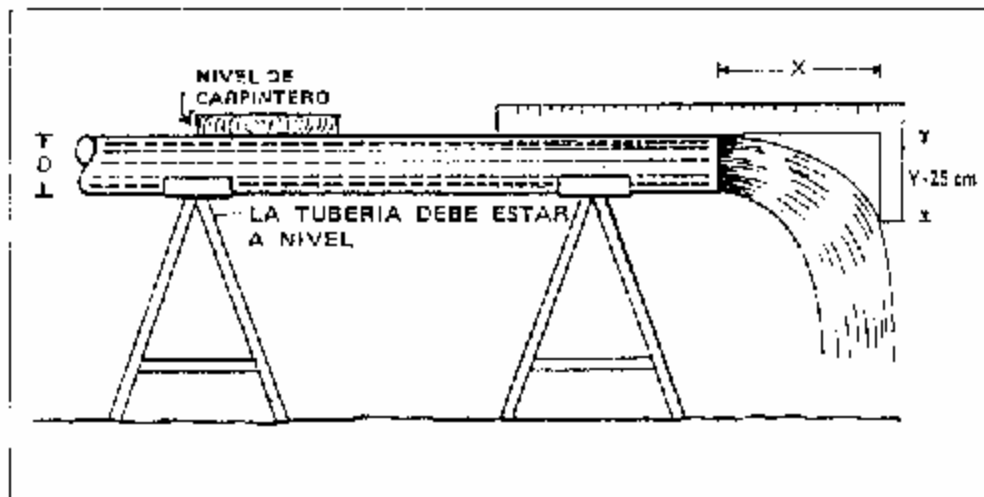


Figura 6. Medición de caudal en una tubería llena en posición horizontal.

La tubería debe estar en forma horizontal. Debe cuidarse que no se produzcan curvaturas a lo largo de ella y que la tubería vaya llena de agua.

Es conveniente hacer varias lecturas con el fin de promediar los resultados y obtener una medición más próxima al caudal verdadero. Una vez realizada la medición en la reglilla horizontal X, se mide el diámetro interno del tubo.

Con estos dos valores se determina el caudal en la Tabla 1.

Ejemplo	:	Lectura sobre la reglilla horizontal (X)	=	40 cm
		Diámetro del tubo	=	5 pulgadas
		Caudal según Tabla 1	=	22.0 l/s

Tabla 1: Caudal en l/s para varios diámetros de tuberías.

Distancia de la trayectoria horizontal en cm (X)	Diámetro de la tubería en pulgadas						
	2"	3"	4"	5"*	6"	8"	10"
	Caudal en l/s						
5	0,4	1,0	1,8	2,7	4,0	7,0	11,0
7,5	0,7	1,5	2,6	4,1	5,1	10,6	16,5
10,0	0,9	2,0	3,5	5,5	7,9	14,1	22,0
12,5	1,1	2,5	4,4	6,9	9,9	17,6	27,4
15,0	1,3	3,0	5,3	8,3	11,8	21,2	33,0
17,5	1,5	3,5	6,2	9,6	13,9	24,6	38,6
20,0	1,8	4,0	7,0	11,0	15,8	28,2	44,0
22,5	2,0	4,4	7,9	12,4	17,8	31,6	49,5
25,0	2,2	4,9	8,8	13,8	19,8	35,2	55,0
27,5	2,4	5,4	9,7	15,1	21,8	38,6	60,5
30,0	2,6	5,9	10,6	16,5	23,7	42,3	66,0
32,5	2,8	6,4	11,5	17,9	25,8	45,8	71,5
35,0	3,0	6,9	12,4	19,2	27,7	49,4	77,0
37,5	3,3	7,4	13,2	20,6	29,7	52,8	82,5
40,0*	3,5	7,9	14,2	22,0*	31,7	56,4	88,0
42,5	3,7	8,4	14,9	23,4	33,6	60,0	93,5
45,0	4,0	8,9	15,7	24,8	35,7	63,5	99,0
47,5	4,2	9,4	16,7	26,1	37,6	67,0	105
50,0	4,4	9,9	17,7	27,5	39,6	70,5	110
52,5	4,6	10,4	18,5	28,9	41,6	74,0	116
55,0	4,8	10,9	19,4	30,2	43,6	77,5	121
57,5	5,0	11,4	20,2	31,6	45,5	81,0	127
60,0	5,3	11,9	21,2	33,0	47,5	84,5	132

* Datos del ejemplo.

2.4) ESTRUCTURAS PARA MEDICIÓN DE AGUAS

Como hemos visto, la medición de caudales puede ser hecha por distintos métodos, sin duda los sistemas más eficientes y exactos son aquellos que utilizan estructuras especiales.

Casi todas las clases de obstáculos que restringen parcialmente la corriente de agua en un canal pueden ser utilizados para medición de caudales, siempre que se les calibre apropiadamente.

Existen, sin embargo, una gran cantidad de sistemas y dispositivos utilizados en la medición de aguas. En este caso, se detallan sólo los más conocidos y sencillos, como son los vertederos y orificios.

VERTEDEROS

Sin duda alguna son los más sencillos y utilizados para medir el caudal de agua en canales abiertos.

Según la forma que se obligue a adoptar a la sección de la vena líquida que circule por él, se clasifican en rectangulares, trapezoidales y triangulares (Figura 7).

La carga o altura de agua que pase sobre la cresta del vertedero debe medirse a una distancia aguas arriba tal, que no sea afectada por la depresión de la superficie del agua que se produce al aproximarse a la cresta. Esto se consigue haciendo las mediciones a una distancia de por lo menos seis veces la carga (altura) máxima a la que puede llegar el vertedero.

La forma más conveniente de realizar las mediciones es clavando una estaca en el fondo del canal o acequia aguas arriba del vertedero, (a la distancia señalada de por lo menos 6 veces la carga de agua a medir), sobre la cual se fija una reglilla graduada en centímetros, cuidando que su origen, el cero, quede a la altura de la cresta del vertedero (Ver Figura 8).

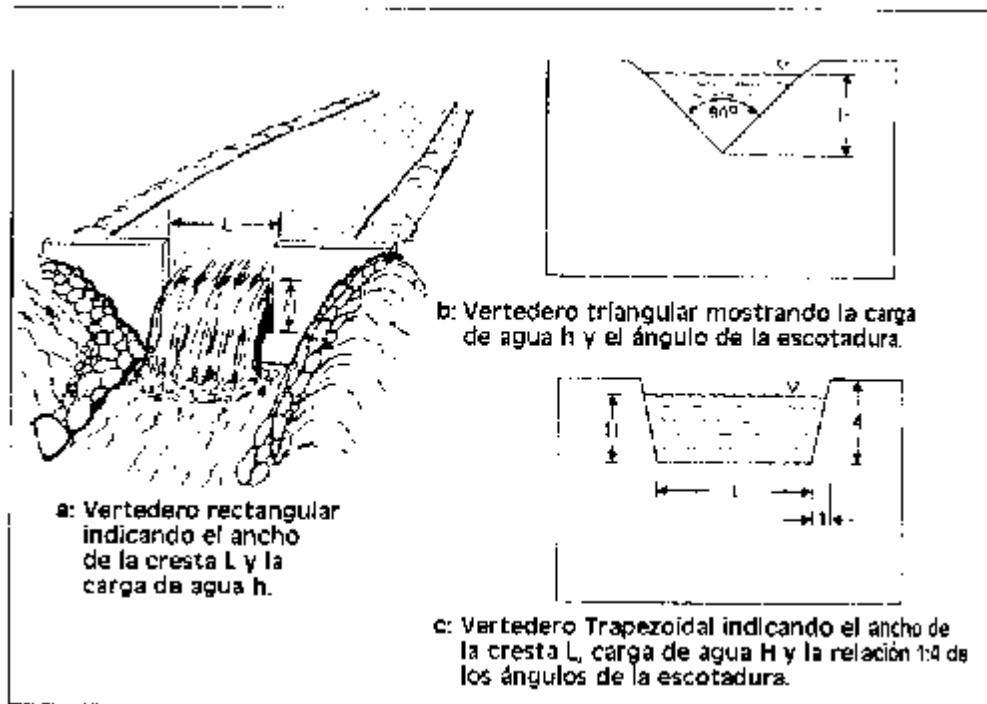


Figura 7: Distintos tipos de vertederos.

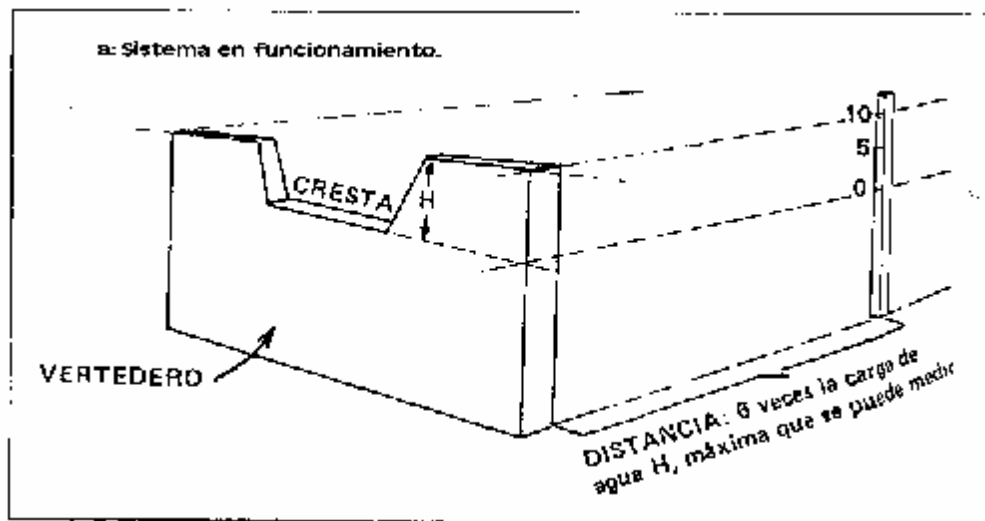


Figura 8: Esquema de medición de la carga de agua que pasa por el vertedero.

Ventajas y desventajas de los vertederos

El uso de vertederos como aforadores de agua ofrece las siguientes ventajas:

- **Exactitud**
- **Simplicidad y sencillez de construcción**
- **No se obstruyen con cuerpos flotantes**
- **Duración**

Entre las desventajas podemos anotar:

- Necesidad de saltos grandes de aguas, con la consiguiente pérdida de altura, lo que hace que su empleo en terrenos nivelados sea casi impracticable.
- Acumulación de grava, arena y limos aguas arriba del vertedero, lo que resta exactitud a las mediciones y obliga a una continua limpieza y mantención.

a) Vertedero rectangular

El vertedero rectangular es uno de los más sencillos para construir y por este motivo, es justamente uno de los más usados a nivel predial.

Su estructura general se puede observar en la Figura 7a. La precisión de la lectura que ofrece está determinada por su nivel de error, que fluctúa entre un 3 y 5%.

Para calcular el caudal o gasto, se pueden utilizar diferentes ecuaciones empíricas; en este caso sólo mencionaremos la de Francis, que es la más utilizada y que corresponde a un vertedero rectangular con contracción lateral (Fig. 7a).

$$Q = 1.84 (L - 0.2 H) H^{3/2}$$

donde:

Q = Gasto en m³/seg.

L = Largo de la cresta de vertedero en metros.

H = Altura o carga leída en el punto de referencia (en metros).

La Tabla 2 indica los caudales en l/s, para distintas cargas de agua (H) en centímetros y diferentes anchos de cresta (L) en metros.

- Ejemplo: Longitud de la cresta del vertedero L = 0,75 m
Altura o carga de agua H = 0,20 m (20,0 cm)
Caudal según Tabla 2 = 116 l/s

b) Vertederos triangulares

Dentro de los vertederos triangulares, el utilizado más comúnmente es el que tiene 90° en su vértice inferior, o sea, la escotadura forma un ángulo recto, tal como se muestra en la Figura 7 b.

Este tipo de vertederos es bastante eficiente, pero sin embargo presenta una gran pérdida de carga; motivo por el cual se recomienda especialmente para caudales pequeños (menores de 110 l/s), ya que en estos niveles de gastos de agua, su precisión es mayor que la de otros tipos de vertederos.

Con la finalidad de calcular el gasto, también existen diferentes fórmulas empíricas, siendo la de King la más usada; y que se indica a continuación:

$$Q = 1,38 H^{5/2}$$

donde,

Q = gasto en ml/s

H = altura o carga en metros

Tabla 2: Caudales en l/s a través de vertederos rectangulares de distintas longitudes de cresta¹.

Altura H en cm	Ancho de la cresta en metros (L)				
	0,25	0,50	0,75*	1,00	1,25
5	5,0	10,1	15,3	20,4	25,6
6	6,4	13,2	20,0	26,7	33,4
7	8,1	16,6	25,2	33,8	46,2
8	9,8	20,2	30,7	41,1	51,6
9	11,5	23,9	36,3	48,7	61,2
10	13,4	28,0	42,5	57,0	71,5
11	15,4	32,2	49,0	66,0	82,8
12	17,2	36,2	55,3	74,4	93,2
13	19,5	41,1	62,8	84,5	105
14	21,4	45,4	69,5	93,5	118
15	23,4	50,1	76,8	103	130
16	25,7	55,1	84,5	114	143
17	27,8	60,0	92,3	125	157
18	30,0	64,9	100	135	170
19	32,3	70,5	109	147	185
20*	34,5	75,5	116*	158	199
21	36,8	81,3	125	170	214
22	39,0	86,4	134	181	228
23	41,3	91,9	143	193	242
24	43,9	98,3	153	203	262
25		104	161	218	276
26		110	172	232	293
27		116	181	246	310
28		121	189	258	325
29		128	200	272	345
30		137	210	286	361
32		145	228	312	395
34		157	248	339	431
36		170	269	369	467
38		186	290	398	506
40		208	334	458	543
42		208	334	458	544
44		220	354	488	623
46		234	378	521	664
48		248	401	554	707
50		260	423	586	748

¹ Obtenidos de la ecuación $Q = 1,84 (L-0,2H) H^{3/2}$ * Datos del ejemplo.

Tabla 3 indica los caudales en l/s para distintas cargas o alturas de agua H en centímetros.

Tabla 3: Caudal en l/s a través de un vertedero triangular de 90 °¹

Altura H en cm	Caudal en l/s	Altura en cm	Caudal en l/s	Altura en cm	Caudal en l/s
5,0	0,7	15,0	12,0	25,0	43,1
5,5	1,0	15,5	13,1	25,5	45,3
6,0	1,2	16,0	14,1	26,0	47,6
6,5	1,5	16,5	15,3	26,5	49,9
7,0	1,8	17,0	16,4	27,0	52,3
7,5	1,8	17,0	16,4	27,0	52,3
7,5	2,1	17,5	17,7	27,5	54,8
8,0	2,5	18,0	18,9	28,0	57,3
8,5	2,9	18,5	20,3	28,5	59,9
9,0	3,3	19,0	21,7	29,0	62,5
9,5	3,9	19,5	23,2	29,5	65,3
10,0	4,7	20,0 [*]	24,7 [*]	30,0	68,0
10,5	4,9	20,5	26,2	30,5	70,9
11,0	5,5	21,0	27,9	31,0	73,8
11,5	6,2	21,5	29,5	31,5	76,9
12,0	6,9	22,0	31,3	32,0	76,9
12,5	7,7	22,5	33,1	32,5	83,1
13,0	8,4	23,0	35,1	33,0	86,4
13,5	9,3	23,5	37,0	33,5	89,7
14,0	10,2	24,0	38,9	34,0	93,0
14,5	11,0	24,5	41,0	34,5	96,5
				35,0	100,0

¹ Obtenidos de la fórmula $Q = 0,0138 H^{5/2}$ (l/seg).
Datos del ejemplo.

- Ejemplo: Altura de agua H = 20 cm
 Caudal según Tabla = 24,7 l/s.

c) Vertederos trapezoidales

Este es un vertedero con forma trapezoidal en su abertura, tal como lo indica su nombre; también es conocido como vertedero Cipoletti en honor a su inventor, el Ingeniero italiano Cesare Cipoletti.

Esta estructura requiere que el talud de sus lados sea 1:4 tal como se señala en la Figura 7c. Este vertedero es de construcción más dificultosa que los otros dos y no ofrece ventajas significativas que lo hagan destacar, razón por la que es menos usado que los anteriores.

Para el cálculo del gasto se utiliza entre otras, la fórmula de Francis.

$$Q = 1,859 LH^{3/2}$$

donde,

Q = Gasto en l/s.

L = Largo de la cresta en metros.

H = Carga en centímetros.

En la Tabla 4 aparecen los caudales en l/s para distintas cargas de agua H y diferentes anchos de cresta L.

- Ejemplo: Longitud de la cresta = 0,75 m.
 Altura de agua = 20 cm.
 Caudal según Tabla 4 = 125 l/s.

Tabla 4: Caudal en l/s de un vertedero trapezoidal de Cipolletti para diferentes longitudes de cresta ¹.

Altura H en cm	Longitud de la cresta del vertedero en metros					
	0,30	0,40	0,50	0,75*	1,00	1,25
5	6,2	8,3	10,3	15,6	20,8	26,0
6	8,2	10,9	13,7	20,5	27,3	34,2
7	10,3	13,8	17,2	26,0	34,6	43,2
8	12,6	16,8	21,0	31,7	42,2	52,8
9	15,1	20,1	25,1	36,3	50,2	62,8
10	17,6	23,5	29,4	44,1	58,8	73,5
11	20,4	27,1	33,9	51,1	68,0	85,0
12	23,2	30,9	38,7	57,8	77,0	96,2
13	26,2	34,9	43,6	65,9	87,7	110
14	29,2	39,0	48,7	73,0	97,4	121
15	32,4	43,2	54,0	81,0	108	135
16	35,7	47,6	59,5	89,4	119	149
17	39,1	52,2	65,2	97,7	130	163
18	42,6	56,8	71,0	106	142	177
19	46,2	61,6	77,0	116	154	193
20*	49,9	66,6	83,2	125*	166	208
21	53,7	71,6	89,5	134	179	224
22	57,6	76,8	96,0	144	192	240
23	61,6	82,1	103	154	204	256
24	65,6	87,5	109	165	220	274
25	69,8	93,0	116	174	232	290
26	74,0	98,6	123	186	248	309
28	82,7	110	133	206	275	344
30	91,7	122	153	230	307	384
32		135	168	252	336	421
34		147	184	276	368	460
36		161	201	302	402	503
38		174	218	326	435	545
40		188	234	352	469	585
42		202	253	380	506	633
44			270	406	541	676
46			290	435	580	725
48			310	465	620	767
50			328	493	656	820

¹ Obtenidos de la ecuación $Q = 1,86 LH^{3/2}$

*Datos del ejemplo.

ORIFICIOS

Son aberturas circulares o rectangulares utilizadas para la medición de caudales. Se ubican en un muro de contención, el cual es colocado transversalmente en el canal.

El área del orificio debe ser pequeña en relación a la sección del canal, con el objetivo de obtener mediciones más precisas.

Las paredes de los orificios deben ser delgadas, por lo cual es conveniente que ellas sean terminadas en metal, de un espesor inferior a 1/8 de pulgada. Una forma fácil de construirlos es haciendo el orificio una pulgada más grande que las dimensiones definitivas. Luego se fija alrededor de él una huincha metálica que dará las dimensiones deseadas. Esta cinta metálica deberá quedar en la cara aguas arriba del muro.

Los orificios funcionan sumergidos o de caída libre. Se llama orificio sumergido a aquellos en los cuales el nivel de agua los cubre por ambos lados.

Los orificios de caída libre, como su nombre lo indica, descargan su chorro al aire, o sea, el nivel del líquido en el canal aguas abajo debe ser más bajo que el extremo inferior del orificio.

Es necesario que los orificios funcionen o totalmente sumergidos o de caída libre para obtener una mayor exactitud en las mediciones.

Medición de la carga de agua en los orificios

a) orificio de caída libre

En estos orificios la carga de agua corresponde a la diferencia de altura que hay entre el centro del orificio y el nivel del líquido aguas arriba de la estructura. (Ver Figura 9a).

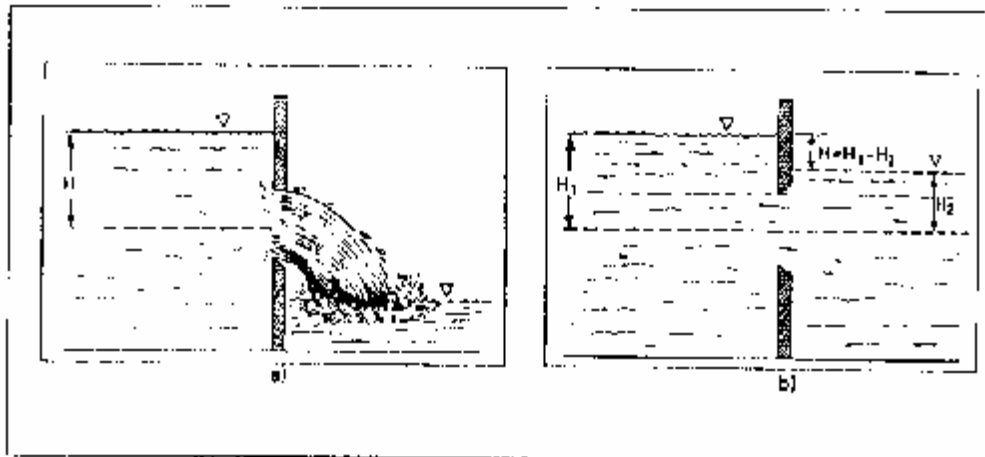


Figura 9

b) Orificios sumergidos

En este tipo de orificios, la carga o altura de agua, corresponde a la diferencia de nivel aguas arriba y aguas abajo del muro, como se indica en la Figura 9b.

Formas de orificios

Las formas más corrientes en que se construyen los orificios son rectangulares y circulares.

Para obtener el área de los primeros (rectangulares) se mide el ancho del orificio y su altura, luego se multiplican estas 2 mediciones.

Ejemplo: Ancho del orificio = 25 cm
 Altura del orificio = 10 cm
 Area del orificio (A) = 25 x 10 = 250 cm²

En la Tabla 5 aparecen los caudales para las diversas cargas de agua, para orificios rectangulares de diferentes secciones.

En el caso de los orificios circulares sólo se requiere conocer el diámetro, ya que en la Tabla 6, aparecen directamente los caudales en l/s en función del diámetro (D) del orificio y de la carga de agua (H).

Se deben usar las mismas tablas, ya sea cuando los orificios operen sumergidos o de caída libre. Deberá sí tomarse en cuenta la precaución de medir la carga o altura de agua como se indica en el punto anterior.

Ejemplos:

a) Orificio rectangular

Area del orificio	= 250 cm
Carga o altura de agua (h)	= 15 cm
Caudal (según Tabla 5)	= 26,3 l/s

b) Orificio circular

Diámetro de orificio	= 25 cm
Carga o altura de agua (h)	= 20 cm
Caudal (según Tabla 6)	= 60,6 l/s

Tabla 5: Caudal en l/s a través de orificios rectangulares de diferentes áreas (A)¹.

Altura H en cm	Area (A) del orificio en cm ²							
	100	250*	500	1.000	1.250	1.500	1.750	2.000
5,0	6,06	15,2	30,3	60,6	75,8	90,9	106	121
5,5	6,35	15,9	31,8	63,5	79,4	95,3	111	127
6,0	6,6	16,6	33,2	66,4	83,0	99,6	116	133
6,5	6,9	17,3	34,6	69,1	86,4	104	121	138
7,0	7,2	17,9	35,9	71,7	89,6	108	125	143
7,5	7,4	18,6	37,1	74,2	92,8	111	130	148
8,0	7,7	19,2	38,3	76,6	95,8	115	134	153
8,5	7,9	19,8	39,5	79,0	98,8	119	138	158
9,0	8,1	20,3	40,7	81,3	102	122	142	163
9,5	8,4	20,9	41,8	83,5	104	125	146	167
10,0	8,6	21,4	42,9	85,7	107	129	150	171
10,5	8,8	22,0	43,9	87,8	110	132	154	176
11,0	9,0	22,5	45,0	89,9	112	135	157	180
11,5	9,2	23,0	46,0	91,9	115	139	161	184
12,0	9,4	23,5	47,0	93,9	117	141	164	188
12,5	9,6	24,0	48,0	95,8	120	144	168	192
13,0	9,8	24,4	48,9	97,7	122	147	171	195
13,5	10,0	24,9	47,8	99,6	125	149	174	199
14,0	10,1	25,3	50,6	101	126	152	177	202
14,5	10,3	25,8	51,5	103	129	155	181	206
15,0*	10,5	26,3*	52,5	105	131	158	184	210
15,5	10,7	26,8	53,5	107	134	161	187	214
16,0	10,8	27,0	54,0	108	135	162	189	216
16,5	11,0	27,5	55,0	110	138	165	193	220
17,0	11,2	28,0	56,0	112	140	168	196	224
17,5	11,3	28,3	56,5	113	141	170	198	226
18,0	11,5	28,8	57,5	115	144	173	201	230
18,5	11,7	29,3	58,5	117	146	176	205	234
19,0	11,8	29,5	59,0	118	148	177	207	236
19,5	12,0	30,5	60,0	120	150	180	210	240

Tabla 6: Caudales en l/s a través de orificios circulares de diferentes diámetros¹.

Altura H en cm	Diámetro del orificio (D) en cm						
	10	15	20	25 *	30	35	40
5,0	4,9	11,0	19,6	30,6	44,1	60,0	78,5
5,5	5,1	11,5	20,4	31,9	45,9	62,5	81,6
6,0	5,3	11,9	21,2	33,1	47,7	64,9	84,8
6,5	5,6	12,6	22,4	35,0	50,4	68,6	89,6
7,0	5,8	13,1	23,2	36,3	52,2	71,1	92,8
7,5	6,0	13,5	24,0	37,5	54,0	73,5	96,0
8,0	6,2	14,0	24,8	38,8	55,8	76,0	99,2
8,5	6,4	14,4	25,6	40,0	57,6	78,4	102
9,0	6,5	14,6	26,0	40,6	58,5	79,6	104
9,5	6,7	15,1	26,8	41,9	60,3	82,1	107
10,0	6,9	15,5	27,6	43,1	62,1	84,5	110
11,0	7,2	16,2	28,8	45,0	64,8	88,2	115
12,0	7,5	16,9	30,0	46,9	67,5	91,8	120
13,0	7,9	17,8	31,6	49,4	71,1	96,8	126
14,0	8,2	18,5	32,8	51,3	73,8	100	131
15,0	8,4	18,9	33,6	52,5	75,6	104	134
16,0	8,7	19,6	34,8	54,4	78,3	107	139
17,0	9,0	20,3	36,0	56,3	81,0	110	144
18,0	9,2	20,7	36,8	57,5	82,8	113	147
19,0	9,5	21,4	38,0	59,4	85,5	116	152
20,0*	9,7	21,8	38,8	60,6*	87,3	119	155
22,0	10,2	23,0	40,8	63,8	91,8	125	163
24,0	10,7	24,1	42,8	66,9	96,3	131	171
26,0	11,2	25,2	44,8	70,0	100	137	179
28,0	11,5	25,9	46,0	71,9	104	143	184
30,0	11,9	26,8	47,6	74,4	107	146	190
32,0	12,3	27,7	49,2	76,9	110	151	197
34,0	12,7	28,6	50,8	79,4	114	156	203
36,0	13,1	29,5	52,4	81,9	118	161	210

¹Según Fórmula: $Q = 0,0218 D^2 \text{ Raíz cuadrada de } H$

Q = l/s

D = cm

H = cm

*Datos del ejemplo.

OTRAS ESTRUCTURAS DE MEDICIÓN

Existen, además de las mencionadas, una gran diversidad de estructuras para medir el caudal que fluye a través de un canal o acequia, cuya descripción escapa al objetivo de esta cartilla.

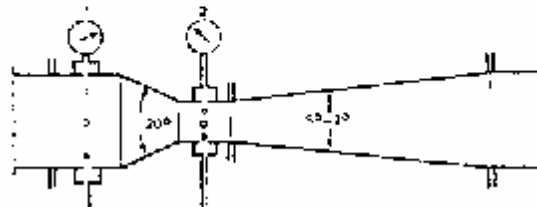
No obstante, al menos podemos mencionar las siguientes:

- Aforador Parshall
- Aforador Washington
- Distintos tipos molinetes hidráulicos
- Venturímetros
- etc.

Ellas ofrecen al usuario del agua de riego una mayor complicación en su instalación y uso; por tal motivo, se cumple sólo con mencionarlas y si existe interés en su implementación se ruega consultar literatura especializada o a su Agente de Extensión.



a: Esquema de Molinete hidráulico.



b: Venturímetro.

Figura 10. Otras estructuras para medición de caudales.

Señor Agricultor:

Tenemos para Ud. las siguientes publicaciones:

INTIHUASI: Nueva Estación Experimental del INIA para la III y IV regiones	\$ 1.200
Producción de hortalizas bajo plástico.....	\$ 5.000
Primer encuentro de organizaciones que trabajan con comunidades agrícolas en la IV Región.....	\$ 4.000
II Curso riego a nivel predial.....	\$ 6.500
Producción Caprina: la experiencia de la Subestación Experimental los Vilos*.....	\$ 5.000
Estados de avance de la investigación en factores de producción en viticultura.....	\$ 5.000
Análisis cismático en sectores de la III y IV regiones.....	\$ 2.500
Burrito de los frutales (nueva edición)	\$ 9.000
Catálogo de variedades de especies frutales (2° edición, corregida y ampliada)	\$11.300
Malezas de Chile (3° edición)	\$ 2.500
Manual de conducción de vides (2° edición)	\$ 1.850
Catálogo de semillas INIA	\$ 6.000
Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile.....	\$ 5.300
Seminario "Impacto de los fertilizantes en la productividad agrícola" *.....	\$ 3.800
libro Mapa agroclimático de Chile (con set mapas a color)	\$15.500
Revista Investigación y Progreso Agropecuario, IPA la Platina Ejemplar suelto.....	\$ 1.400
Suscripción (6 ejemplares)	\$ 7.500
Revista Agricultura Técnica Ejemplar suelto.....	\$ 1.100
suscripción (4 ejemplares)	\$ 4.200
Libro El duraznero en Chile.....	\$12.000
Libro Cultivo de hortalizas.....	\$ 9.460
Libro Principales enfermedades de los frutales de hoja caduca en Chile.....	\$20.000

*Agotado, se ofrece fotocopia.

INIA-INTIHUASI
COLINA SAN JOAQUÍN S/N
APARJADO POSTAL 36 B
TELÉFONO (051) 223290
FAX (051) 227060
LA SERENA - IV REGION