



MEDICION DEL GASTO CON VERTEDEROS
Y ORIFICIOS

Prof. Cleve H. Milligan

INTRODUCCION

Importancia de una Buena Medición

Las buenas aforaciones son indispensables para el control y uso cuidadoso del agua; sirven de base para la distribución eficiente y equitativa del gasto disponible entre los diferentes usos; igualmente que para lograr eficacia en la conducción y administración del recurso agua. Es imposible lograr una operación eficiente de los sistemas de riego sin realizar buenas aforaciones, regularmente en sitios estratégicos del sistema.

La aforación del gasto también es necesaria para lograr una aplicación eficiente del agua de riego en el campo y muchas de las relaciones suelo-agua-planta resultan imposible de usar en las prácticas de riego, a menos que se mida cuidadosamente el agua que se ha de usar.

Mediante un buen programa de aforación, es posible determinar las pérdidas excesivas de agua en la conducción y prácticas de riego. Los datos obtenidos mediante la aforación también sirven de base para un programa de prevención de pérdidas de agua.

En muchos países se espera que los usuarios del agua hagan valer y defiendan sus derechos de agua, cuando los otros usuarios interfieren con éstos. En estos casos las aforaciones sirven para la defensa de dichos derechos.

Los datos obtenidos en proyectos que están en ejecución serán de gran utilidad en el diseño de futuro proyectos y los datos de aforación del gasto son parte de estos datos utilizables. Los datos obtenidos en proyectos

que están funcionando también sirven para constatar las estimaciones de los datos de requerimientos de otro proyecto, durante la fase de planificación y diseño de un nuevo proyecto por desarrollar.

Cuando se abastece el agua de fuentes subterráneas, mediante el bombeo, es deseable constatar la eficiencia de las bombas a fin de mantener los costos a un mínimo. Estas pruebas de eficiencia requieren mediciones del agua extraída por las bombas.

Los artefactos de aforación utilizados, bien en la operación de un sistema de riego o para la aplicación del riego, deberán ser sencillos de construir, instalar y mantener; las observaciones deberán ser fáciles de hacer, igualmente que la determinación de las velocidades de descarga derivadas de las observaciones realizadas, deberán presentar pocas posibilidades de cometer errores. Los canaleros y agricultores regantes, generalmente no se molestarán en tratar de comprender formas complicadas para la determinación de las velocidades de descarga. Aún más, es importante que estas personas no malgasten su tiempo : un canalero ya tiene suficiente trabajo sin que también tenga que hacer mediciones complicadas en cada estación aforadora de su distrito. El uso de equipo y procedimientos standard, a través de todo un sistema, presenta numerosas ventajas, necesitándose en estos casos, sólo un grupo de tablas.

Para poder utilizar tablas standard, todas las instalaciones de aforación deberán tener una forma verdaderamente exacta, con dimensiones y proporciones definidas y éstos se colocarán de manera que funcionen en forma standard. Se deberán evitar los errores de construcción e instalación por parte de los carpinteros, etc. Para este fin, se deberá inspeccionar cuidadosamente el trabajo en proceso. De lo contrario, será necesario calibrar la estructura en sitio, lo que puede resultar difícil y costoso de realizar. Aún más, cada estructura requerirá su propia curva o tabla de calibración y esto complicará demasiado el programa de aforación del gasto.

Son muchos los factores a los que se les puede atribuir la falta de exactitud en la aforación del gasto, incluyendo entre otros, un acceso o aproximación inadecuada o la estructura de medición, turbulencia excesiva

del caudal, superficie hidráulica agitada y turbulenta, patrones deficientes del flujo, condiciones inadecuadas de salida, técnicas deficientes de aforación y construcción e instalación defectuosa de las estructuras aforadoras. Algunos de estos factores se discutirán con mayor detalle más adelante. Por el momento es suficiente decir, que es necesario prestar atención adecuada a todos estos factores en las etapas de planificación, selección y operación del sistema de aforación. Se deberían dar demostraciones educativas para enseñar a los observadores como evitar errores, siendo ésta una otra razón por la cual se debe mantener el sistema lo más sencillo y standard que sea posible¹

VERTEDEROS

General

Un vertedero es una estructura de derrame construída transversalmente en un canal, en ángulo recto al eje de dicho canal y en un plano vertical, que se utiliza para medir el caudal de agua. Cuando se construye e instala debidamente, el vertedero es una de las estructuras más sencillas y eficientes para la aforación del gasto en canales y acequias. Para que ésta sea aún más efectiva, conviene tener una carga disponible de no menos de 0,5 pies. Bajo ciertas condiciones, un vertedero puede funcionar con menos carga que la indicada, pero en estos casos se debería conseguir otro tipo de aforador que requiera una carga menor.

En un vertedero bien construído e instalado, se determinan las velocidades de descarga midiendo la distancia vertical desde la cresta de la porción de derrame del vertedero a la superficie del agua en la caja aguas arriba de la cresta y este dato se refiere a computaciones o tablas aplicables al tamaño y forma del vertedero. Para poder utilizar tablas standard, el vertedero debe tener una forma uniforme, dimensiones y proporciones definidas y se debe instalar en un muro de contención, con su caja vertedera de

¹ Vea "Water Measurement Procedures", Irrigation Operators' Workshop, 1965, Informe N° Hyd-552. U.S. Bureau of Reclamation, Office of Chief Engineer, Denver, Colorado, para una buena disertación sobre errores en la aforación del gasto.

tamaño adecuado, de manera que el sistema pueda funcionar en forma standard.

Los vertederos pueden tener una forma rectangular, trapezoidal o triangular. En los rectangulares y trapezoidales, el borde inferior de la apertura es la cresta y las orillas laterales se llaman los extremos del vertedero. La lámina de agua que sale de la cresta del vertedero se llama lámina vertiente. La presión del agua bajo esta lámina debería ser atmosférica, si es que se ha de lograr un buen funcionamiento del vertedero como estructura de aforación.

Vertederos con Contracción y sin Contracción

Quando la distancia entre los extremos de la escotadura del vertedero y los lados de la caja del vertedero es suficiente como para permitir una entrada libre lateral del agua hacia la cresta, sin contracción alguna, el agua fluirá uniformemente y con relativa lentitud hacia los extremos del vertedero. A medida que el agua de los lados del canal se acerca a la escotadura gira y pasa a través de ésta. Este giro no puede realizarse instantaneamente y por lo tanto, el resultado es un curso curvado del gasto u ocurre una contracción que forma un chorro de agua con un diámetro menor que el de la escotadura del vertedero. Cuando las condiciones de aproximación permiten una contracción completa en los lados y en el fondo, se dice que es un vertedero con contracción (Fig. 1). El area transversal se ha contraído tanto en dirección lateral como vertical. Debido a estas condiciones, los extremos de la escotadura del vertedero deberán estar a una distancia mayor que la equivalente al doble de la carga sobre el vertedero y la cresta del vertedero deberá estar a una distancia mayor del fondo del vertedero que la equivalente al doble de la carga sobre el mismo. Para que la corriente esté completamente contraída con cualquiera de los diferentes caudales utilizables, estas proporciones deberán ser válidas para la carga máxima. La sedimentación y el exceso de malezas en la caja arriba del vertedero, pueden impedir una contracción total. La mayoría de las Tablas standard para caudales que pasan por los vertederos son aplicables únicamente a un caudal totalmente contraído.

Si se coloca un vertedero rectangular en una canaleta, en la cual los lados de ésta actúan como extremos del vertedero, no podrá haber contraccio

nes laterales y la lámina vertiente no se contraerá del ancho del canal. Esto es lo que se llama un vertedero sin contracción (Ver Fig. 2). En este tipo de vertedero es necesario colocar un tubo u otro artefacto bajo la lámina vertiente, para admitir aire y evitar que se forme un vacío parcial bajo ésta. Un vacío parcial bajo la lámina vertiente aumentará la descarga del vertedero bajo una carga específica. Un vertedero sin contracción, con la aereación requerida, es posiblemente más exacto que uno con contracción.

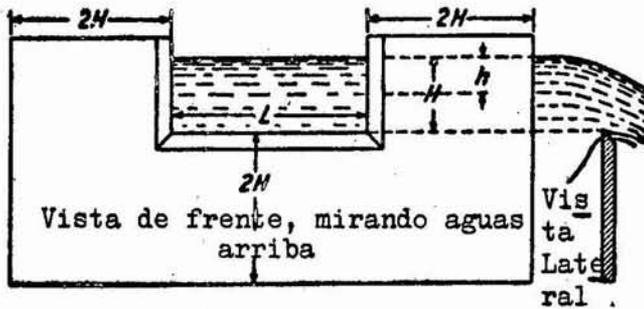


Figura 1. Vertedero Rectangular con Contracción Total.

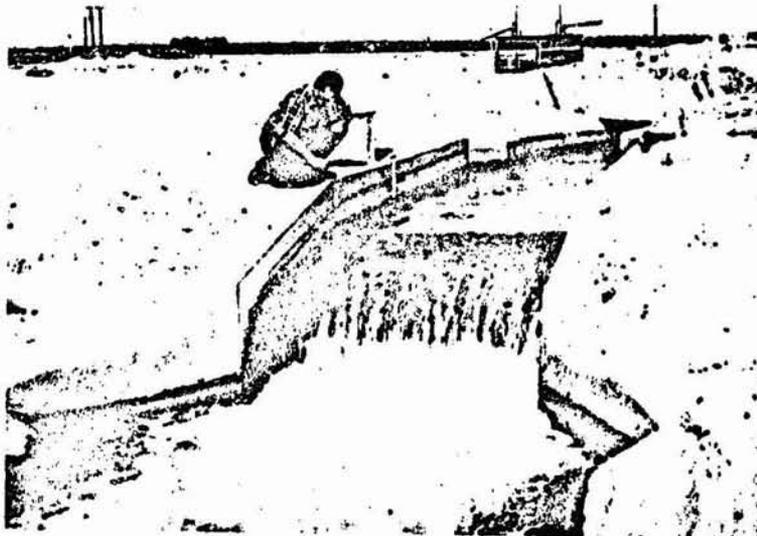


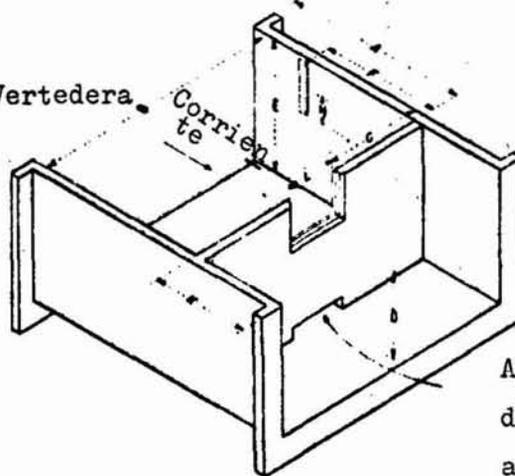
Figura 2. Vertedero Rectangular sin Contracción.

Vertederos rectangulares

Tal como el nombre lo implica, la apertura a través de la cual se mide el gasto es de forma rectangular. Este vertedero es fácil de construir y es muy comunmente utilizado. Algunas veces se instala el muro de contención

en una caja vertedera de dimensiones específicas (Tabla 1 y Fig. 3). Se recomienda que para instalaciones estables y permanentes se construya una caja vertedera.

Fig. 3 Caja Vertedera



Apertura de limpieza que se dotará con una cubierta bien ajustada pero removible

Tabla 1. Dimensiones de la Caja para Vertederos Cipolletti, rectangulares y en forma de V

- H = Carga Máxima
- L = Longitud de la cresta del vertedero
- A = Longitud del tanque aguas arriba de la escotadura del vertedero
- K = Longitud del tanque aguas abajo de la escotadura del vertedero
- B = Ancho total del Tanque
- E = Profundidad total del Tanque
- C = Distancia entre el extremo de la cresta y el lado del Tanque
- D = Distancia entre la cresta y el fondo del tanque
- F = Distancia del limnómetro

Vertederos rectangulares y Cipolletti

Des_carga	H	L	A	K	B	E	C	D	F
Second- feet	Feet	Feet	Feet	Feet	Feet	Feet	Feet	Feet	Feet
1/4 to 3	1.0	1	6	2	3	3	1	1 1/2	4
2 to 5	1.1	1 1/4	7	3	4	3	1 1/4	1 1/2	4 1/2
4 to 8	1.2	2	8	4	5	3 1/2	1 1/2	1 1/2	5
6 to 14	1.3	3	9	5	7	4	2	2	5 1/2
10 to 22	1.5	4	10	6	9	4	2 1/2	2	6
16 to 25	1.5	6	12	6	11 1/2	4 1/2	2 1/2	2 1/2	6
20 to 50	1.5	8	16	8	14	4 1/2	3	2 1/2	8
25 to 60	1.5	10	20	8	17	5	3 1/2	3	8

Vertedero en forma de V de 90°

1/2 to 2 1/2	1.00	.....	6	2	5	3	.....	1 1/2	4
2 to 4 1/2	1.25	.....	8 1/2	3	6 1/2	3 1/4	.....	1 1/2	5

* Esta distancia deja un borde libre de unas 6 pulgadas por encima del nivel del agua en la caja del vertedero.

Vertederos Cipolletti

Un vertedero Cipolletti standard tiene forma trapezoidal, teniendo los lados o extremos superiores del vertedero una pendiente hacia afuera, a razón de 1 horizontal por 4 vertical. El Cipolletti es un vertedero con contracción y se deberá instalar como tal. Sin embargo, la descarga se comporta esencialmente como si no hubiesen contracciones en los extremos, debido a que dichas contracciones quedan compensadas al darle a los lados la pendiente hacia afuera de 1 a 4.

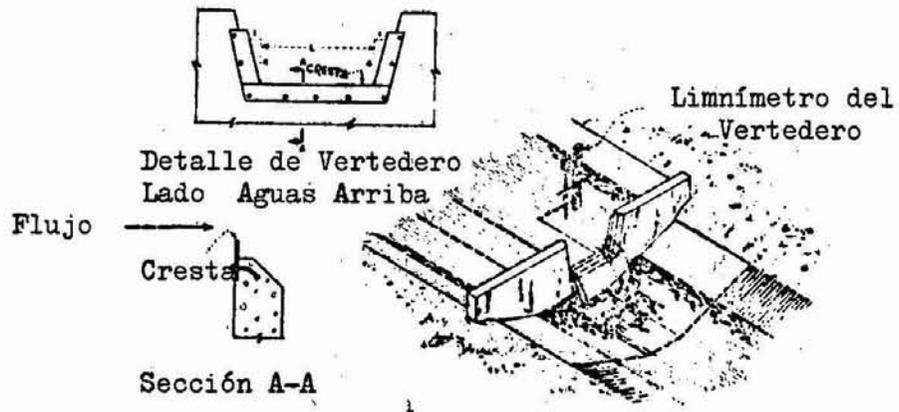


Fig. 4 Vertedero Cipolletti con muro de retención permanente que descarga bajo condiciones.

Vertedero con Escotadura en Forma de V de 90°

El vertedero en forma de V con placa delgada, es una estructura para aforar con exactitud el gasto, especialmente cuando se trata de pequeños caudales, menores de 4,0 pies³/seg. La cresta de este vertedero consiste en una placa delgada con los lados de la escotadura inclinados a 45° (Vea Fig.5) También funciona como un vertedero con contracción y se deberá instalar como tal. Las distancias mínimas entre los lados de la escotadura y las márgenes del canal deberán ser el doble de la altura de la carga y la distancia mínima entre el extremo inferior de la escotadura al fondo del canal se

rá también igual al doble de la carga. Estos vertederos requieren una mayor pérdida de carga que otros vertederos. Esto, por lo tanto, limita su adaptabilidad. Sin embargo resultan sumamente útiles para caudales menores, ya que en estos casos son más exactos que otros tipos de aforadores y su forma los hace relativamente fácil de construir.

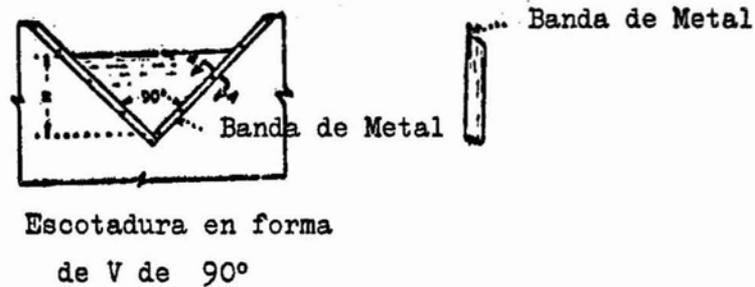


Figura 5. Vertedero Triangular o en Forma de V.

Normas para la Selección de Vertederos

Generalmente el vertedero en forma de V no es práctico para caudales mayores de 4 pies³/seg. La tabla 2 da las fluctuaciones de capacidades para otros tipos de vertederos.

Los límites propuestos en esta tabla se basan en la siguiente práctica : la carga no deberá ser menor de 0.2 pies , ni mayor de una tercera parte de la longitud de la cresta del vertedero.

Tabla 2. Capacidades para Vertederos standard en pies por segundo.

Long en Pies	Rect. con Contracción		Rect. con Contracción		Cipolletti	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
1.0	0.800	0.298	0.651	0.208	0.638	0.501
1.5	1.65	.435	1.77	.417	1.79	.452
2.0	2.34	.594	2.65	.596	2.69	.602
2.5	2.87	.732	3.30	.744	3.37	.753
3.0	3.32	.881	4.0	.893	4.1	.903
3.5	3.8	1.03	4.8	1.04	4.9	1.05
4.0	4.3	1.18	5.6	1.19	5.7	1.20
4.5	4.7	1.33	6.4	1.34	6.5	1.35
5.0	5.1	1.48	7.2	1.49	7.3	1.51
5.5	5.5	1.63	8.0	1.64	8.1	1.65
6.0	5.9	1.78	8.8	1.79	8.9	1.81
7.0	7.1	2.07	10.4	2.08	10.5	2.11
8.0	8.1	2.37	12.0	2.38	12.1	2.41
9.0	9.1	2.67	13.6	2.68	13.7	2.71
10.0	10.1	2.97	15.2	2.98	15.3	2.91
12.0	12.1	3.56	18.0	3.57	18.1	3.61
14.0	14.1	4.16	20.8	4.17	20.9	4.21
16.0	16.1	4.75	23.6	4.76	23.7	4.81
18.0	18.1	5.35	26.4	5.36	26.5	5.41

Nota : Los límites siguen las prácticas de h = 0.2 y h = 1/2 L.

Para seleccionar un vertedero se deberán observar las siguientes normas:

- 1) La carga mínima deberá ser 0,2 piés para evitar que la lámina vertical se adhiera a la cresta. Aún más, cargas menores que ésta son difíciles de medir con exactitud.
- 2) La longitud de la cresta de un vertedero rectangular o Cipolletti, deberá ser igual, cuando menos, a tres veces la carga.
- 3) El vertedero en forma de V es el artefacto más adecuado para medir descargas menores de 1,0 piés³/seg. y se puede utilizar hasta con descargas de 10,0 piés³/seg. si se tiene la carga disponible.
- 4) Siempre que sea posible, la cresta deberá colocarse suficientemente alta, de manera que el chorro caiga libremente, sin sumersión. Deberá tenerse amplio espacio para el aire, tanto abajo como alrededor del chorro. En caso de que sea necesario tener sumersión, se requieren computaciones especiales, pero no se logrará gran exactitud.

Condiciones Necesarias para una Aforación Exacta

- 1) La cara aguas arriba del muro de retención deberá ser lisa y estará en un plano vertical, perpendicular al eje de la corriente.
- 2) La cara aguas arriba de la placa del vertedero debería ser lisa, recta y estar al ras con la cara aguas arriba del muro de contención.
- 3) Toda la cresta deberá ser una superficie nivelada y plana de arista viva con un ángulo de 90° donde intersecta la cara aguas arriba. El grosor de la cresta, medido en dirección del flujo, deberá tener 1 ó 2 milímetros. En los vertederos rectangulares, ambos bordes laterales deberán estar completamente verticales y tener el mismo espesor de la cresta.
- 4) Las esquinas aguas arriba de la escotadura deberán ser agudas, dándoles la forma a máquina o con lima para que queden perpendiculares

a la cara aguas arriba y deberán estar libres de escoriaduras e irregularidades; sin embargo no se deberán alisar con abrasivos y se deberán evitar las aristas vivas ya que son difíciles de man tener.

- 5) Los bordes de la escotadura aguas abajo deberán estar biselados si la placa tiene un grosor mayor al especificado (de 1 o 2 mm.) El bisel tendrá 45° o más.
- 6) El vertedero tendrá una contracción total, tanto en los lados como abajo (Fig. 1).
- 7) La lámina vertiente deberá estar bien ventilada tanto por los lados como por abajo.
- 8) La medida de la carga en el vertedero será la diferencia de elevación entre la cresta y la superficie del agua en un punto, aguas arriba del vertedero, a una distancia de 4 veces la carga máxima en la cresta.
- 9) El área de la sección transversal del canal de aproximación o entrada deberá ser igual - o mayor - a 8 veces el área de la lámina de derrame de la cresta, a través de una distancia aguas arriba de 15 a 20 veces el espesor de la lámina.
- 10) Si el pozo del vertedero es menor al especificado en 9), será necesario hacer las correcciones adecuadas a la velocidad de entrada.

Fórmulas de Vertederos

Vertedero Rectangular con Contracción Tipo Standard

Comúnmente se utilizan las fórmulas de Francis para este tipo de verte dero. Estas son :

$$Q = 3,33 H^{3/2} (L - 0,2 H) \dots\dots\dots (1)$$

La fórmula ignora la velocidad de entrada. Si se hace la corrección

y se incluye la velocidad de entrada, la fórmula viene a ser :

$$Q' = 3,33 \left[(H + h)^{3/2} - h^{3/2} \right] \left[L - 0,2 H \right] \dots\dots\dots (2)$$

donde :

Q = descarga en pies³/seg. ignorando la velocidad de entrada;

Q' = descarga en pies³/seg. tomando en cuenta la velocidad de entrada;

L = longitud de la cresta del vertedero, en pies;

H = carga medida en el vertedero, en pies;

h = carga, en pies, debida a la velocidad de entrada = $\frac{v^2}{2g}$

Estas fórmulas son bastante exactas, siempre que la carga del agua sobre el vertedero no sea mayor que 1/3 parte de la longitud de la cresta del vertedero. Si la carga es igual a la longitud de la cresta del vertedero, se puede obtener un error hasta de un 30%.

La velocidad de aproximación se puede estimar mediante la fórmula :

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (3)$$

donde :

Q = descarga estimada mediante la ecuación (1);

A = área de la sección transversal del canal de aproximación al vertedero.

La Tabla 3 da las descargas del vertedero, computadas con la ecuación (1). Esta Tabla es utilizada extensamente por el U.S. Bureau of Reclamation en sus proyectos.

Desafortunadamente no se encontró esta Tabla en el sistema métrico; pero la que se presenta, sirve para mostrar un tipo de Tabla que ha sido sumamente útil en los programas de aforación del gasto. A los canaleros se les debería entregar una tabla similar para ayudarlos en su trabajo, igualmente que a los regantes que las soliciten o a aquellos que las puedan utilizar.

TABLA 3

Descargas de vertederos rectangulares con contracción, tipo standard, en segundos-pies. Los valores que están abajo y a la izquierda de la línea oscura se determinaron experimentalmente; los otros se computaron con la siguiente fórmula:

$$Q = 3,33 (L - 0,2 H) H^{3/2}$$

Carga H, pies	Longitud del Vertedero, L, en pies											Carga H, pies	Longitud del Vertedero, L, en pies										
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0		1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0		
0.01	0.002	0.001	0.005	0.007	0.010	0.013	0.016	0.020	0.023	0.026	0.030	0.31	1.70	2.30	3.32	4.73	6.54	7.16	8.37	9.69	10.8		
0.02	0.005	0.009	0.014	0.019	0.024	0.031	0.047	0.056	0.065	0.078	0.095	0.32	1.74	2.37	3.02	4.00	5.11	7.35	8.61	9.85	11.1		
0.03	0.009	0.017	0.026	0.031	0.052	0.069	0.094	0.104	0.121	0.134	0.151	0.33	1.79	2.43	3.72	5.00	6.29	7.57	8.85	10.1	11.4		
0.04	0.013	0.020	0.030	0.053	0.079	0.106	0.133	0.159	0.186	0.213	0.239	0.34	1.84	2.50	3.82	5.14	6.40	7.79	9.11	10.4	11.8		
0.05	0.018	0.037	0.055	0.074	0.111	0.148	0.186	0.223	0.260	0.297	0.334	0.35	1.89	2.57	3.92	5.26	6.64	8.09	9.36	10.7	12.1		
0.06	0.021	0.048	0.073	0.097	0.146	0.193	0.244	0.293	0.342	0.391	0.439	0.36	1.94	2.64	4.00	5.43	6.82	8.22	9.61	11.0	12.4		
0.07	0.030	0.061	0.092	0.123	0.184	0.245	0.308	0.369	0.431	0.493	0.554	0.37	1.99	2.70	4.14	5.57	7.00	8.44	9.87	11.3	12.7		
0.08	0.036	0.074	0.112	0.140	0.225	0.300	0.375	0.451	0.526	0.601	0.674	0.38	2.04	2.77	4.24	5.71	7.18	8.66	10.1	11.6	13.1		
0.09	0.043	0.089	0.133	0.178	0.268	0.358	0.448	0.538	0.628	0.718	0.807	0.39	2.08	2.84	4.35	5.86	7.37	8.88	10.4	11.9	13.4		
0.10	0.051	0.103	0.156	0.208	0.314	0.410	0.524	0.630	0.735	0.840	0.945	0.40	2.14	2.91	4.45	6.00	7.55	9.10	10.6	12.2	13.7		
0.11	0.054	0.119	0.179	0.240	0.362	0.483	0.605	0.720	0.848	0.969	1.090	0.41	2.19	2.98	4.57	6.15	7.74	9.32	10.9	12.6	14.1		
0.12	0.058	0.135	0.201	0.272	0.413	0.550	0.690	0.827	0.968	1.10	1.24	0.42	2.24	3.05	4.68	6.30	7.93	9.55	11.2	12.8	14.4		
0.13	0.071	0.152	0.230	0.308	0.464	0.620	0.776	0.933	1.09	1.24	1.40	0.43	2.29	3.12	4.79	6.45	8.12	9.78	11.4	13.1	14.8		
0.14	0.082	0.170	0.267	0.344	0.518	0.693	0.867	1.04	1.22	1.39	1.56	0.44	2.34	3.19	4.90	6.60	8.31	10.0	11.7	13.4	15.1		
0.15	0.091	0.188	0.291	0.381	0.575	0.768	0.962	1.16	1.35	1.54	1.74	0.45	2.39	3.26	5.01	6.75	8.50	10.2	12.0	13.7	15.5		
0.16	0.100	0.208	0.313	0.410	0.632	0.845	1.06	1.27	1.48	1.70	1.91	0.46	2.44	3.34	5.12	6.91	8.70	10.5	12.3	14.0	15.8		
0.17	0.108	0.225	0.342	0.450	0.692	0.926	1.16	1.39	1.63	1.86	2.09	0.47	2.50	3.41	5.23	7.06	8.90	10.7	12.6	14.4	16.2		
0.18	0.122	0.249	0.372	0.490	0.744	1.01	1.26	1.52	1.77	2.02	2.29	0.48	2.55	3.48	5.35	7.22	9.08	11.0	12.8	14.7	16.6		
0.19	0.132	0.265	0.403	0.541	0.817	1.09	1.37	1.64	1.92	2.20	2.47	0.49	2.60	3.60	5.46	7.37	9.28	11.2	13.1	15.0	16.9		
0.20	0.142	0.286	0.435	0.594	0.891	1.18	1.48	1.78	2.07	2.37	2.67	0.50	2.65	3.74	5.58	7.53	9.48	11.4	13.4	15.3	17.3		
0.21	0.152	0.307	0.467	0.627	0.948	1.27	1.59	1.91	2.23	2.55	2.87	0.51	2.70	3.82	5.69	7.69	9.68	11.7	13.7	15.7	17.6		
0.22	0.162	0.328	0.500	0.672	1.02	1.36	1.70	2.06	2.39	2.73	3.08	0.52	2.76	3.90	5.81	7.84	9.90	11.9	13.9	16.0	18.0		
0.23	0.173	0.349	0.531	0.718	1.09	1.45	1.82	2.19	2.55	2.92	3.29	0.53	2.81	3.98	5.93	8.00	10.1	12.2	14.2	16.3	18.4		
0.24	0.184	0.373	0.568	0.764	1.16	1.55	1.94	2.33	2.72	3.11	3.50	0.54	2.87	4.06	6.05	8.16	10.3	12.4	14.5	16.6	18.6		
0.25	0.196	0.395	0.603	0.811	1.23	1.64	2.06	2.46	2.86	3.31	3.72	0.55	2.92	4.14	6.16	8.33	10.5	12.7	14.8	16.8	18.8		
0.26	0.208	0.419	0.639	0.860	1.30	1.74	2.18	2.63	3.07	3.51	3.95	0.56	2.98	4.22	6.28	8.49	10.7	12.9	15.1	17.3	19.3		
0.27	0.221	0.442	0.675	0.909	1.38	1.81	2.31	2.78	3.24	3.71	4.18	0.57	3.04	4.30	6.40	8.65	10.9	13.2	15.4	17.7	19.6		
0.28	0.234	0.466	0.712	0.959	1.45	1.95	2.44	2.93	3.43	3.92	4.41	0.58	3.10	4.38	6.52	8.82	11.1	13.4	15.7	18.0	20.2		
0.29	0.247	0.490	0.750	1.01	1.53	2.05	2.57	3.09	3.61	4.13	4.65	0.59	3.16	4.46	6.64	8.98	11.3	13.7	16.0	18.3	20.7		
0.30	0.260	0.514	0.788	1.06	1.61	2.16	2.70	3.25	3.80	4.34	4.89	0.60	3.22	4.54	6.77	9.15	11.5	13.9	16.3	18.7	21.1		
0.31	0.273	0.539	0.827	1.11	1.69	2.26	2.84	3.41	3.99	4.56	5.14	0.61	3.28	4.62	6.90	9.32	11.7	14.2	16.6	19.0	21.6		
0.32	0.286	0.561	0.866	1.17	1.77	2.37	2.98	3.65	4.18	4.78	5.39	0.62	3.34	4.70	7.01	9.48	12.0	14.4	16.9	19.4	21.8		
0.33	0.299	0.583	0.905	1.22	1.85	2.48	3.12	3.78	4.38	5.01	5.64	0.63	3.40	4.78	7.14	9.65	12.2	14.7	17.2	19.7	22.2		
0.34	0.312	0.615	0.945	1.28	1.94	2.60	3.26	3.92	4.58	5.24	5.90	0.64	3.46	4.87	7.26	9.82	12.4	15.0	17.5	20.1	22.6		
0.35	0.325	0.650	0.988	1.33	2.02	2.71	3.40	4.09	4.78	5.47	6.18	0.65	3.52	4.95	7.38	10.0	12.6	15.2	17.8	20.4	23.0		
0.36	0.338	0.684	1.03	1.39	2.11	2.82	3.54	4.26	4.98	5.70	6.42	0.66	3.58	5.05	7.51	10.2	12.8	15.5	18.1	20.8	23.4		
0.37	0.351	0.714	1.07	1.44	2.19	2.94	3.69	4.44	5.19	5.94	6.69	0.67	3.64	5.14	7.61	10.3	13.0	15.7	18.4	21.1	23.8		
0.38	0.364	0.743	1.11	1.50	2.28	3.06	3.84	4.62	5.40	6.18	6.96	0.68	3.70	5.23	7.76	10.5	13.3	16.0	18.8	21.5	24.3		
0.39	0.377	0.773	1.15	1.56	2.37	3.18	3.99	4.80	5.61	6.42	7.24	0.69	3.76	5.32	7.89	10.7	13.5	16.3	19.1	21.9	24.7		
0.40	0.390	0.801	1.20	1.62	2.46	3.30	4.14	4.90	5.83	6.67	7.51	0.70	3.82	5.41	8.02	10.9	13.7	16.5	19.4	22.2	25.1		
0.41	0.403	0.830	1.24	1.68	2.55	3.42	4.26	5.17	6.05	6.92	7.80	0.71	3.88	5.50	8.15	11.0	13.9	16.8	19.7	22.6	25.5		
0.42	0.416	0.857	1.28	1.74	2.64	3.55	4.40	5.36	6.27	7.18	8.08	0.72	3.94	5.59	8.24	11.2	14.2	17.1	20.0	23.0	25.9		
0.43	0.429	0.885	1.33	1.80	2.74	3.68	4.51	5.55	6.49	7.43	8.37	0.73	4.00	5.68	8.34	11.4	14.4	17.4	20.3	23.3	26.3		
0.44	0.442	0.912	1.37	1.86	2.83	3.80	4.77	5.75	6.72	7.69	8.66	0.74	4.06	5.77	8.43	11.6	14.6	17.6	20.7	23.7	26.7		
0.45	0.455	0.950	1.42	1.92	2.92	3.93	4.94	6.04	6.95	7.95	8.95	0.75	4.12	5.86	8.53	11.7	14.8	17.9	21.0	24.1	27.1		
0.46	0.468	0.981	1.46	1.98	3.02	4.06	5.10	6.14	7.16	8.22	9.26	0.76	4.18	5.95	8.61	11.9	15.1	18.2	21.3	24.5	27.5		
0.47	0.481	1.01	1.51	2.04	3.12	4.19	5.25	6.34	7.41	8.48	9.58	0.77	4.24	6.04	8.71	12.1	15.3	18.5	21.7	24.9	28.0		
0.48	0.494	1.04	1.56	2.11	3.22	4.32	5.43	6.54	7.61	8.75	9.90	0.78	4.30	6.13	8.81	12.3	15.5	18.8	22.0	25.3	28.4		
0.49	0.507	1.06	1.60	2.17	3.32	4.45	5.60	6.74	7.80	9.03	10.17	0.79	4.36	6.22	8.91	12.5	15.8	19.0	22.3	25.6	28.9		
0.50	0.520	1.11	1.66	2.24	3.41	4.58	5.77	6.95	8.00	9.20	10.49	0.80	4.42	6.31	9.02	12.7	16.0	19.3	22.6	26.0	29.3		

TABLA 3 (Cont...)

Descargas de vertederos rectangulares con contracción tipo standard, en segundo-pies. Computaciones realizadas con la fórmula $Q = 3,33 (L-0,2 H)^{3/2} H$

Carga H pies	Longitud del Vertedero, L, pies							Carga H pies	Longitud del Vertedero, L, pies					
	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0		4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
1.01	9.46	12.8	16.2	19.6	23.0	26.4	29.8	1.51	22.8	29.0	35.2	41.4	47.6	53.7
1.02	9.59	13.0	16.5	19.9	23.3	26.7	30.2	1.52	23.1	29.3	35.5	41.8	48.0	54.3
1.03	9.72	13.2	16.7	20.2	23.6	27.1	30.6	1.53	23.3	29.6	35.9	42.2	48.5	54.8
1.04	9.86	13.4	16.9	20.5	24.0	27.5	31.1	1.54	23.5	29.9	36.2	42.6	49.0	55.3
1.05	10.00	13.6	17.2	20.7	24.3	27.9	31.5	1.55	23.7	30.1	36.6	43.0	49.4	55.8
1.06	10.14	13.8	17.4	21.0	24.7	28.3	31.9	1.56	23.9	30.4	36.9	43.4	49.9	56.4
1.07	10.27	14.0	17.6	21.3	25.0	28.7	32.4	1.57	24.1	30.7	37.2	43.8	50.3	56.9
1.08	10.40	14.1	17.9	21.6	25.4	29.1	32.8	1.58	24.4	31.0	37.6	44.2	50.8	57.4
1.09	10.54	14.3	18.1	21.9	25.7	29.5	33.2	1.59	24.6	31.3	37.9	44.6	51.3	58.0
1.10	10.68	14.5	18.4	22.2	26.0	29.9	33.7	1.60	24.8	31.5	38.3	45.0	51.8	58.5
1.11	10.82	14.7	18.6	22.5	26.4	30.3	34.2	1.61	25.0	31.8	38.6	45.4	52.2	59.0
1.12	10.95	14.9	18.9	22.8	26.7	30.7	34.6	1.62	25.2	32.1	39.0	45.8	52.7	59.6
1.13	11.09	15.1	19.1	23.1	27.1	31.1	35.1	1.63	25.5	32.4	39.3	46.2	53.2	60.1
1.14	11.24	15.3	19.3	23.4	27.4	31.5	35.6	1.64	25.7	32.7	39.7	46.7	53.7	60.6
1.15	11.37	15.5	19.6	23.7	27.8	31.9	36.0	1.65	25.9	33.0	40.0	47.1	54.1	61.2
1.16	11.51	15.7	19.8	24.0	28.2	32.3	36.5	1.66	26.1	33.2	40.4	47.5	54.6	61.7
1.17	11.66	15.9	20.1	24.3	28.5	32.7	36.9	1.67	26.3	33.5	40.7	47.9	55.1	62.3
1.18	11.80	16.1	20.3	24.6	28.9	33.1	37.4	1.68	26.6	33.8	41.1	48.3	55.6	62.8
1.19	11.94	16.3	20.6	24.9	29.2	33.6	37.9	1.69	26.8	34.1	41.4	48.7	56.1	63.4
1.20	12.08	16.5	20.8	25.2	29.6	34.0	38.3	1.70	27.0	34.4	41.8	49.2	56.5	63.9
1.21	12.22	16.7	21.1	25.5	30.0	34.4	38.8	1.71	27.2	34.7	42.1	49.6	57.0	64.5
1.22	12.36	16.9	21.3	25.8	30.3	34.8	39.3	1.72	27.5	35.0	42.5	50.0	57.5	65.0
1.23	12.51	17.1	21.6	26.1	30.7	35.2	39.8	1.73	27.7	35.3	42.8	50.4	58.0	65.6
1.24	12.65	17.3	21.8	26.4	31.0	35.6	40.2	1.74	27.9	35.6	43.2	50.8	58.5	66.1
1.25	12.79	17.6	22.1	26.8	31.4	36.1	40.7	1.75	28.1	35.8	43.6	51.3	59.0	66.7
1.26	12.94	17.7	22.4	27.1	31.8	36.5	41.2	1.76	28.4	36.1	43.9	51.7	59.5	67.2
1.27	13.09	17.9	22.6	27.4	32.2	36.9	41.7	1.77	28.6	36.4	44.3	52.1	60.0	67.8
1.28	13.23	18.1	22.9	27.7	32.5	37.3	42.2	1.78	28.8	36.7	44.6	52.5	60.4	68.4
1.29	13.38	18.3	23.1	28.0	32.9	37.8	42.7	1.79	29.0	37.0	45.0	53.0	60.9	68.9
1.30	13.52	18.5	23.4	28.3	33.3	38.2	43.1	1.80	29.3	37.3	45.4	53.4	61.4	69.5
1.31	13.68	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	1.81	29.5	37.6	45.7	53.8	61.9	70.0
1.32	13.82	18.9	23.9	29.0	34.0	39.1	44.1	1.82	29.7	37.9	46.1	54.3	62.4	70.6
1.33	13.97	19.1	24.2	29.3	34.4	39.5	44.6	1.83	30.0	38.2	46.4	54.7	62.9	71.2
1.34	14.11	19.3	24.4	29.6	34.8	39.9	45.1	1.84	30.2	38.5	46.8	55.1	63.4	71.7
1.35	14.26	19.5	24.7	29.9	35.2	40.4	45.6	1.85	30.4	38.8	47.2	55.6	63.9	72.3
1.36	14.41	19.7	25.0	30.3	35.5	40.8	46.1	1.86	30.6	39.1	47.5	56.0	64.4	72.9
1.37	14.55	19.9	25.2	30.6	35.9	41.3	46.6	1.87	30.9	39.4	47.9	56.4	64.9	73.5
1.38	14.70	20.1	25.5	30.9	36.3	41.7	47.1	1.88	31.1	39.7	48.3	56.9	65.4	74.0
1.39	14.85	20.3	25.8	31.2	36.7	42.1	47.6	1.89	31.3	40.0	48.6	57.3	65.9	74.6
1.40	15.00	20.5	26.0	31.6	37.1	42.6	48.1	1.90	31.6	40.3	49.0	57.7	66.5	75.2
1.41	15.15	20.7	26.3	31.9	37.5	43.0	48.6	1.91	31.8	40.6	49.4	58.2	67.0	75.8
1.42	15.30	20.9	26.6	32.2	37.8	43.5	49.1	1.92	32.0	40.9	49.8	58.6	67.5	76.3
1.43	15.45	21.1	26.8	32.5	38.2	43.9	49.6	1.93	32.3	41.2	50.1	59.0	68.0	76.9
1.44	15.61	21.4	27.1	32.9	38.6	44.4	50.1	1.94	32.5	41.5	50.5	59.5	68.5	77.5
1.45	15.77	21.6	27.4	33.2	39.0	44.8	50.6	1.95	32.7	41.8	50.9	59.9	69.0	78.1
1.46	15.92	21.8	27.7	33.5	39.4	45.3	51.2	1.96	33.0	42.1	51.2	60.4	69.5	78.7
1.47	16.06	22.0	27.9	33.9	39.8	45.7	51.7	1.97	33.2	42.4	51.6	60.8	70.0	79.2
1.48	16.21	22.2	28.2	34.2	40.2	46.2	52.2	1.98	33.4	42.7	52.0	61.3	70.5	79.8
1.49	16.37	22.4	28.5	34.5	40.6	46.6	52.7	1.99	33.7	43.0	52.4	61.7	71.1	80.4
1.50	16.52	22.6	28.8	34.9	41.0	47.1	53.2	2.00	33.9	43.3	52.7	62.2	71.6	81.0

TABLA 3 (Cont...)

Descargas de vertederos rectangulares con contraoión tipo standard, en segundo-pies. Computaciones realizadas con la fórmula

$$Q = 3,33 (L - 0,2 H) H^{3/2}$$

Carga pies	Long. Vtedero L pies					Carga pies	Long. del Vert. pies				Carga pies	Long. Vtedero L pies			Carga pies	Long. Vert. pies			
	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0		6.0	7.0	8.0	9.0		7.0	8.0	9.0		6.0			
2.01	43.6	53.1	62.0	72.1	81.6	2.51	72.8	86.0	99.3	112.5	3.01	111.3	125.8	140.0	3.51	155.8	181.7	4.01	219.2
2.02	43.9	53.5	63.1	72.6	82.2	2.52	73.2	86.5	99.9	113.2	3.02	111.7	126.3	140.7	3.52	156.3	182.4	4.02	220.0
2.03	44.2	53.9	63.8	73.1	82.8	2.53	73.6	87.0	100.4	113.8	3.03	112.1	126.9	141.4	3.53	156.8	183.2	4.03	220.8
2.04	44.6	54.3	64.0	73.7	83.4	2.54	74.0	87.5	101.0	114.5	3.04	112.5	127.5	142.1	3.54	157.3	183.9	4.04	221.6
2.05	44.9	54.6	64.4	74.3	84.0	2.55	74.4	88.0	101.6	115.1	3.05	112.9	128.1	142.8	3.55	157.8	184.6	4.05	222.3
2.06	45.2	55.0	64.9	74.7	84.6	2.56	74.9	88.5	102.1	115.8	3.06	113.3	128.7	143.5	3.56	158.3	185.4	4.06	223.1
2.07	45.5	55.4	65.3	75.2	85.2	2.57	75.3	89.0	102.7	116.4	3.07	113.7	129.3	144.2	3.57	158.8	186.1	4.07	223.8
2.08	45.8	55.8	65.8	75.8	85.7	2.58	75.7	89.5	103.3	117.1	3.08	114.1	129.9	144.9	3.58	159.3	186.8	4.08	224.6
2.09	46.1	56.2	66.2	76.3	86.4	2.59	76.1	90.0	103.8	117.7	3.09	114.5	130.5	145.6	3.59	159.8	187.6	4.09	225.3
2.10	46.4	56.5	66.7	76.8	87.0	2.60	76.5	90.5	104.4	118.4	3.10	114.9	131.1	146.3	3.60	160.3	188.3	4.10	226.1
2.11	46.7	56.9	67.1	77.3	87.5	2.61	76.9	91.0	105.0	119.0	3.11	115.3	131.7	147.0	3.61	160.8	189.1	4.11	226.9
2.12	47.0	57.3	67.6	77.9	88.2	2.62	77.3	91.5	105.6	119.7	3.12	115.7	132.3	147.7	3.62	161.3	189.8	4.12	227.7
2.13	47.3	57.7	68.1	78.4	88.8	2.63	77.7	92.0	106.2	120.4	3.13	116.1	132.9	148.4	3.63	161.8	190.6	4.13	228.5
2.14	47.7	58.1	68.5	78.9	89.4	2.64	78.2	92.4	106.7	121.0	3.14	116.5	133.5	149.1	3.64	162.3	191.3	4.14	229.3
2.15	48.0	58.5	69.0	79.5	90.0	2.65	78.6	92.9	107.2	121.6	3.15	116.9	134.1	149.8	3.65	162.8	192.0	4.15	230.1
2.16	48.3	58.9	69.4	80.0	90.6	2.66	79.0	93.4	107.9	122.3	3.16	117.3	134.7	150.5	3.66	163.3	192.8	4.16	230.9
2.17	48.6	59.2	69.9	80.5	91.2	2.67	79.4	93.9	108.5	123.0	3.17	117.7	135.4	151.2	3.67	163.8	193.5	4.17	231.6
2.18	48.9	59.6	70.4	81.1	91.8	2.68	79.8	94.4	109.0	123.7	3.18	118.1	136.1	151.9	3.68	164.3	194.3	4.18	232.3
2.19	49.2	60.0	70.8	81.6	92.4	2.69	80.2	94.9	109.6	124.3	3.19	118.5	136.7	152.6	3.69	164.8	195.0	4.19	233.1
2.20	49.5	60.4	71.3	82.1	93.0	2.70	80.7	95.4	110.2	125.0	3.20	118.9	137.3	153.3	3.70	165.3	195.8	4.20	233.9
2.21	49.9	60.8	71.7	82.7	93.6	2.71	81.1	95.9	110.8	125.7	3.21	119.3	137.9	154.0	3.71	165.8	196.5	4.21	234.7
2.22	50.2	61.2	72.2	83.2	94.2	2.72	81.5	96.4	111.4	126.3	3.22	119.7	138.5	154.7	3.72	166.3	197.3	4.22	235.4
2.23	50.5	61.6	72.7	83.8	94.9	2.73	81.9	96.9	112.0	127.0	3.23	120.1	139.1	155.4	3.73	166.8	198.0	4.23	236.2
2.24	50.8	62.0	73.1	84.3	95.5	2.74	82.3	97.4	112.6	127.7	3.24	120.5	139.7	156.1	3.74	167.3	198.8	4.24	237.0
2.25	51.1	62.4	73.6	84.9	96.1	2.75	82.8	98.0	113.1	128.3	3.25	120.9	140.3	156.8	3.75	167.8	199.5	4.25	237.8
2.26	51.5	62.8	74.1	85.4	96.7	2.76	83.2	98.5	113.7	129.0	3.26	121.3	140.9	157.5	3.76	168.3	200.3	4.26	238.6
2.27	51.8	63.2	74.6	85.9	97.3	2.77	83.6	99.0	114.3	129.7	3.27	121.7	141.5	158.2	3.77	168.8	201.0	4.27	239.3
2.28	52.1	63.6	75.0	86.5	97.9	2.78	84.0	99.5	114.9	130.3	3.28	122.1	142.1	158.9	3.78	169.3	201.8	4.28	240.1
2.29	52.4	64.0	75.5	87.0	98.5	2.79	84.5	100.0	115.5	131.0	3.29	122.5	142.7	159.6	3.79	169.8	202.5	4.29	240.9
2.30	52.7	64.3	76.0	87.6	99.2	2.80	84.9	100.5	116.1	131.7	3.30	122.9	143.3	160.3	3.80	170.3	203.3	4.30	241.7
2.31	53.1	64.7	76.4	88.1	99.8	2.81	85.3	101.0	116.7	132.4	3.31	123.3	143.9	161.0	3.81	170.8	204.0	4.31	242.5
2.32	53.4	65.1	76.9	88.7	100.4	2.82	85.7	101.5	117.3	133.0	3.32	123.7	144.5	161.7	3.82	171.3	204.8	4.32	243.3
2.33	53.7	65.5	77.4	89.2	101.1	2.83	86.1	102.0	117.9	133.7	3.33	124.1	145.1	162.4	3.83	171.8	205.5	4.33	244.1
2.34	54.0	65.9	77.9	89.8	101.7	2.84	86.5	102.5	118.5	134.4	3.34	124.5	145.7	163.1	3.84	172.3	206.3	4.34	244.9
2.35	54.3	66.3	78.3	90.3	102.3	2.85	87.0	103.0	119.0	135.1	3.35	124.9	146.3	163.8	3.85	172.8	207.0	4.35	245.7
2.36	54.7	66.7	78.8	90.9	103.0	2.86	87.4	103.5	119.6	135.7	3.36	125.3	146.9	164.5	3.86	173.3	207.8	4.36	246.4
2.37	55.0	67.1	79.3	91.4	103.6	2.87	87.9	104.0	120.2	136.4	3.37	125.7	147.5	165.2	3.87	173.8	208.5	4.37	247.2
2.38	55.3	67.5	79.8	92.0	104.2	2.88	88.3	104.6	120.8	137.1	3.38	126.1	148.1	165.9	3.88	174.3	209.3	4.38	248.0
2.39	55.6	67.9	80.2	92.6	104.9	2.89	88.7	105.1	121.4	137.8	3.39	126.5	148.7	166.6	3.89	174.8	210.0	4.39	248.8
2.40	56.0	68.3	80.7	93.1	105.5	2.90	89.1	105.6	122.0	138.5	3.40	126.9	149.3	167.3	3.90	175.3	210.8	4.40	249.6
2.41	56.3	68.7	81.2	93.7	106.1	2.91	89.6	106.1	122.6	139.1	3.41	127.3	149.9	168.0	3.91	175.8	211.6	4.41	250.4
2.42	56.6	69.1	81.7	94.2	106.8	2.92	90.0	106.8	123.2	139.8	3.42	127.7	150.5	168.7	3.92	176.3	212.3	4.42	251.1
2.43	56.9	69.6	82.2	94.8	107.4	2.93	90.4	107.1	123.8	140.5	3.43	128.1	151.1	169.4	3.93	176.8	213.1	4.43	251.9
2.44	57.2	70.0	82.6	95.3	108.0	2.94	90.9	107.6	124.4	141.2	3.44	128.5	151.7	170.1	3.94	177.3	213.9	4.44	252.7
2.45	57.6	70.4	83.1	95.9	108.7	2.95	91.3	108.1	125.0	141.9	3.45	128.9	152.3	170.8	3.95	177.8	214.6	4.45	253.5
2.46	57.9	70.8	83.6	96.5	109.3	2.96	91.7	108.7	125.6	142.6	3.46	129.3	152.9	171.5	3.96	178.3	215.4	4.46	254.3
2.47	58.2	71.2	84.1	97.0	110.0	2.97	92.1	109.2	126.2	143.3	3.47	129.7	153.5	172.2	3.97	178.8	216.2	4.47	255.1
2.48	58.6	71.6	84.6	97.6	110.6	2.98	92.6	109.7	126.8	144.0	3.48	130.1	154.1	172.9	3.98	179.3	216.9	4.48	255.9
2.49	58.9	72.0	85.1	98.2	111.2	2.99	93.0	110.3	127.4	144.7	3.49	130.5	154.7	173.6	3.99	179.8	217.7	4.49	256.7
2.50	59.3	72.4	85.6	98.7	111.9	3.00	93.4	110.7	128.0	145.5	3.50	130.9	155.3	174.3	4.00	180.3	218.4	4.50	257.5

TABLA 3 (Cont....)

Descargas de vertederos rectangulares con contracción tipo standard en segundo-pies. Computaciones realizadas con la fórmula $Q = 3,33 (L - 0,2 H) H^{3/2}$

Carga pies	Longitud del Vertedero L, en Pies				
	10.0	12.0	14.0	16.0	20.0
0.01	0.033	0.040	0.050	0.060	0.067
.02	0.093	0.112	0.140	0.168	0.180
.03	0.173	0.208	0.260	0.312	0.316
.04	0.260	0.310	0.389	0.479	0.533
.05	0.373	0.447	0.559	0.671	0.740
.06	0.499	0.587	0.734	0.881	0.978
.07	0.607	0.738	0.923	1.11	1.23
.08	0.751	0.902	1.13	1.35	1.50
.09	0.897	1.08	1.35	1.62	1.80
.10	1.05	1.28	1.58	1.89	2.10
.11	1.21	1.46	1.82	2.19	2.43
.12	1.38	1.66	2.07	2.49	2.77
.13	1.56	1.87	2.34	2.81	3.12
.14	1.74	2.09	2.61	3.14	3.48
.15	1.93	2.32	2.90	3.48	3.86
.16	2.12	2.55	3.19	3.83	4.26
.17	2.33	2.79	3.48	4.19	4.66
.18	2.53	3.04	3.81	4.57	5.08
.19	2.75	3.30	4.13	4.95	5.50
.20	2.97	3.56	4.45	5.35	5.94
.21	3.19	3.83	4.79	5.75	6.39
.22	3.42	4.11	5.14	6.17	6.83
.23	3.66	4.39	5.49	6.59	7.33
.24	3.90	4.68	5.86	7.03	7.81
.25	4.14	4.97	6.22	7.47	8.30
.26	4.39	5.28	6.60	7.93	8.81
.27	4.65	5.58	6.98	8.38	9.32
.28	4.91	5.89	7.37	8.86	9.84
.29	5.17	6.21	7.77	9.33	10.4
.30	5.44	6.53	8.17	9.82	10.9
.31	5.71	6.86	8.59	10.3	11.5
.32	5.99	7.19	9.00	10.8	12.0
.33	6.27	7.53	9.43	11.3	12.6
.34	6.55	7.88	9.86	11.8	13.2
.35	6.85	8.23	10.3	12.4	13.7
.36	7.14	8.58	10.7	12.9	14.3
.37	7.44	8.94	11.2	13.4	14.9
.38	7.74	9.30	11.6	14.0	15.5
.39	8.05	9.67	12.1	14.5	16.2
.40	8.36	10.0	12.6	15.1	16.8
.41	8.67	10.4	13.0	15.7	17.4
.42	8.99	10.8	13.5	16.2	18.1
.43	9.31	11.2	14.0	16.8	18.7
.44	9.63	11.6	14.5	17.4	19.4
.45	9.96	12.0	15.0	18.0	20.0
.46	10.3	12.4	15.5	18.6	20.7
.47	10.6	12.8	16.0	19.2	21.4
.48	11.0	13.2	16.5	19.8	22.0
.49	11.3	13.6	17.0	20.4	22.7
.50	11.7	14.0	17.5	21.1	23.4

Vertedero Rectangular sin Contracción Tipo Standard

Una de las principales fórmulas para estos vertederos es la siguiente fórmula de Francis, (sin incluir la velocidad de llegada) :

$$Q = 3,33 L H^{3/2} \dots\dots\dots (4)$$

e incluyendo la velocidad de llegada :

$$Q' = 3,33 L \left[(H + h)^{3/2} - h^{3/2} \right] \dots\dots\dots (5)$$

Los símbolos en estas ecuaciones tienen los mismo significados que antes. La Tabla 4 da las descargas para las diferentes longitudes de la cresta y cargas de estos vertederos. Aunque las Tablas dan las descargas para cargas menores de 0,2 pies, estos vertederos no son exactos cuando se tienen cargas menores de 0,2 pies.

Vertedero Cipolletti Standard

La fórmula para este vertedero es casi igual a la del vertedero rectangular con contracción tipo standard. El coeficiente de Francis es aumentado casi 1%. La fórmula es la siguiente :

$$Q = 3,367 L H^{3/2} \dots\dots\dots (6)$$

y con la velocidad de entrada :

$$Q' = 3,367 L (H + 1,5 h)^{3/2} \dots\dots\dots (7)$$

No se incluyen tablas para este vertedero debido a que para la mayoría de fines prácticos, las descargas no son significativamente diferentes de las de los vertederos rectangulares sin contracción.

Vertedero en Forma de V de 90°, con Contracción Tipo Standard

La fórmula de Cone para este vertedero es :

$$Q = 2,49 H^{2,48} \dots\dots\dots (8)$$

Descargas de vertederos rectangulares sin contracción
 tipo standard, en seg./pies. Valores computados
 con fórmula $Q = 3,33 L H^{3/2}$

Carga Pies	Long. Vert. Pies			Carga Pies	Long. Vert. Pies		
	3.0	4.0	5.0		3.0	4.0	5.0
0.93	8.96	11.95	14.93	1.47	17.81	23.74	29.68
.94	9.10	12.14	15.17	1.49	17.99	23.98	29.98
.95	9.25	12.33	15.42	1.49	18.17	24.23	30.28
.96	9.40	12.53	15.66	1.50	18.35	24.47	30.59
.97	9.54	12.73	15.91	1.51	-----	24.72	30.89
.98	9.69	12.92	16.15	1.52	-----	24.96	31.20
.99	9.84	13.12	16.40	1.53	-----	25.21	31.51
1.00	9.99	13.32	16.65	1.54	-----	25.46	31.82
1.01	10.14	13.52	16.90	1.55	-----	25.70	32.13
1.02	10.29	13.72	17.15	1.56	-----	25.95	32.44
1.03	10.44	13.92	17.41	1.57	-----	26.20	32.75
1.04	10.60	14.13	17.66	1.58	-----	26.45	33.07
1.05	10.75	14.33	17.91	1.59	-----	26.71	33.38
1.06	10.90	14.54	18.17	1.60	-----	26.96	33.70
1.07	11.06	14.74	18.43	1.61	-----	27.21	34.01
1.08	11.21	14.95	18.69	1.62	-----	27.47	34.33
1.09	11.37	15.16	18.95	1.63	-----	27.72	34.65
1.10	11.53	15.37	19.21	1.64	-----	27.98	34.97
1.11	11.69	15.58	19.47	1.65	-----	28.23	35.29
1.12	11.84	15.79	19.74	1.66	-----	28.49	35.61
1.13	12.00	16.00	20.00	1.67	-----	28.75	35.93
1.14	12.16	16.21	20.27	1.68	-----	29.01	36.26
1.15	12.32	16.43	20.53	1.69	-----	29.26	36.58
1.16	12.48	16.64	20.80	1.70	-----	29.52	36.91
1.17	12.64	16.86	21.07	1.71	-----	29.79	37.23
1.18	12.81	17.07	21.34	1.72	-----	30.05	37.56
1.19	12.97	17.29	21.61	1.73	-----	30.31	37.89
1.20	13.13	17.51	21.89	1.74	-----	30.57	38.22
1.21	13.30	17.73	22.16	1.75	-----	30.84	38.55
1.22	13.46	17.95	22.44	1.76	-----	31.10	38.88
1.23	13.63	18.17	22.71	1.77	-----	31.37	39.21
1.24	13.79	18.39	22.99	1.78	-----	31.63	39.54
1.25	13.96	18.62	23.27	1.79	-----	31.90	39.88
1.26	14.13	18.84	23.55	1.80	-----	32.17	40.21
1.27	14.30	19.06	23.83	1.81	-----	32.44	40.55
1.28	14.47	19.29	24.11	1.82	-----	32.71	40.88
1.29	14.64	19.52	24.40	1.83	-----	32.98	41.22
1.30	14.81	19.74	24.68	1.84	-----	33.25	41.56
1.31	14.98	19.97	24.97	1.85	-----	33.52	41.90
1.32	15.15	20.20	25.25	1.86	-----	33.79	42.24
1.33	15.32	20.43	25.54	1.87	-----	34.06	42.58
1.34	15.49	20.66	25.83	1.88	-----	34.34	42.92
1.35	15.67	20.89	26.12	1.89	-----	34.61	43.26
1.36	15.84	21.13	26.41	1.90	-----	34.89	43.61
1.37	16.02	21.36	26.70	1.91	-----	35.16	43.95
1.38	16.20	21.59	26.99	1.92	-----	35.44	44.30
1.39	16.37	21.83	27.29	1.93	-----	35.71	44.64
1.40	16.55	22.06	27.58	1.94	-----	35.99	44.99
1.41	16.73	22.30	27.89	1.95	-----	36.27	45.34
1.42	16.90	22.54	28.17	1.96	-----	36.55	45.69
1.43	17.09	22.78	28.47	1.97	-----	36.83	46.04
1.44	17.26	23.02	28.77	1.98	-----	37.11	46.39
1.45	17.44	23.26	29.07	1.99	-----	37.39	46.74
1.46	17.62	23.50	29.37	2.00	-----	37.68	47.10

En general, la velocidad de entrada no afecta mayormente los vertederos en forma de V, especialmente si éstos están instalados con contracción total.

La Tabla 5 da las descargas para estos vertederos, computadas con la fórmula (8).

TABLA 5

Descargas de Vertederos en Forma de V en 90°, dada en segundo-pies.
Computadas con la Fórmula $Q = 2,49 H^{2/48}$

CARGA EN PIES	DESCARGA EN SEG/ PIES	CARGA EN PIES	DESCARGA EN SEG/ PIES	CARGA EN PIES	DESCAR- GA EN SEG/PIES
0.20	0.046	0.55	0.564	0.90	1.92
.21	.052	.56	.590	.91	1.97
.22	.058	.57	.617	.92	2.02
.23	.065	.58	.644	.93	2.08
.24	.072	.59	.672	.94	2.13
.25	.080	.60	.700	.95	2.19
.26	.088	.61	.730	.96	2.25
.27	.096	.62	.760	.97	2.31
.28	.106	.63	.790	.98	2.37
.29	.115	.64	.822	.99	2.43
.30	.125	.65	.854	1.00	2.49
.31	.136	.66	.887	1.01	2.55
.32	.147	.67	.921	1.02	2.61
.33	.159	.68	.955	1.03	2.68
.34	.171	.69	.991	1.04	2.74
.35	.184	.70	1.03	1.05	2.81
.36	.197	.71	1.06	1.06	2.87
.37	.211	.72	1.10	1.07	2.94
.38	.226	.73	1.14	1.08	3.01
.39	.240	.74	1.18	1.09	3.08
.40	.256	.75	1.22	1.10	3.15
.41	.272	.76	1.26	1.11	3.22
.42	.289	.77	1.30	1.12	3.30
.43	.306	.78	1.34	1.13	3.37
.44	.324	.79	1.39	1.14	3.44
.45	.343	.80	1.43	1.15	3.52
.46	.362	.81	1.48	1.16	3.59
.47	.382	.82	1.52	1.17	3.67
.48	.403	.83	1.57	1.18	3.75
.49	.424	.84	1.61	1.19	3.83
.50	.445	.85	1.66	1.20	3.91
.51	.468	.86	1.71	1.21	3.99
.52	.491	.87	1.76	1.22	4.07
.53	.515	.88	1.81	1.23	4.16
.54	.539	.89	1.86	1.24	4.24
-----	-----	-----	-----	1.25	4.33

Vertederos sin Contracción Completa

Para fines de eficiencia en la operación, se deberían evitar los vertederos con contracción parcial debido a la posibilidad de errores que se introducen y a los procedimientos más complicados que se han de utilizar. Sin embargo, Kindsvater y Carter han propuesto algunas relaciones, relati-

vamente sencillas que facilitan estas computaciones². Para no alargar indebidamente esta presentación, no se discutirá aquí este método.

Mantenimiento de los Vertederos

Cada vez que se visita el vertedero, se le deberá sacar la maleza o basura que se encuentre, tanto en éste como en el pozo del vertedero y se eliminarán los sedimentos del pozo periódicamente de acuerdo a la velocidad con que éstos se acumulan. De no hacerse ésto, no se mantendrán las condiciones standard y se introducirán errores en las mediciones.

Ocasionalmente se deberán repasar los lados del pozo del vertedero, a fin de poder mantener las contracciones completas.

También se deberá rectificar periódicamente el nivel de la cresta del vertedero, igualmente que se verificará la elevación de la cresta en relación al cero en el limnómetro o al nivel de referencia, con el cual se mide la carga del vertedero. También se constatará la posibilidad de filtraciones alrededor del vertedero.

Se deberá tener cuidado de que el canto de la escotadura del vertedero no se dañe. Pequeñas muescas y melladuras pueden alterar la exactitud de éste. El canto aguas arriba de la escotadura no deberá ser redondo, sino angular. La cara aguas arriba del muro de contención deberá mantenerse lisa y se deberá limpiar ocasionalmente.

Orificios Sumergidos

Definición

Un orificio es un artefacto de aforación que tiene una apertura bien definida de arista viva, en un muro a través del cual pasará el caudal. Generalmente en las prácticas de riego, la apertura es rectangular (Vea Fig.6).

² Kindsvater, C.E. y Carter, K.W. "Discharge Characteristics of Rectangular Thin Plate Weirs" Paper N° 3001. Transactions, American Society of Civil Engineers, Vol. 124, 1959.

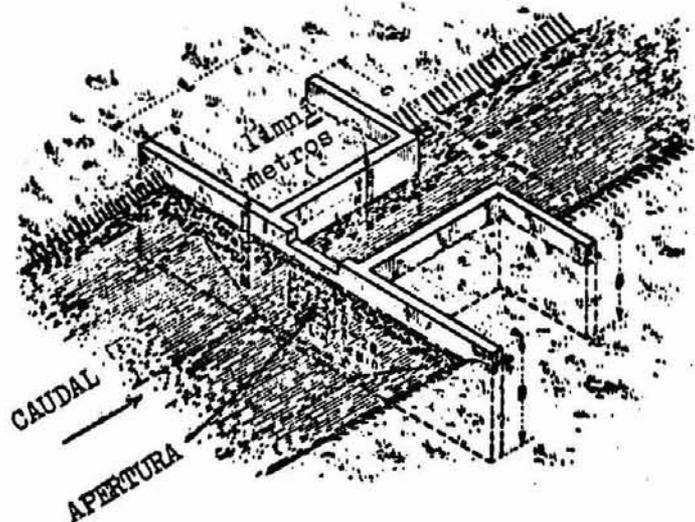


Figura 6. Orificio Sumergido Standard

En el orificio sumergido, el gasto aguas arriba y abajo del muro de contención, está por encima del orificio. La diferencia entre la elevación del agua, aguas arriba y aguas abajo, es la carga que induce el flujo del gasto a través del orificio (Vea Fig. 7).

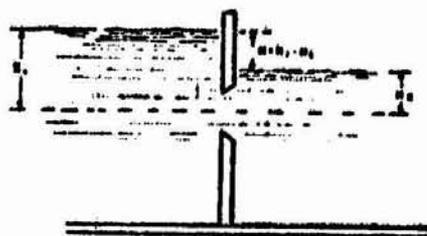


Figura 7. Diferencia de los Niveles del Agua en Ambos Lados del Orificio, indica la Carga

El orificio sumergido conserva la carga y por lo tanto se utiliza donde no se tiene suficiente caída para un vertedero. El orificio sumergido es también menos costoso que una canaleta Parshall. Las desventajas principales del orificio consisten en que éste se atasca fácilmente con malezas o basura y que la sedimentación aguas arriba del orificio puede provocar una medición errónea.

Orificios con Contracción y sin Contracción

En un orificio con contracción, el perímetro de la apertura está suficientemente alejado de los muros de aproximación del canal o de cualquier otro límite que pudiera causar alteraciones, de manera que los filamentos de agua se contraen y forman un chorro contraído después de pasar por el orificio.

Cuando el perímetro de un orificio coincide con las paredes del canal de aproximación o con cualquiera otra superficie que impediría la formación de un chorro contraído, se dice que es un orificio sin contracción. Un orificio puede estar parcial o totalmente sin contracción. Las orillas de la apertura no deberán ser redondeadas sino en ángulo recto ya que de lo contrario, puede ocurrir una supresión. Para los diferentes grados de supresión se aplican diferentes coeficientes de descarga.

Condiciones para Obtener Exactitud

A menos que el orificio cumpla con las siguientes especificaciones, no se le considera standard y no medirá con exactitud el gasto :

- 1) Los bordes aguas arriba de la apertura del orificio serán afilados y lisos.
- 2) La distancia entre las orillas y las superficies limitantes del canal, tanto aguas arriba como aguas abajo, deberán ser por lo menos, de dos veces la dimensión mínima del orificio.
- 3) La cara aguas arriba del muro del orificio deberá estar vertical a la corriente.

- 4) Los bordes de arriba y de abajo deberán estar completamente nivelados.
- 5) Los lados de la apertura deberán estar completamente vertical.
- 6) En el caso de un caudal sumergido, la carga en el orificio es la diferencia actual de la elevación entre la superficie del agua, aguas arriba y aguas abajo del muro del orificio.
- 7) El área transversal del prisma del agua a 20 o 30 pies aguas arriba del orificio, deberá tener una extensión, que sea por lo menos, 8 veces mayor del área transversal del orificio.
- 8) Se deberán hacer las correcciones para la velocidad de llegada, cuando el descuidar este aspecto implicaría graves errores en la aforación.

Dimensiones para Orificios Sumergidos Standard

La Figura 6 y la Tabla 6 dan dimensiones adecuadas para los orificios sumergidos standard. El tamaño de la estructura del orificio que se ha de utilizar dependerá del gasto máximo que se ha de medir y de la carga disponible. La Tabla 6 y la Figura 6 ayudan en la selección del tamaño más adecuado.

TABLA 6
TAMAÑOS Y DIMENSIONES RECOMENDADOS
PARA LAS CAJAS DE UN ORIFICIO SUMERGIDO

Tamaño Orificio		Altura Estruct. B	Ancho Muro de Carga A	Long. E	Ancho W	Long. muro de defensa aguas abajo, C
Altura D	Long. L					
Pulg.	Pulg.	Pies	Pies	Pies	Pies	Pies
3	12	4	10	3.0	2.5	2
3	24	4	12	3.0	3.5	2
6	12	5	12	3.5	2.5	3
6	18	5	14	3.5	3.0	3
6	24	5	14	3.5	3.5	3
9	16	6	14	3.5	3.0	3
9	24	6	16	3.5	3.5	3

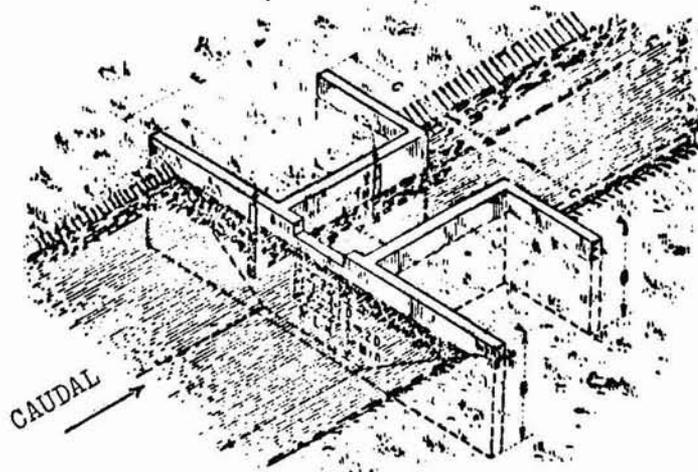


Figura 6. Orificio Sumergido Standard

Fórmulas para la Velocidad de Descarga

La fórmula para un orificio rectangular sumergido standard, sin tomar en consideración la velocidad de llegada es :

$$Q = 0,61 A \sqrt{2 g H} \dots\dots\dots (9)$$

donde :

- Q = velocidad de descarga en pies³/seg.
- g = aceleración de la gravedad (32,2 pies por seg./seg.)
- H = carga medida sobre el orificio en pies
- A = área del orificio en pies²

Cuando la velocidad de llegada no es insignificante, la ecuación para computar la velocidad de descarga es :

$$Q' = 0,61 A \sqrt{2 g (H + h)} \dots\dots\dots (10)$$

donde h es la carga de velocidad computada con la ecuación

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (11)$$

y

$$h = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (12)$$

Los orificios sumergidos deberán diseñarse, siempre que sea posible, de manera que no sea necesario tomar en cuenta la carga de velocidad. No obstante, si la carga del orificio es pequeña, el despreciar la carga de velocidad puede originar un error considerable, mientras que el error resulta insignificante cuando la carga es grande. La Tabla 7 se puede utilizar aún cuando se use $H + h$.

Fórmula para la Supresión de la Contracción

Siempre que sea posible se debe evitar el orificio sin contracción. Sin embargo, cuando el gasto contiene gran cantidad de sedimentos, puede ser deseable el colocar el extremo inferior del orificio en el fondo del canal. Algunas veces resulta necesario suprimir las contracciones laterales. En estos casos, se puede utilizar la siguiente fórmula :

$$Q' = 0,61 (1 + 0,15 r) A \sqrt{2 g H} \dots\dots\dots (13)$$

donde :

r = proporción de la porción suprimida del perímetro en relación al perímetro total. La fórmula 13 no toma en cuenta la velocidad de llegada. Si ésta es significativa, entonces se deberá añadir la carga de velocidad a la carga medida y se insertará en la fórmula la suma de estas dos.

Compuerta Derivadora de Orificio de Carga Constante

Esta es una combinación de estructura reguladora y aforadora que usa un orificio sumergido para medir el gasto (Vea Fig. 8, 9 y 10) . En esta estructura se mantiene a través del orificio una carga constante, generalmente de 0,2 pies. La velocidad de descarga se puede variar cambiando el área del orificio. La compuerta que abre más cerca al canal es el orificio ajustable. La otra compuerta se utiliza para ajustar y regular la carga. Las compuertas derivadoras están situadas usualmente en ángulo recto con el canal.

Este orificio especial consiste de un corto canal de entrada en dirección al muro de cabecera que contiene una o más compuertas - aperturas de

control, una sección de aquietamientos y un muro de cabecera aguas abajo con una o más aperturas controladas con compuertas, para descargar el gasto en el canal de entrega.

La carga se mide generalmente con limnímetros o pozos de amortiguación aguas arriba y aguas abajo del orificio. La apertura requerida del orificio se obtiene de tablas de descarga (Vea Tabla 8). La compuerta aguas arriba se fija de acuerdo a los valores de la descarga deseada. La compuerta aguas abajo se ajusta de manera de obtener la carga deseada. El orificio descargará el gasto deseado.

Fórmula para Orificios Derivadores de Carga Constante

Los ensayos en los laboratorios hidráulicos indican que la siguiente fórmula general, es aplicable a esta estructura :

$$Q = CA \sqrt{2g \Delta h} \dots\dots\dots (14)$$

donde :

- Q = velocidad de descarga en pies³/seg.;
- Δh = carga diferencial en la compuerta del orificio, generalmente 0,2 pies;
- A = área de la apertura de la compuerta en pies²;
- C = un coeficiente de descarga;
- g = aceleración de la gravedad - 32,2 pies /seg./seg.

El coeficiente de descarga, C, es aproximadamente 0,65 para una operación normal, donde la carga aguas arriba de la compuerta de derivación es de 2,5 o más veces la apertura de la compuerta y no se utilizan bandas de refuerzo en el extremo inferior de la cara de la compuerta. Si se utilizan refuerzos de hierro angular, se aumentará el coeficiente aproximadamente a 0,72. La Tabla 8 da las aperturas necesarias de las compuertas para poder obtener las descargas específicas.

La estructura se deberá instalar de manera que el agua enfrente de la compuerta del orificio tenga una profundidad de 2,5 veces - y preferiblemente de 4 veces - la apertura máxima de la compuerta; de lo contrario, el coe

Tabla 7.- Descargas de un orificio rectangular sumergido standard en pies/seg. Computadas con la fórmula $Q = 0,69 A \sqrt{2 g H}$

Carga H pies	Area Transversal A del orificio en pies ²							
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
0.01	0.122	0.245	0.367	0.489	0.611	0.734	0.856	0.978
0.02	.173	.346	.519	.691	.864	1.037	1.210	1.382
0.03	.212	.424	.635	.847	1.059	1.271	1.483	1.694
0.04	.245	.490	.734	.978	1.223	1.468	1.712	1.957
0.05	.273	.547	.820	1.093	1.367	1.640	1.913	2.190
0.06	.300	.600	.900	1.198	1.497	1.797	2.097	2.396
0.07	.324	.647	.971	1.294	1.617	1.911	2.265	2.598
0.08	.346	.691	1.037	1.383	1.729	2.074	2.420	2.799
0.09	.367	.734	1.101	1.468	1.835	2.201	2.638	2.955
0.10	.387	.773	1.160	1.557	1.933	2.329	2.707	3.091
0.11	.406	.811	1.217	1.622	2.027	2.433	2.830	3.244
0.12	.421	.847	1.271	1.691	2.118	2.512	2.965	3.399
0.13	.441	.882	1.323	1.761	2.205	2.645	3.080	3.527
0.14	.458	.915	1.373	1.830	2.287	2.745	3.203	3.660
0.15	.474	.947	1.421	1.895	2.369	2.842	3.316	3.790
0.16	.490	.978	1.467	1.956	2.445	2.934	3.423	3.912
0.17	.504	1.008	1.512	2.016	2.520	3.024	3.529	4.032
0.18	.519	1.037	1.556	2.075	2.593	3.112	3.631	4.150
0.19	.533	1.066	1.599	2.132	2.665	3.198	3.731	4.264
0.20	.547	1.094	1.641	2.189	2.735	3.282	3.829	4.376
0.21	.561	1.120	1.681	2.241	2.801	3.361	3.921	4.482
0.22	.574	1.148	1.722	2.290	2.870	3.444	4.018	4.592
0.23	.587	1.172	1.759	2.345	2.931	3.517	4.109	4.699
0.24	.600	1.198	1.797	2.396	2.995	3.599	4.193	4.792
0.25	.612	1.223	1.834	2.446	3.057	3.669	4.280	4.891
0.26	.624	1.247	1.871	2.494	3.117	3.741	4.365	4.988
0.27	.636	1.270	1.906	2.541	3.176	3.811	4.446	5.082
0.28	.646	1.291	1.942	2.589	3.236	3.883	4.530	5.178
0.29	.659	1.319	1.978	2.638	3.297	3.956	4.616	5.276
0.30	.670	1.339	2.009	2.678	3.347	4.017	4.687	5.356
0.31	.681	1.363	2.045	2.726	3.407	4.090	4.771	5.452
0.32	.692	1.382	2.073	2.764	3.455	4.146	4.837	5.528
0.33	.703	1.405	2.107	2.810	3.513	4.215	4.917	5.620
0.34	.713	1.426	2.139	2.852	3.565	4.278	4.991	5.704
0.35	.724	1.446	2.169	2.892	3.615	4.338	5.061	5.784
0.36	.734	1.467	2.201	2.934	3.667	4.401	5.135	5.868
0.37	.745	1.488	2.232	2.976	3.720	4.464	5.208	5.952
0.38	.754	1.508	2.262	3.016	3.770	4.524	5.278	6.032
0.39	.764	1.527	2.291	3.054	3.818	4.582	5.345	6.109
0.40	.774	1.547	2.321	3.094	3.867	4.641	5.415	6.188
0.41	.783	1.567	2.350	3.133	3.917	4.700	5.483	6.266
0.42	.792	1.585	2.377	3.170	3.962	4.754	5.547	6.339
0.43	.802	1.604	2.406	3.208	4.010	4.812	5.614	6.416
0.44	.811	1.622	2.433	3.244	4.055	4.866	5.677	6.488
0.45	.820	1.640	2.461	3.281	4.101	4.921	5.741	6.562
0.46	.829	1.659	2.489	3.318	4.147	4.977	5.807	6.636
0.47	.839	1.678	2.517	3.356	4.195	5.035	5.874	6.713
0.48	.847	1.695	2.542	3.390	4.237	5.094	5.931	6.778
0.49	.856	1.712	2.568	3.424	4.280	5.136	5.992	6.848
0.50	.865	1.729	2.594	3.458	4.323	5.188	6.052	6.917
0.51	.873	1.746	2.620	3.493	4.366	5.239	6.112	6.986
0.52	.882	1.763	2.645	3.527	4.409	5.290	6.172	7.054
0.53	.890	1.780	2.670	3.560	4.451	5.341	6.231	7.121
0.54	.898	1.797	2.695	3.591	4.491	5.390	6.288	7.186
0.55	.907	1.813	2.719	3.626	4.533	5.439	6.345	7.252
0.56	.915	1.830	2.745	3.660	4.575	5.490	6.405	7.320
0.57	.921	1.846	2.769	3.692	4.615	5.538	6.461	7.384
0.58	.928	1.862	2.794	3.725	4.656	5.587	6.518	7.450
0.59	.939	1.879	2.818	3.757	4.697	5.636	6.575	7.514
0.60	.947	1.895	2.842	3.790	4.737	5.684	6.632	7.579
0.61	.955	1.910	2.865	3.820	4.775	5.730	6.685	7.640
0.62	.963	1.925	2.887	3.850	4.812	5.775	6.737	7.700
0.63	.971	1.941	2.911	3.882	4.853	5.823	6.793	7.761
0.64	.978	1.956	2.934	3.912	4.890	5.868	6.846	7.821
0.65	.984	1.972	2.958	3.944	4.930	5.916	6.902	7.884
0.66	.991	1.987	2.980	3.974	4.967	5.960	6.954	7.947
0.67	1.001	2.002	3.003	4.004	5.005	6.006	7.007	8.008
0.68	1.008	2.016	3.021	4.032	5.040	6.048	7.056	8.064
0.69	1.016	2.032	3.048	4.064	5.080	6.096	7.112	8.128
0.70	1.023	2.046	3.069	4.092	5.115	6.138	7.161	8.184
0.71	1.031	2.062	3.093	4.124	5.155	6.186	7.217	8.248
0.72	1.038	2.076	3.114	4.152	5.190	6.228	7.266	8.304
0.73	1.045	2.090	3.135	4.180	5.225	6.270	7.315	8.360
0.74	1.052	2.104	3.158	4.210	5.260	6.311	7.360	8.421
0.75	1.059	2.118	3.178	4.237	5.296	6.355	7.413	8.475
0.76	1.066	2.132	3.198	4.264	5.330	6.396	7.462	8.528
0.77	1.072	2.145	3.217	4.290	5.362	6.434	7.507	8.579
0.78	1.080	2.160	3.240	4.320	5.400	6.480	7.550	8.649
0.79	1.087	2.174	3.261	4.348	5.435	6.522	7.609	8.696
0.80	1.094	2.188	3.282	4.376	5.470	6.564	7.658	8.752

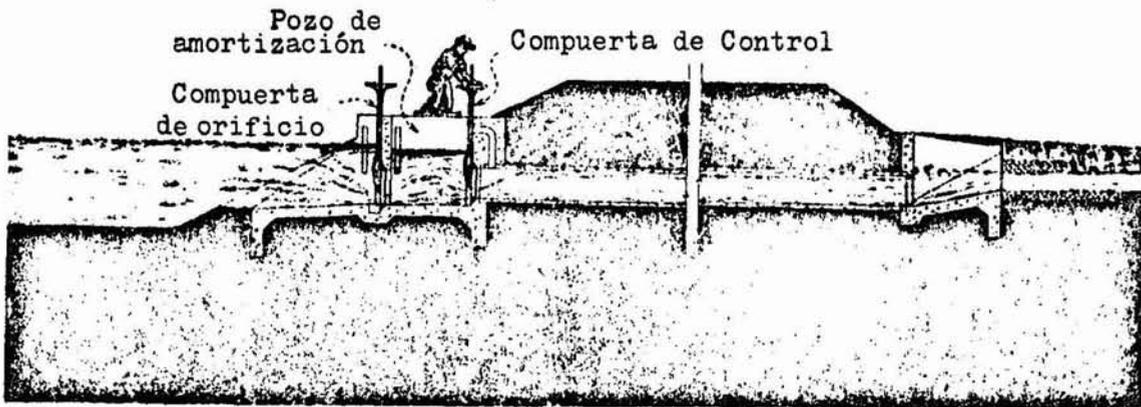


Fig. 8.- Vista esquemática de una derivación de orificio de carga constante.

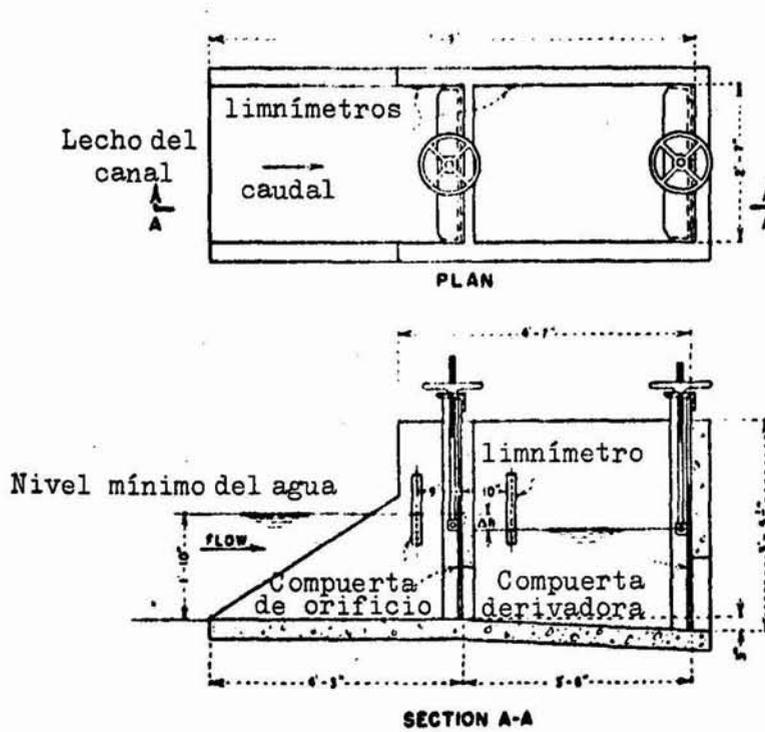


Fig. 9.- Vista esquemática de una derivación de orificio constante de un solo cuerpo con canal de entrada horizontal

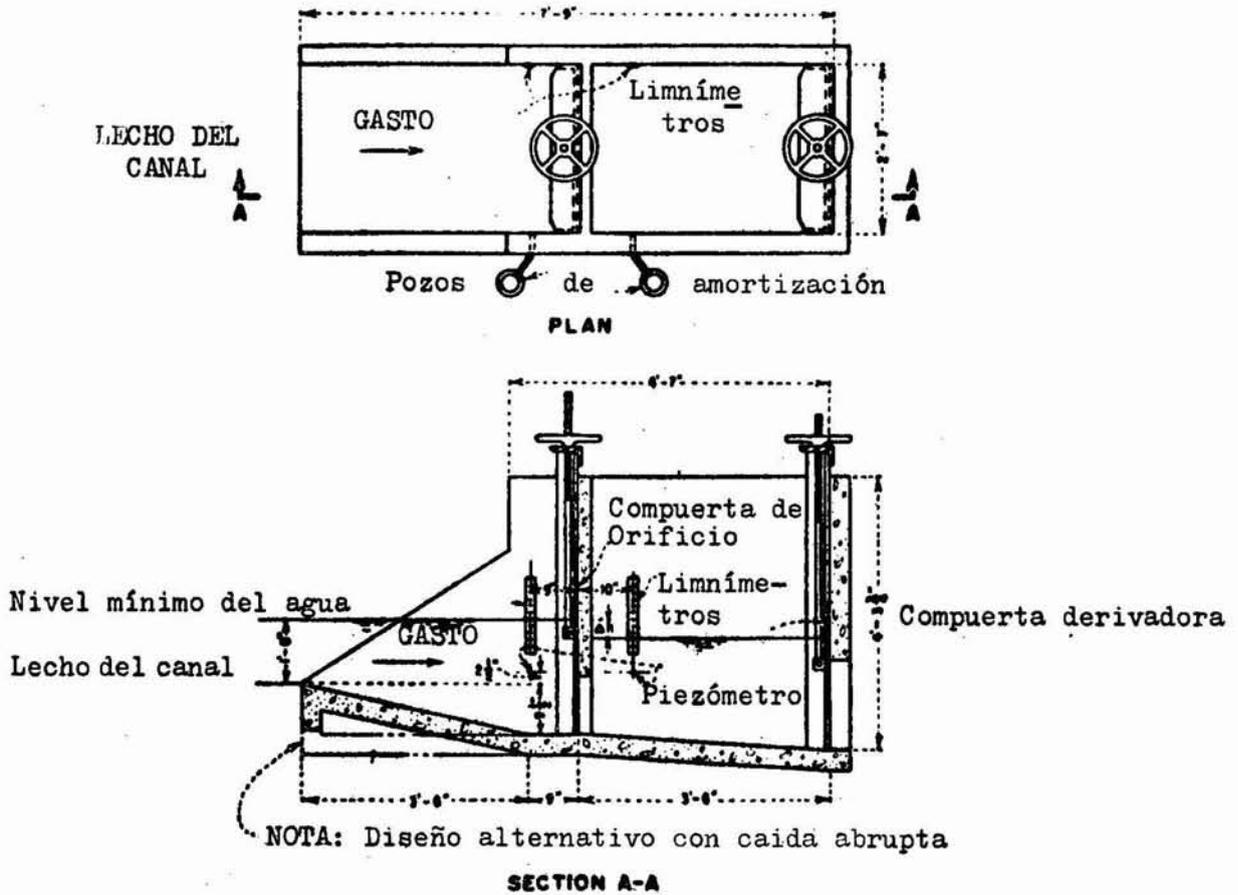


Fig. 10.- Vista esquemática de una derivación con orificio de carga constante con entrada inclinada, piezómetros y pozos de amortización

Tabla 8.- Descargas de derivación de orificio de carga constante en segundo-pie. Capacidad 10 pies/seg. . Tamaño de la compuerta 24 x 18 pulgadas, h = 0,20 pies

Descarga ga pie/seg	Apert. Comp. en pies		Descarga ga pie/seg	Apertura Comp. en pies	
	2 Comp.	1 Comp.		2 Comp.	1 Comp.
0.25	0.025	0.05	5.25	.625	.....
.50	.05	.10	5.50	.65	.....
.75	.075	.15	5.75	.675	.....
1.00	.10	.20	6.00	.70	.....
1.25	.125	.25	6.25	.725	.....
1.50	.15	.30	6.50	.75	.....
1.75	.175	.35	6.75	.775	.....
2.00	.20	.40	7.00	.80	.....
2.25	.225	.45	7.25	.825	.....
2.50	.25	.50	7.50	.85	.....
2.75	.275	.55	7.75	.875	.....
3.00	.30	.60	8.00	.90	.....
3.25	.325	.65	8.25	.925	.....
3.50	.35	.70	8.50	.95	.....
3.75	.375	.75	8.75	.975	.....
4.00	.40	.80	9.00	1.00	.....
4.25	.425	.85	9.25	1.025	.....
4.50	.45	.90	9.50	1.05	.....
4.75	.475	.95	9.75	1.075	.....
5.00	.50	1.00	10.0	1.10	.....

Descarga de derivación de orificio con carga constante en segundo-pie. Capacidad 20 pies/seg. Tamaño de la compuerta 30 x 24 pulgadas, h = 0,20 pies

Descarga ga pie/seg	Apert. Comp. en pies		Descarga ga pie/seg	Apertura Comp. en pies	
	2 Comp.	1 Comp.		2 Comp.	1 Comp.
0.25	0.02	0.04	10.25	0.81	.....
.50	.04	.08	10.50	.83	.....
.75	.06	.12	10.75	.85	.....
1.00	.08	.16	11.00	.87	.....
1.25	.10	.20	11.25	.89	.....
1.50	.12	.24	11.50	.91	.....
1.75	.14	.28	11.75	.93	.....
2.00	.16	.32	12.00	.95	.....
2.25	.18	.36	12.25	.97	.....
2.50	.20	.40	12.50	.99	.....
2.75	.22	.44	12.75	1.01	.....
3.00	.24	.48	13.00	1.03	.....
3.25	.26	.52	13.25	1.05	.....
3.50	.28	.56	13.50	1.07	.....
3.75	.30	.60	13.75	1.095	.....
4.00	.32	.64	14.00	1.10	.....
4.25	.34	.68	14.25	1.12	.....
4.50	.36	.72	14.50	1.14	.....
4.75	.38	.755	14.75	1.16	.....
5.00	.40	.79	15.00	1.18	.....
5.25	.42	.83	15.25	1.20	.....
5.50	.44	.87	15.50	1.22	.....
5.75	.46	.91	15.75	1.24	.....
6.00	.48	.95	16.00	1.26	.....
6.25	.50	.99	16.25	1.28	.....
6.50	.52	1.03	16.50	1.30	.....
6.75	.54	1.065	16.75	1.32	.....
7.00	.56	1.10	17.00	1.34	.....
7.25	.58	1.14	17.25	1.355	.....
7.50	.60	1.18	17.50	1.37	.....
7.75	.62	1.22	17.75	1.39	.....
8.00	.64	1.26	18.00	1.41	.....
8.25	.66	1.30	18.25	1.43	.....
8.50	.68	1.34	18.50	1.45	.....
8.75	.70	1.375	18.75	1.47	.....
9.00	.72	1.41	19.00	1.49	.....
9.25	.74	1.45	19.25	1.51	.....
9.50	.76	1.49	19.50	1.53	.....
9.75	.775	1.525	19.75	1.545	.....
10.00	.79	1.56	20.00	1.56	.....

ficiente de descarga variará demasiado. En caso de que sea imposible lograr esta profundidad con una entrada a nivel, se le dará una pendiente descendente a dicha entrada (Vea Figura 10). La zanja bajo la estructura no debe causar el retroceso de las aguas que sumergirán el orificio.

Generalmente los sedimentos no causan problemas en estas estructuras pero el atascamiento con malezas si puede llegar a ser un problema grave. La exactitud de este orificio es muy sensitivo a unas cuantas malezas atrapadas en el orificio.

Siempre que sea posible, se deberán diseñar las instalaciones de manera que en la derivación prevalezcan velocidades relativamente bajas, especialmente si se utilizan en las compuertas aperturas mayores. Estos orificios no son muy exactos cuando prevalecen grandes velocidades en el canal y por consiguiente, en la compuerta de derivación. Las grandes velocidades forman remolinos en el caudal que afectan considerablemente la exactitud.

Estructuras de Control por Orificio

El orificio es una buena estructura para controlar el tirante del agua en el canal, hasta un nivel específico, al mismo tiempo que afora el gasto. En este caso, se construye la estructura en el canal igual que una estructura en línea. En la parte inferior del muro que se encuentra en el extremo aguas arriba de la estructura de retención, se construyen uno o dos orificios del tamaño requerido, los cuales se usan para aforar el gasto. Un segundo muro con una o más compuertas se construye en el extremo inferior de la estructura de control. Estas compuertas controlan el tirante del agua a una elevación deseada. Se usan limnímetros o pozos de amortiguación arriba y abajo del orificio aforador, a fin de determinar la carga diferencial. Generalmente se necesitan calibraciones de campo.

Traducido por : Lucía de Martínez

CHM/lus
12 Nov. 1969

