

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura



Selección e Instalación de Estructuras Aforadoras

T E S I S

Que para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo

p r e s e n t a :

JUAN MANUEL SANCHEZ GOMEZ

Guadalajara, Jal.

1973

A mis padres:

Carmen y Heriberto

En agradecimiento a su decidido esfuerzo para el logro de mi carrera.

Agradecimiento:

Al C. Ing. Julio de la Mora R.
Por su valiosa ayuda para la elaboración de este trabajo.

A los C. Ings. Bonifacio Zarazúa Cabrera y Antonio Alvarez González.

A la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara.

A todos mis Maestros y compañeros.

	<u>Pág.</u>
CAPITULO IV	
CALIBRACION DE ESTRUCTURAS AFORADO RAS.	60
4.1 CORRECCION EN SU INSTALACION.	60
4.2 AJUSTE EN EL COEFICIENTE DE - GASTO.	61
CAPITULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	62
BIBLIOGRAFIA.	64

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

1.1 ORIGEN.

Es indiscutible que el aprovechamiento inteligente de los Recursos Hidráulicos de un país está íntimamente relacionado con la resolución del problema alimenticio del mismo; Este problema tiende a agravarse de una manera alarmante, de acuerdo con datos estadísticos la población mexicana prácticamente se duplicará en los próximos 20 años, lo que significa que para que pueda seguir alimentándose aún a los bajos niveles que son comunes en la actualidad, será necesario que se duplique la producción agrícola. Para lograr este incremento de producción es de absoluta necesidad suministrar el agua en las zonas agrícolas irrigadas con la máxima eficiencia posible, ya que dichas zonas son las que aportan el mayor porcentaje de la producción agrícola del país. Para lograr esta alta eficiencia en el uso y manejo del agua es indispensable el uso de estructuras aforadoras, que cuantifiquen el volumen de agua utilizado para riego y el perdido por un mal manejo, tratándose siempre, una vez conocido evitar el desperdicio de agua.

1.2 IMPORTANCIA.

Uno de los más grandes problemas que se tienen en todas las zonas de riego es el uso y manejo del agua, ya que por lo general se realizan de una manera deficiente debido principalmente a la falta de conocimiento del uso y funcionamiento de los diferentes tipos de estructuras aforadoras, mediante las cuales podemos conocer con exactitud los volúmenes de agua que se están manejando, las pérdidas que estamos teniendo y por lo tanto los volúmenes netos entregados para poder aplicar láminas de riego necesarias. Evitando de esta manera problemas a los usuarios como son: Aplicaciones excesivas de agua, desperdicios innecesarios de agua, erosión del suelo, encharcamientos, salinidad, pérdidas por lixiviación de los nutrientes del suelo, etc.

1.3 OBJETIVO.

El objetivo fundamental de este trabajo es recopilar en un sólo

volúmen todos los tipos de estructuras aforadoras más usuales, con sus respectivas fórmulas, su instalación y su funcionamiento, para que pueda ser de utilidad a los técnicos, estudiantes de las escuelas de agricultura que estén cursando la clase de hidráulica y otras personas interesadas en el tema.

La necesidad creciente de utilizar toda el agua disponible, aún en algunas regiones húmedas, y el aumento en los costos para desarrollar nuevos recursos hidráulicos hacen imperativo que el agua sea aprovechada económicamente y sin desperdicio. Esto no puede lograrse si no se utilizan buenos métodos y estructuras de medición.

C A P I T U L O I I

SELECCION DE ESTRUCTURAS AFORADORAS.

2.1 TIPOS

2.1.1 EN CAUCES NATURALES.

Para determinar la velocidad y por lo tanto el gasto en cauces naturales se pueden utilizar varios métodos como son el tubo de Pi-tot, los flotadores, las varillas de velocidad de carga o bien el molinete que es el dispositivo más comunmente usado el cual colocado en diferentes puntos de la sección de la corriente permite conocer las diferentes velocidades de la vena líquida, así como el método de sección y pendiente hidráulica.

El perfil de la sección transversal del cauce en el sitio de aforo (sección de control) se determina a base de sondeos o bien mediante una nivelación.

Determinación de la velocidad media: No todas las partículas de agua en una vena líquida tienen la misma velocidad en la sección transversal de un cauce natural, esto se debe al efecto del rozamiento con el fondo y las paredes laterales del cauce, así como en menor grado con la atmósfera; a medida que el aparato medidor va descendiendo la velocidad registrada va aumentando hasta llegar a un valor máximo volviendo a disminuir hasta llegar al fondo en donde es mínima, la curva representativa de esta variación es del tipo parabólico, cuyo vértice corresponde a la velocidad máxima aproximadamente, la velocidad media se ha observado a los 6/10 de la profundidad a partir de la superficie libre y es más o menos del 80 al 90% de la velocidad superficial.

Un valor más aproximado de la velocidad media se obtiene promediando las velocidades obtenidas al hacer observaciones a los 2/10 y a los 8/10 de la profundidad, por supuesto que será mejor todavía el hacer mayor número de observaciones a profundidades equidistantes.

Cuando se trate de aforar avenidas con altas velocidades será preferible omitir el hacer varias observaciones por la dificultad de la operación y para obtener la velocidad media bastará multiplicar -

la velocidad superficial por un factor que generalmente es 85 (promedio de 80 y 90%).

AFORO CON TUBO PITOT.

Este dispositivo es un tubo vertical en su mayor parte, y horizontal en uno de sus extremos, el que se sumerge al operar ambas extremidades de este tubo se encuentran abiertas.

FUNCIONAMIENTO: Si el agua estuviera en reposo, penetraría al tubo hasta alcanzar en el interior un nivel igual al de la superficie fuera del tubo pero cuando hay circulación, el agua al penetrar al tubo sube hasta un nivel mayor que el nivel exterior. Llamando (h) a la diferencia de nivel del agua dentro y fuera del tubo, se observa que a mayor velocidad de circulación del líquido, mayor es la altura (h) que alcanza el agua en el interior del tubo, por lo tanto la velocidad podrá conocerse midiendo (h), así la velocidad está dada por la ecuación:

$$v = \sqrt{2 gh}$$

En donde:

v = velocidad en m/seg.

g = Aceleración de la gravedad en m/seg.

h = Diferencia de nivel agua dentro y fuera del tubo

Con la ayuda de un planímetro o con métodos prácticos y/o geométricos se determinan las áreas de las zonas de igual velocidad, que multiplicadas por la velocidad correspondiente y sumando se obtiene el gasto en la corriente.

AFORO CON FLOTADORES.

El método de aforo mediante flotadores nos indica la velocidad superficial que alcanza el flotador sobre la superficie de la vena líquida; esta velocidad multiplicada por 0.85 que es el factor de corrección que nos da la velocidad media.

El aforo con flotadores es de gran utilidad para medir gastos -

en avenidas con altas velocidades.

FUNCIONAMIENTO: Tomando un punto fijo en la sección transversal de la vena líquida, colocamos el flotador en el centro del cauce y tomamos el tiempo que tarda el flotador en recorrer una distancia determinada previamente, lo que se transforma a metros por segundo obteniendo de esta manera la velocidad superficial de la vena líquida, la cual hay que transformar a velocidad media; conociendo el área de la sección transversal del cauce y la velocidad media del flujo obtenemos el gasto mediante la siguiente ecuación:

En donde:

Q = gasto en $M^3/\text{seg.}$

A = área hidráulica M^2

V = Velocidad media $M/\text{seg.}$

$$Q = Av$$

AFORO CON VARILLAS DE VELOCIDAD DE CARGA.

Estas varillas consisten en simples estacas, de bajo costo con las que puede medirse con bastante exactitud la velocidad del flujo en cauces abiertos, siempre que la velocidad y profundidad de estos no sean excesivas. El principio de la varilla para velocidad de carga es solamente una aplicación del teorema de Bernoulli, un poco distinta de la que se emplea en el tubo de Pitot.

FUNCIONAMIENTO: Se coloca primero la varilla con la base sobre el lecho del cauce y el extremo agudo apuntando directamente aguas arriba. La profundidad de la corriente en este punto la indica la lectura en el extremo afilado de la varilla, sin tomar en cuenta pequeñas ondulaciones u "oleaje arqueado" a continuación, la varilla se gira 180° en forma tal, que quede opuesto el borde plano al flujo de la corriente, motivándose en esta forma un salto hidráulico originado por la obstrucción que encuentra el flujo, la altura promedio de este salto, registrada en la varilla, afora el contenido total de la energía en la corriente en ese punto; a la altura del salto, menos la profundidad se le denomina (h) , y es la velocidad efectiva de la carga. Así que, en cualquier punto de la corriente, la velocidad

puede ser determinada por la fórmula usual:

En donde:

v = velocidad en M/seg.

g = aceleración de la gravedad en M/seg.

h = altura del salto menos la profundidad.

$$v = \sqrt{2gh} = 8.02 \sqrt{h}$$

El gasto se obtiene haciendo varias observaciones de velocidad y profundidad, a intervalos determinados, a través de la sección transversal del cauce y llevando a cabo cálculos de área y velocidad.

AFORO CON MOLINETE.

Para la práctica de aforo con molinete se dispone la sección de control como se ve en la figura No. 1

- Fichas de distancias
- △ Sondeos
- ✱ Molinete

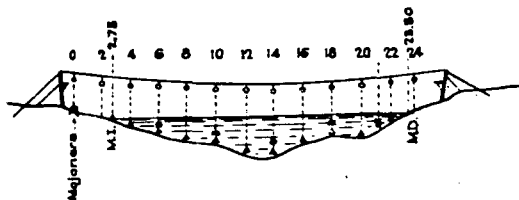


FIGURA No. 1 Sección de control de un cauce natural.

Hay varios tipos de molinetes con ligeras variantes, pero el principio en que se basa su funcionamiento se puede decir que es el siguiente: La velocidad de rotación de la hélice o rueda de copas es directamente proporcional a la velocidad del agua en la corriente y el número de revoluciones queda dicha rueda en el tiempo que dura la

observación son transmitidos a un registrador por medios mecánicos o eléctricos y son contados por el observador con el auxilio de un sonador acústico.

La relación entre el número de vueltas o revoluciones de la hélice, el tiempo de observación y la velocidad del agua, se da en tablas que traen de fabricación los molinetes, estas tablas tienen que calibrarse periódicamente en laboratorios de hidráulica.

Para aforar un canal o río, puede descomponerse la sección en tramos, que mientras más próximos darán resultados más exactos. El promedio de las velocidades medias en dos verticales consecutivas multiplicada por el área limitada por ellas, dan el gasto de ese tramo, y sumando los gastos parciales se obtiene el gasto total.

Fórmula para encontrar los gastos parciales:

$$q = \frac{v + v}{2} \frac{n \cdot n+1}{2} A_{(n \dots n+1)}$$

De tal manera que el gasto de la corriente será:

$$Q = \sum \frac{v + v}{2} \frac{n \cdot n+1}{2} A_{(n \dots n+1)}$$

Si la equidistancia de las secciones es pequeña, se pueden analizar tramos de dos o de tres secciones haciendo determinaciones de la velocidad solamente en la sección central y determinando las áreas y gastos parciales para obtener el gasto del cauce.

TIPOS DE MOLINETES HIDRAULICOS.

a). ELECTRICOS: Los molinetes eléctricos son los eficientes para medir velocidades extremas (máximas o mínimas), puesto que los mecánicos presentan la dificultad de contar las vueltas, por su forma de construcción a base de uno o varios verniers.

OPERACION: Los molinetes standar se usan indistintamente para -
requerimientos de suspensión o de vadeo de corrientes de todo tipo -
dentro de su rango de operación.

Los molinetes tipo "enano" se usan para medir velocidades en pe
queñas corrientes, donde la profundidad o la velocidad es insuficien
te para obtener mediciones con molinetes standar.

b). MECANICOS: Son instrumentos auxiliares para el aforo del -
gasto de pequeñas corrientes de agua, caracterizándose por su gran -
consistencia y pequeña dimensión, pudiéndose clasificar como de bol-
sillo.

METODO DE SECCION Y PENDIENTE HIDRAULICA.

Para calcular el gasto por el método de sección y pendiente hi-
dráulica se procede de la siguiente forma:

Una vez elegido el tramo del cauce que llene las condiciones re
queridas, es decir, que sea recto y uniforme, libre de árboles, cons
trucciones y toda clase de obstáculos, que los márgenes sean altos y
sobrepasen el nivel de aguas máximo, que el lecho esté libre de bol-
sas, rápidas y contrapendientes y además que la superficie del agua
sea prácticamente una línea recta durante las condiciones normales -
del cauce.

En los extremos del tramo elegido se instalan escalas referidas
a un mismo plano de comparación con el objeto de determinar con faci
lidad la pendiente hidráulica en cada observación, y, además, para -
que con una simple lectura y con el auxilio de curvas de gasto pre-
viamente calculadas con los levantamientos de las secciones hechas -
con un nivel montado se conozca el área de la sección y su radio hi-
dráulico en el momento del aforo.

El levantamiento de la sección se repetirá cada vez que sea ne-
cesario especialmente después del paso de fuertes avenidas debido a

las alteraciones que sufra el cauce.

Se instalará una tercera escala en el centro del tramo que será a la que se refieran los aforos y en general todas las observaciones para el estudio del régimen de una corriente. En caso necesario para este fin también pueden utilizarse las escalas instaladas en los extremos de la sección.

La fórmula utilizada para obtener el gasto es:

$$Q = Av$$

$$v = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2}$$

$$Q = \frac{A}{n} r^{2/3} s^{1/2}$$

En donde:

r = Radio hidráulico

s = Pendiente hidráulica

n = Coeficiente de rugosidad

El método de sección y pendiente hidráulica puede aplicarse como un recurso para la estimación de gastos en grandes avenidas mediante la observación de las huellas dejadas por el agua cuando los aforos directos resultan imposibles.

Conviene hacer notar que las estaciones de aforo por el método de sección y pendiente hidráulica únicamente se instalan en casos especiales, debiendo preferirse el método de aforo con molinete.

2.1.2 EN CANALES.

Para hacer la selección de estructuras aforadoras de flujo en canales se considera la siguiente clasificación.

CANAL PRINCIPAL: Es el que domina toda el área regable y abastece al sistema de canales laterales.

Generalmente se localiza a lo largo de las curvas de nivel tratando de dominar la mayor superficie posible de tierras; el volumen de agua que conduce se considera en la práctica mayor de 5 m³/seg.

CANALES LATERALES: Son aquellos que dominan las divisiones prin

principales del área regable y su función es abastecer a los sublaterales, se considera que estos conducen entre 1 y 5 m³/seg.

CANALES SUBLATERALES Y RAMALES: Los primeros son los que se usan cuando es necesario ramificar un lateral en dos o más canales. Su función es abastecer a los ramales los cuales a su vez abastecen a las regaderas, se considera que los canales sublaterales conducen un flujo menor de 1 m³/seg.

Esta clasificación es convencional ya que puede variar según la zona del País de que se trate, se tomó ésta por ser la más aplicable al Estado de Jalisco.

2.1.2.1 EN CANALES PRINCIPALES.

Las estructuras que proporcionan aforos más aceptables en canales principales son:

- Vertedor trapezoidal
- Vertedor Cipolletti
- Vertedor Cimacio
- Orificio en pared delgada o biselada
- Orificio en pared gruesa
- Orificio con carga variable
- Conducto aforador parshall

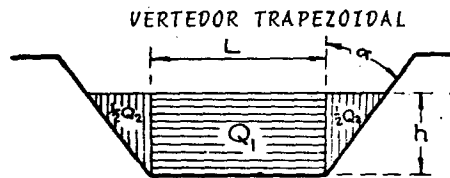


FIGURA No. 2 Sección del vertedor trapezoidal.

Según la figura:

Q_1 = Gasto de un vertedor rectangular.

Q_2 = Gasto de un vertedor triangular.

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = 1.84(L - 0.1nH) H^{3/2} + 8/15 C \sqrt{2g} Tg \alpha H^{5/2}$$

Esta es la fórmula general para vertedores trapezoidales.

Este tipo de vertedores es muy poco usado por lo poco conocidos sus coeficientes de gasto; sin embargo, se utiliza mucho una forma de vertedores llamada cipoletti que tiene características especiales.

VERTEDOR CIPOLLETTI.

Este tipo de vertedores es una modificación del vertedor trapezoidal que se caracteriza porque sus taludes tienen una inclinación tal que sus proyecciones son una unidad horizontal y cuatro verticales ($m = 1/4$), con lo que aumenta el gasto de un vertedor rectangular con contracciones laterales hasta hacerlo igual a uno de un vertedor rectangular sin contracciones laterales, con igual longitud de cresta y con igual carga.

La expresión del gasto en vertedores tipo cipoletti es:

$$Q = 1.84 L H^{3/2} - 1.84(0.1n) H^{5/2} + 8/15 Tg \alpha C \sqrt{2g} H^{5/2}$$

En donde:

$$1.84(0.1n) H^{5/2} = \text{Corrección por contracciones laterales.}$$

$$8/15 Tg \alpha C \sqrt{2g} H^{5/2} = \text{Gasto de un vertedor triangular}$$

$$1.84 L H^{3/2} = \text{Gasto de un vertedor rectangular.}$$

Cuando el vertedor es cipoletti tiene dos contracciones laterales ($n=2$) y además:

$$1.84 = 2/3 C \sqrt{2g}$$

Igualando ecuaciones:

$$2/3 C \sqrt{2g} (0.1 \times 2) H^{5/2} = 8/15 Tg \alpha C \sqrt{2g} H^{5/2}$$

$$\frac{0.4}{3} = 8/15 Tg \alpha$$

$$0.4 \times 15 = 3 (8) Tg \alpha$$

$$Tg \alpha = 6/24 = 1/4$$

$$m = 1/4$$

$$Q = C L H^{3/2}$$

$C = 3.367$ En el sistema Inglés.

$C = 1.859$ En el sistema Métrico Decimal.

Estos valores fueron obtenidos en laboratorio experimentalmente

VERTEDOR CIMACIO

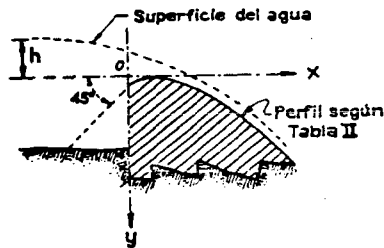


FIGURA No. 3 Perfil de un vertedor de cimacio.

Este tipo de vertedores se usa mucho en estructuras hidráulicas tales como vertedores de demacias o también constituyendo presas derivadoras. En el perfil de cimacio el coeficiente de gasto tiene un valor cercano a 2.1 dependiendo entre otras cosas de que tenga o no algún talud aguas arriba.

Como resultado de sus experimentos Creager da la siguiente tabla de las coordenadas del perfil de cimacio en dos tipos de presa-vertedora; con talud aguas arriba y con talud aguas arriba a 45° C.

Para calcular el gasto se da la siguiente fórmula:

$$Q = 2.1 LH^{3/2}$$

ORIFICIOS EN PARED DELGADA O BISELADOS. En el plano del orificio la velocidad teórica es menor que la velocidad real a causa del

COORDENADAS DEL PERFIL CREAGER PARA CIMACIO CON CARGA = 1 METRO

X	Y	
	Con cara aguas arriba Vertical	Con cara aguas arriba a 45°
0.0	0.126	0.043
0.1	0.036	0.010
0.2	0.007	0.000
0.3	0.000	0.005
0.4	0.007	0.023
0.6	0.060	0.090
0.8	0.142	0.189
1.0	0.257	0.321
1.2	0.397	0.480
1.4	0.565	0.665
1.7	0.870	0.992
2.0	1.220	1.377
2.5	1.960	2.140
3.0	2.820	3.060
3.5	3.820	4.080
4.0	4.930	5.240
4.5	6.220	6.580

frotamiento o fricción, para obtener esta última se multiplica la primera por el coeficiente de velocidad cuyo valor medio es 0.98.

El gasto teórico está modificado por dos razones: Por el frotamiento y por la contracción del chorro después de su paso por el orificio; el gasto real se tiene multiplicando el gasto teórico por el coeficiente de gasto C que vale 0.61.

La velocidad del líquido al salir por el orificio va aumentando hasta llegar a ser la máxima en la sección contraída; en cambio la presión va disminuyendo del orificio a la sección contraída.

DEDUCCION DE LA FORMULA DE ORIFICIOS EN PARED DELGADA O BISELADOS

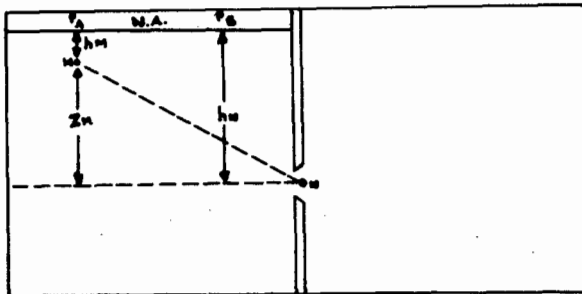


FIGURA No. 4 Perfil de un orificio biselado.

$$h_m + 2m = h_n$$

APLICANDO EL TEORAMA DE BERNOULLI

$$Z_m + \frac{P_m}{W} + \frac{V_m^2}{2g} = Z_n + \frac{P_n}{W} + \frac{V_n^2}{2g}$$

$$Z_m + h_m + \frac{P_b}{w} + \frac{V_m^2}{2g} = 0 + \frac{P_b}{w} + \frac{V_n^2}{2g}$$

$$h_n + \frac{V_m^2}{2g} = \frac{V_n^2}{2g}$$

$$V_n^2 = 2g \left(h_n + \frac{V_m^2}{2g} \right)$$

$$V_n = \sqrt{2g \left(h_n + \frac{V_m^2}{2g} \right)}$$

$$V_t = \sqrt{2g (h_n)} \text{ Sin velocidad de llegada}$$

$$V_t = \sqrt{2g \left(h_n + \frac{V_m^2}{2g} \right)} \text{ con velocidad de llegada}$$

Por lo tanto:

$$Q_t = A \sqrt{2gh} \text{ Sin velocidad de llegada}$$

$$Q_t = A \sqrt{2g \left(h + \frac{V^2}{2g} \right)} \text{ Con velocidad de llegada}$$

EL GASTO DE ESTA FORMA ENCONTRADO ES
TEORICO, PARA PASAR A GASTO PRACTICO

$$Q_t = AV$$

$$Q_p = A'V'$$

$$Q_t = A \sqrt{2gh}$$

$$\frac{A'}{A} = \text{C.C.} = \text{Coeficiente de contracción}$$

$$\text{C.C.} = 0.62$$

$$A' = 0.62 A$$

AHORA

$$\frac{V'}{V} = C_v = \text{Coeficiente de Reducción de la velocidad - en la sección contraída.}$$

$$C_v = 0.98$$

$$V' = 0.98 V$$

$$Q_p = A' C_c V_t C_v = A (0.62) V + (0.98)$$

$$C = (C.C.) (C.V.) = (0.62) (0.98) = .6076$$

$$Q_p = C Q_t \quad \text{Este coeficiente de gasto con fines prácticos se toma como .61}$$

OTRA FORMULA SERIA

$$Q_p = CA \sqrt{2gh} \quad \text{sin velocidad de llegada}$$

$$Q_p = CA \sqrt{2g \frac{(h v^2)}{2g}} \quad \text{Con velocidad de llegada.}$$

ORIFICIOS EN PARED GRUESA.

Dándoles a estos orificios una forma avocinada conveniente se puede eliminar en ellos la sección contraída en el chorro, pues se procura que los filetes líquidos no cambien su dirección original, de tal manera que al salir el líquido la sección del orificio sea igual que la del chorro.

En estas condiciones el gasto se obtiene multiplicando la sección del orificio por la velocidad de salida.

$$Q_t = A.V = A \sqrt{2gh}$$

$$Q_p = AC \sqrt{2gh}$$

En este caso el coeficiente de velocidad es también un coeficiente de gasto y tiene un valor medio de 0.97

$$C_v = 0.97$$

Si se trata de un orificio circular y $g = 9.8 \text{ Cm/seg}^2$.

La ecuación anterior se transforma en la siguiente:

$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 (0.97) \sqrt{2gh}$$

$$Q = 0.7854 d^2 (0.97) \sqrt{2g} \sqrt{h}$$

$$Q = 3.37 d^2 h^{1/2}$$

Esta fórmula nos sirve para calcular el gasto en circulares practicados en pared gruesa.

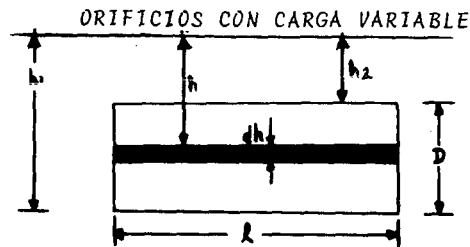


FIGURA No. 5 Orificios con carga variable.

$$Qt = AV$$

$$Qt = A \sqrt{2gh}$$

$$A = ldh$$

$$dQt = ldh \sqrt{2gh}$$

$$\int dQt = \int ldh \sqrt{2g} h^{1/2}$$

$$Qt = l \sqrt{2g} \int_{h_1}^{h_2} h^{1/2} dh$$

$$Qt = l \sqrt{2g} \left[\frac{h^{3/2}}{3/2} \right]_{h_1}^{h_2}$$

$$Qt = 2/3 l \sqrt{2g} \left(h_1^{3/2} - h_2^{3/2} \right)$$

$$Qp = 2/3 Cl \sqrt{2g} \left(h_1^{3/2} - h_2^{3/2} \right)$$

CONDUCTO AFORADOR PARSHALL

El problema de encontrar un dispositivo cuya precisión fue - se la de un vertedor pero en donde no se tuviera el serio problema - del azolve, fue resuelto satisfactoriamente por el Ing. Ralph L. - Parshall de la estación agrícola experimental del Colorado E.U.A. - quien en 1920 introdujo algunas modificaciones a su medidor de ventu - ri que lo convirtieron en una estructura completamente diferente que presenta grandes ventajas sobre la estructura ideada por Cone y lo - llamó medidor de venturi mejorado; pero más tarde su nombre fue cam - biado oficialmente en reconocimiento al Ing. Ralph L. Parshall desig - nando la nueva estructura con el nombre de conducto medidor Parshall

DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA.

El medidor Parshall consta de tres partes fundamentales que - son: La entrada, la garganta y la salida.

La primera está formada por dos paredes verticales simétricas y convergentes, y de un fondo o plantilla que es horizontal.

La garganta formada por dos paredes también verticales pero pa - ralelas y el fondo es inclinado hacia abajo con una pendiente de - 2.67:1

La salida está formada por dos paredes verticales divergentes y el fondo es ligeramente inclinado hacia arriba.

A la arista que se forma por la unión del fondo de la entrada y de la garganta se le llama cresta del medidor y a su longitud (o sea la distancia entre las paredes de la garganta) se le llama tamaño - del medidor y se le designa con la letra W.

Tiene la estructura dos pozos amortiguadores que sirven para - medir con precisión las cargas H_a y H_b antes y después de la cresta, están colocados en los lados de la estructura y comunicados a ella por

tubos, en estas cámaras se colocan los flotadores de los limnígrafos.

Respecto a las fórmulas de gastos que Parshall da para su medidor se puede decir lo siguiente:

Las fórmulas para el cálculo de medidores que Parshall da a conocer, son completamente empíricas y fueron establecidas mediante el análisis de los resultados obtenidos en numerosos experimentos efectuados usando medidores de distinto tamaño, y aún cuando al aumentar la capacidad de los medidores Parshall no hizo variar las dimensiones de las estructuras siguiendo una ley definida, sino que lo hizo de una manera más o menos arbitraria encontró que una misma fórmula daba el gasto en medidores cuyo tamaño estaba comprendido entre ciertos límites.

FUNCIONAMIENTO DEL AFORADOR PARSHALL.

Los muros convergentes de la entrada guían suavemente los filetes de la vena líquida hasta la cresta, que es propiamente la sección de control; al entrar el agua en el medidor, debido a que la sección va reduciéndose, la velocidad va en continuo aumento, hasta que al salir de ella empieza a perder velocidad y como ésta es menor en el canal aguas abajo, resulta que debe producirse un salto hidráulico cerca del extremo inferior de la garganta.

Cuando la carga H_b es considerablemente menor que la carga H_a , se dice que el medidor trabaja con descarga libre y en estas condiciones el gasto es función únicamente de la carga H_a de la entrada; pero cuando la carga H_b difiere poco de la carga H_a se dice que el medidor trabaja con sumersión y entonces el gasto es función de las dos cargas H_a y H_b .

A la relación $S = \frac{H_b}{H_a}$ se le llama grado de sumersión o ahogamiento y es la que determina si en un momento dado el medidor trabaja con descarga libre o con sumersión, estas características de escu

rrimiento, están determinadas con los siguientes valores límites:

TAMAÑO DEL MEDIDOR	DESCARGA LIBRE	SÓN SUMERSIÓN
W menor de 0.30 m	S menor que 0.60	S de 0.60 a 0.95
W entre 0.30 y 2.50 m	S menor que 0.70	S de 0.70 a 0.95
W entre 2.50 y 15.00m	S menor que 0.80	S de 0.80 a 0.95

Parshall demostró que cuando el grado de sumersión es mayor de 0.95 la determinación del gasto se vuelve muy incierto debiendo adoptarse por lo tanto 0.95 como valor máximo de S.

Es recomendable que el medidor trabaje con descarga libre por que entonces para calcular el gasto será suficiente conocer solamente la lectura de la carga H_a para sustituirla en la actuación general.

$$Q = m H_a^n$$

En donde los valores de m y n varían con el tamaño del medidor Parshall encontró experimentalmente valores definidos para estos parámetros y las fórmulas que da para los distintos tamaños de medidores usados son las siguientes (en el sistema Inglés).

Para $W = 0.5$ Pie:

$$Q = 2.06 H_a^{1.58}$$

2.1.2.2 EN CANALES LATERALES.

Las estructuras que más comúnmente se usan en este tipo de canales son las siguientes:

- Vertedores Rectangulares
- " Triangulares de 90°
- " Trapezoidales
- " Cipolletti
- " Cimacio

Vertedores Tipo Guamuchil

ORIFICIOS EN PARED DELGADA O BISELADOS

Orificios en pared gruesa.

Orificios con carga variable

Conducto aforador Parshall

Medidor Venturi

Compuertas (De doble control)

DEDUCCION DE LA FÓRMULA DE VERTEDORES RECTANGULARES.

Partiendo de la fórmula de gasto para orificios de carga variable tenemos que:

$$Q = 2/3 L \sqrt{2g} (h_1^{3/2} - h_2^{3/2})$$

Esta fórmula nos da el gasto teórico para un vertedor rectangular.

SI CONSIDERAMOS QUE:

$$Q_p = U Q_t$$

$$\text{En este caso } l = L \therefore Q_t = 2/3 L \sqrt{2g} (h_1^{3/2} - h_2^{3/2})$$

Siendo U un coeficiente de reducción para vertedores.

$$\therefore Q_p = U 2/3 L \sqrt{2g} (h_1^{3/2} - h_2^{3/2})$$

Y CONSIDERANDO QUE:

$$2/3 U \sqrt{2g} = C$$

$C = 3.33$ en el sistema inglés

$C = 1.84$ en el sistema métrico decimal

Y además en el dibujo tenemos que $h_1 - h_2 = H$

$$\therefore Q = C L H^{3/2}$$

Esta es la fórmula de Francis para calcular gasto en vertedores rectangulares; además Francis encontró que:

$$C = 3.33 \quad \text{Sistema Inglés}$$

$$C = 1.84 \quad \text{Sistema Métrico Decimal}$$

$$\therefore Q = 3.33 LH^{3/2}$$

$$Q = 1.84 LH^{3/2}$$

EXAMINANDO LA ECUACION:

$$Q = 1.84 L H^{3/2}$$

Podemos apreciar que la longitud "L" de la cresta se ve reducida por el efecto de las contracciones laterales, por lo tanto podemos asegurar que:

1.- De dos vertedores de igual longitud de cresta y con igual carga tiene mayor gasto el que no tenga contracciones laterales.

2.- Si en un canal colocamos un vertedor sin contracciones laterales para dejar pasar un cierto gasto que trabajando con una carga H, para dar salida al mismo gasto por otro vertedor con contracciones laterales y de la misma longitud de cresta necesitamos una mayor carga H.

MODALIDADES DE LA FORMULA DE FRANCIS.

1. $Q = C L H^{3/2}$ Cuando no hay contracciones laterales.

2. $Q = C(L - 0.2 H) H^{3/2}$ Cuando hay dos contracciones laterales.

3. $C(L - 0.2 H) (H + H_0)^{3/2}$ Cuando hay dos contracciones y velocidad de llegada.

4. $Q = C.L. (H + H_0)^{3/2}$ Cuando hay velocidad de llegada.

Q = Gasto

C = 1.84

L = Longitud de la cresta

H = Carga sobre el vertedor.

H_0 = Carga sobre el vertedor cuando hay velocidad de llegada.

VERTEDORES TRIANGULARES.

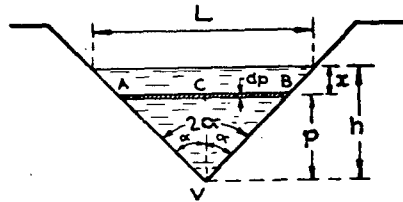


FIGURA No. 6 Vertedor Triangular.

Deducción de la fórmula:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$2\alpha = 90^\circ$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 45^\circ = 1$$

$$Q = A \cdot V.$$

$$V = \sqrt{2gh}$$

$$A = l' dy$$

$$\frac{l}{H} = \frac{l'}{H-y}$$

$$l' = \frac{l(H-y)}{H}$$

$$l' = l - \frac{ly}{H}$$

$$h = y$$

$$Q \pm = A \sqrt{2gh}$$

$$dQ = l' dy \sqrt{2g} y^{1/2}$$

$$dQ = l' \sqrt{2g} y^{1/2} dy$$

$$\int dQ = \sqrt{2g} l' y^{1/2} dy$$

COMPARANDO LADOS HOMOLOGOS

$$\begin{aligned} \int dQ &= \sqrt{2g} \int \left(l - \frac{\ell y}{H} \right) y^{1/2} dy \\ \int dQ &= \sqrt{2g} \left(\int_0^H \ell y^{1/2} dy - \int_0^H \frac{\ell y}{H} y^{1/2} dy \right) \\ Q &= \sqrt{2g} \ell \int_0^H y^{1/2} dy - \int_0^H \frac{1}{H} y^{3/2} dy \\ Q &= \sqrt{2g} \ell \left[\frac{y^{3/2}}{3/2} - \frac{1}{H} \frac{y^{5/2}}{5/2} \right]_0^H \\ Q &= \sqrt{2g} \ell \left[\frac{y^{3/2}}{3/2} \right]_0^H - \left[\frac{1}{H} \frac{y^{5/2}}{5/2} \right]_0^H \\ Q &= \sqrt{2g} \ell \left[\frac{2}{3} H^{3/2} \right] - \left[\frac{1}{H} \cdot \frac{2}{5} H^{5/2} \right] \\ Q &= \sqrt{2g} \ell \left(\frac{2}{3} H^{3/2} - \frac{2}{5} H^{5/2} \right) \\ Q &= \sqrt{2g} \ell \frac{4}{15} H^{3/2} \\ Q &= \frac{4}{15} \sqrt{2g} \ell H^{3/2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\ell}{2} &= H \operatorname{tg} \alpha \\ \ell &= 2 H \operatorname{tg} 45^\circ \\ \ell &= 2 H (1) \\ \ell &= 2 H \\ Q &= \frac{4}{15} \sqrt{2g} \quad 2 H \quad H^{3/2} \\ Qt &= \frac{8}{15} \sqrt{2g} \quad H^{5/2} \end{aligned}$$

PARA PASAR DE GASTO TEORICO A GASTO PRACTICO.

$$\begin{aligned} Q_p &= u Q_t \\ Q_p &= u \frac{8}{15} \sqrt{2g} \quad H^{5/2} \end{aligned}$$

$$C = \frac{8}{15} U \sqrt{2g}$$

$$Q_p = C H^{5/2}$$

La mayor parte de los investigadores se refieren a ángulo recto (90°) pues estos vertedores son los más usados y el valor medio de su coeficiente de gasto es:

$C = 2.54$ En el sistema inglés

$C = 1.40$ En el Sistema métrico decimal.

$$\therefore Q_p = 2.54 H^{5/2}$$

$$Q_p = 1.40 H^{5/2}$$

Estos vertedores son ideales para medir pequeños gastos y generalmente son usados por los Fitogenetistas para sus experimentos.

El efecto de la velocidad de llegada en vertedores triangulares es similar al de los vertedores rectangulares; sin embargo en la Universidad de Michigan King observó los siguientes coeficientes para vertedores triangulares de 90° .

$$Q = 2.52 H^{2.47} \text{ Sistema Inglés}$$

$$Q = 1.34 H^{2.47} \text{ Sistema Métrico Decimal}$$

$$Q = C (H + H_0)^{5/2} \text{ Con velocidad de llegada}$$

THOMPSON ENCONTRO QUE:

$$Q = 2.44 H^{5/2} \text{ Sistema Inglés}$$

BARR. ENCONTRO QUE:

$$Q = 2.48 H^{2.47} \text{ Sistema Inglés}$$

VERTEDOR TIPO GUAMUCHIL.

El Vertedor Tipo Guamuchil es una estructura aforadora cuyo funcionamiento debe ser siempre ahogado, para que otorgue mediciones co

rectas, cuenta con una compuerta deslizable a la entrada, luego la vena líquida pasa por una sección contraída, llegando de esta forma al vertedor que se encuentra después del ensanchamiento de salida como se ve en la figura.

La ecuación utilizable para la estructura aforadora tipo Guamu-chil es $Q = 1.84 LH^{3/2}$.

AFORADOR VENTURI DE GASTO CONSTANTE.

El aforador venturi de gasto constante es un dispositivo diseñado para medir el agua a nivel de canal lateral o parcelario y además se utiliza como estructura repartidora.

Esta estructura es de operación sencilla, de bajo costo y fácil de construir. Por otra parte los materiales utilizados en su construcción pueden ser: Mampostería, tabique, bloques de concreto, precolados de concreto, madera o lámina de fierro.

INSTALACION: Se instala esta estructura a la salida de una obra de toma o bien a la salida de canales laterales, ramales y regaderas.

DESCRIPCION: La estructura aforadora venturi de gasto constante está construida por una caja de recepción (1), acceso de estrangulamiento (2), estrangulamiento (3) y salida (4).

Las dimensiones de la estructura se determinan tomando en consideración la superficie por regar.

METODO DE AFORO: El gasto se lee en la escala alojada en el acceso al estrangulamiento (2) la cual está graduada en litros por segundo o centímetros.

Cuando la escala está graduada en litros por segundo el gasto se lee directamente y cuando la escala está graduada en centímetros

el gasto se obtiene mediante el empleo de la curva de gastos, entrando con la carga H , la cual se lee en la escala.

La estructura estará dotada de una, dos y tres salidas, según el caso. En cada una de las salidas se debe instalar una compuerta metálica en el estrangulamiento.

Con objeto de hacer funcionar la estructura como repartidora, la operación puede ser simultánea o en forma alternada, para tal efecto se levanta o se baja la compuerta, por lo tanto el escurrimiento también puede variar de salida libre a salida por orificio.

CONCLUSIONES:

1.- El aforador venturi de gasto constante es de gran utilidad por su fácil operación y porque protege a los agricultores de los efectos de aplicación excesiva de agua, desperdicios innecesarios de agua, erosión del suelo, encharcamientos, la salinidad, la pérdida por lavado de los nutrientes del suelo, etc.

2.- Su operación es sencilla, así mismo su interpretación, de modo que cualquier agricultor estará en condiciones de determinar sus gastos con un poco de práctica.

3.- El medidor venturi presenta las mayores facilidades de operación debido a que no requiere nivelación de la cresta, colocación de pantalla y control de fugas, además con la plantilla adecuada requiere cargas pequeñas para trabajar con los gastos de operación.

MEDIDOR VENTURI.

Este medidor trabaja basándose en el escurrimiento a régimen crítico que se presenta en algún punto a lo largo del estrechamiento o de la transición aguas abajo.

El estrechamiento es de sección rectangular formado por dos paredes laterales de longitud igual a tres veces el ancho del estrechamiento.

to; su parte inicial se forma con un segmento de círculo, y las paredes terminan con un ensanchamiento brusco para empotrarse en las paredes del canal.

Como estas estructuras se instalarán en regaderas con pendientes relativamente pequeñas y por lo tanto las velocidades son bajas, cuando se toma en cuenta la energía específica del canal aguas arriba del estrechamiento, la carga de velocidad en el canal se desprecia. Sin embargo en la práctica se ha observado que cuando la velocidad en el canal sea superior a 0.40 m/seg. hay necesidad de tomar en cuenta la carga de velocidad para valuar la energía específica, que provoca variaciones en el gasto.

La curva de gastos obtenida es del tipo parabólico cuya ecuación es:

En donde:

$$Q = K H^n \quad H = \text{Energía específica.}$$

Esta fórmula es semejante a la de las estructuras de sección de control, ya que la estructura hace que la corriente pase de régimen tranquilo aguas arriba, a rápido al final de la construcción.

Se ha observado que la estructura permite grandes variaciones en el nivel de agua después del estrechamiento sin que se altere la descarga ni la elevación del agua en el canal aguas arriba.

Después de una serie de pruebas para diferentes gastos se determinó que el límite de funcionamiento de la estructura hasta donde la descarga pueda considerarse libre es la relación.

$$\frac{d - e}{H} \leq 0.70$$

e = Escalón

Es decir, que la descarga no varía mientras el tirante de aguas abajo sea menor al 70% del tirante aguas arriba.

Cuando el ahogamiento o relación de sumergencia sea mayor de 0.70 se altera la gráfica de gastos-carga y por lo tanto, la estructura no funciona. Para corregir esta anomalía será necesario sobre-elevar la plantilla del medidor formando un escalón de 0.2 m. como máximo a partir de la razante de la regadera, lo que sumando a la pérdida de carga obligada por el propio medidor eleva considerablemente los tirantes de operación en regaderas y canales incrementando las pérdidas de conducción, al aumentarse el perímetro mojado.

Cuando la estructura se coloque a la salida de bocatomas, se construirá un canal de llamada con una longitud igual a tres veces el ancho del estrechamiento a partir de la caja repartidora.

Este medidor tiene la modalidad de que se le puede adaptar en el extremo aguas abajo del estrechamiento una pantalla o compuerta metálica que se puede usar como módulo. Con esta pantalla se logra que la corriente que fluye con escurrimiento a superficie libre cambie a escurrimiento a través de un orificio en cuanto la superficie libre del agua toca el labio inferior de la pantalla. Tiene las mismas características en cuanto a gastos medidos, pero es más complicada su operación y aumenta su costo. La mejor posición de la pantalla se fijó a una distancia regular a 0.5 del estrechamiento medido a partir de este hacia aguas abajo.

COMPUERTAS.

Las compuertas son aberturas en las estructuras hidráulicas que permiten el paso del agua y, generalmente, están provistas de algún dispositivo que regula el desbordamiento. Como tienen las características hidráulicas de los orificios, existen diversos diseños de compuertas que permiten el aforo del gasto.

La descarga puede ser libre o sumergida cuando ésta es sumergida las compuertas proporcionan la ventaja de que pueden operar una carga escasa y, consecuentemente, se emplean en canales relativamente nivelados y en las corrientes en que no es posible lograr una caída suficiente para mediciones con vertedor.

La descarga se obtiene por la fórmula usual para orificios.

$$Q = C a \sqrt{2gh}$$

Cuando la descarga es libre, la carga (h) es la diferencia de elevación entre la superficie del agua y el centro del orificio. En la descarga sumergida, la carga es la diferencia entre el nivel del agua aguas arriba.

No existen diseños tipo para las compuertas, por tanto, es obvio que el coeficiente de descarga (c) variará según la geometría de la abertura en la compuerta, el grado de contracción y otros factores la forma de la abertura en compuertas individuales es variable de acuerdo con el grado en que esté abierta la compuerta como estos factores no se ajustan a normas, es preciso que cada compuerta sea calibrada antes de utilizarse para medición de agua.

Las compuertas de fabricación comercial que se emplean para el aforo de agua, siendo previamente calibradas por el fabricante, el cual proporciona tablas de gasto para distintas cargas y diversos grados de abertura en las compuertas; además vienen equipadas con un dispositivo que mide las pérdidas de carga.

2.1.2.3 EN CANALES SUB-LATERALES Y RAMALES.

En este tipo de canales los tipos de estructuras aforadoras más usuales son:

Vertedor Rectangular
" Triangular de 90°
" " " 60°
" Trapezoidal
" Cepolletti
" Tipo Guamuchil
Orificio en pared delgada
" " " gruesa
Conducto aforador Parshall

Medidor de carga constante tipo Venturi

" " compuerta tipo Mayo

Compuerta de doble control o caja medidora y de toma.

VERTEDOR TRIANGULAR DE 60°; Los vertedores triangulares con escota dura de 60° proporcionan resultados altamente satisfactorios en la medición de flujos en ramales en los que el gasto no exceda los 1000 l.p.s.

Cuando se tiene una escotadura de 60°, es decir $\alpha = 30^\circ$, la fórmula para calcular el gasto según las observaciones de King es la siguiente:

$$Q = 0.775 H^{5/2} \text{ S.M.D.}$$

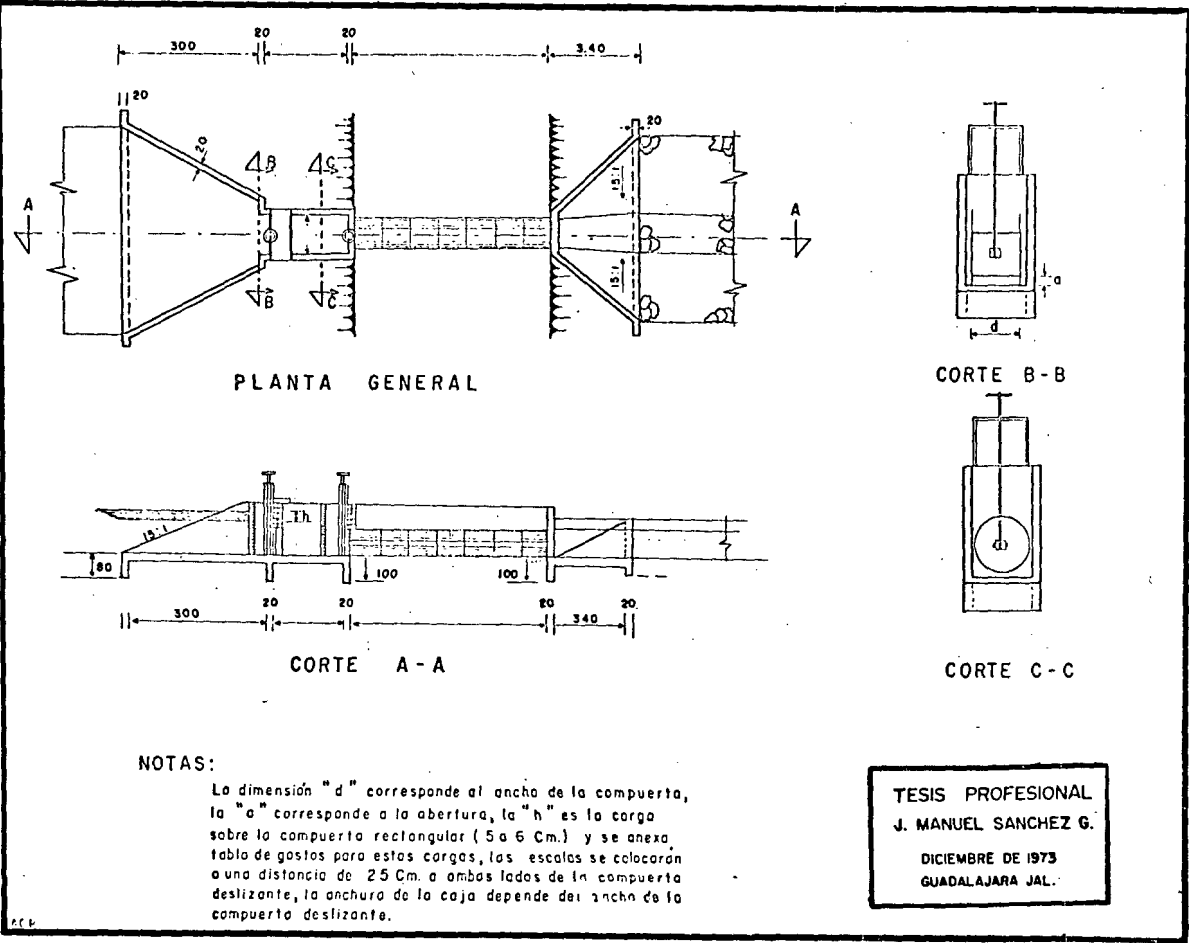
2.1.2 CAJA MEDIDORA Y TOMA (compuerta de doble control)

Consiste en una caja a la entrada de la bocatoma en la cual se colocan dos compuertas, siendo la de aguas arriba deslizante y la de aguas abajo Miller, esta compuerta Miller está colocada a la entrada de una bocatoma o tubería.

Las escalas se colocan unas aguas arriba de la compuerta deslizante y la otra aguas abajo o dentro de la caja con el objeto de hacer mediciones de las cargas que actúan sobre la compuerta deslizante.

La operación de esta estructura consiste en lo siguiente:

Estando ambas compuertas cerradas, se abre la compuerta deslizante con una abertura tal que pueda proporcionar el gasto necesario de acuerdo con las tablas de operación, dejando esta compuerta fija con la abertura elegida, se procede a abrir la compuerta Miller hasta que la lectura en las escalas dé una diferencia de elevación de 5 a 6 cm. que es la carga con la que se calcularon las tablas; si se tienen variaciones aguas arriba de la compuerta deslizante habrá que hacer los ajustes necesarios con la compuerta Miller para mantener la relación carga-abertura.



PLANTA GENERAL

CORTE B-B

CORTE A-A

CORTE C-C

NOTAS:

La dimensión "d" corresponde al ancho de la compuerta, la "a" corresponde a la abertura, la "h" es la carga sobre la compuerta rectangular (5 a 6 Cm.) y se anexa tabla de gastos para estos cargas, los escalos se colocarán a una distancia de 25 Cm. a ambos lados de la compuerta deslizante, la anchura de la caja depende del ancho de la compuerta deslizante.

TESIS PROFESIONAL
 J. MANUEL SANCHEZ G.
 DICIEMBRE DE 1973
 GUADALAJARA JAL.

2.1.2 MEDIDOR DE COMPUERTA "TIPO MAYO"

Consiste en una sección de control donde se instala una compuerta deslizante para provocar que trabaje como orificio y hacer determinaciones de carga y gasto.

Este medidor no debe trabajar con velocidad de llegada, pues resultaría difícil la cuantificación de los gastos. Resulta su construcción más cara que el Venturi, por la necesidad de construir la compuerta y es menos preciso por la determinación de cargas.

El gasto está dado por la ecuación general para orificios:

$$Q = C A \sqrt{2gh}$$

2.1.3 A NIVEL PARCELARIO.

Con el fin de conocer los gastos que se están aplicando a nivel de parcela se utilizan los siguientes métodos:

MÉTODOS VOLUMÉTRICOS Y GRAVIMÉTRICOS.

El aforo volumétrico de los flujos se realiza considerando el tiempo necesario para que dicho flujo llene un depósito de una capacidad determinada. De esta manera el volumen dividido entre el tiempo equivale al gasto.

En el método gravimétrico se sigue el mismo principio, con la única diferencia de que el volumen se determina pesando el agua. El peso del agua se convierte a volumen dividido entre el peso de un litro de agua (es recomendable obtener la densidad de agua en cada caso, de no ser así se puede considerar que un litro es igual a un kilogramo).

En ambos casos el tiempo de llenado del depósito se obtiene mediante un cronómetro y la tasa de flujo en litros por segundo se determina mediante la fórmula:

$$Q = \frac{\text{Volúmen de agua en litros}}{\text{Tiempo de llenado en segundos}}$$

En estos métodos mientras más grande sea el depósito, mayor será el tiempo necesario para llenarlo y más precisa la medición. Se requiere que el tiempo de llenado sea de 20 segundos como mínimo para determinar la tasa de flujo con un margen máximo de error de 1%; en forma similar, a 10 segundos corresponderá 2% y a 4 segundos 5%.

En los procesos de riego, el uso básico del método volumétrico es la mediación del flujo en surcos, utilizándose también para medir el flujo de agua en las boquillas de salida de los sistemas de aspersión.

PLACAS SUMERGIDAS CON ORIFICIOS:

Es uno de los métodos más sencillos para medir el flujo de la corriente en surcos. La placa se coloca a través del surco, los orificios deben ser maquinados con precisión absoluta y los diámetros varían entre una y tres y media pulgadas.

Estas placas tienen varias ventajas: Son sencillas, poco costosas y fáciles de instalar. Las corrientes de los surcos pueden medirse con un diferencial de carga mínimo o de restricción al flujo, reduciendo así también al mínimo el aumento en el perímetro humedecido de surco encima del punto de medición y la probabilidad de derrame. Con un poco de cuidado en la colocación y la lectura, el margen de error en la medición no excederá del 5%.

El flujo a través del orificio se calcula con la fórmula usual:

$$Q = CA \sqrt{2gh}$$

En donde:

C = Coeficiente de gasto.

CANERIAS PARA MEDICION W.S.C. (Colegio del Estado de Washington)

Estas cañerías para medición se basan en el principio del medidor tipo venturi, y están compuestas de 4 secciones principales: Sec

ción de entrada aguas arriba, sección convergente o de contracción - que conduce a una sección constrictiva o garganta y una sección de expansión aguas abajo. El fondo del caño se construye a nivel, longitudinal y transversalmente, a una altura igual o ligeramente mayor - que el fondo del canal. Sólo se requiere de una lectura en la escala alojada en la sección de entrada aguas arriba.

Las cañerías para medición W.S.C. tienen varias ventajas: Simplicidad en su construcción, sencillez en su instalación, costo reducido, pocas pérdidas de carga y además de lecturas directas.

TUBOS DE SIFON.

Se emplean para extraer el agua de una zanja principal distribuyéndola sobre el terreno mediante surcos, corrugaciones o bordos, se utilizan también para medir el índice de flujo en estos sistemas de distribución.

Los tubos de sifón presentan ventajas como son: reducen el costo inicial del equipo de riego (se necesitan pocos tubos), son portátiles, el flujo en los surcos puede controlarse de una manera efectiva.

Desventajas: Se pueden emplear únicamente en diseños de riego - con poca pendiente a fin de mantener una operación de carga casi - constante en cada tubo, deben ser cebados individualmente por lo que requieren bastante mano de obra.

El gasto de un tubo de sifón depende de: 1). El diámetro del tubo, 2). Su longitud, 3). La rugosidad del interior del tubo, así como del número y grado de dobleces o curvas que tenga y 4). La carga bajo la cual opere el tubo.

El gasto se obtiene mediante la fórmula:

En donde:

$$Q = CA \sqrt{2gh}$$

C = Coeficiente de gasto

2.14 EN TUBERIAS.

MEDIDORES DE AGUA TOTALIZADORES EN TUBERIAS.

Estos medidores cubren las necesidades de medición del agua extraída de pozos o proveniente de tanques de almacenamiento; estos medidores permiten docificar la cantidad adecuada de agua a fin de obtener su óptimo aprovechamiento.

Debe instalarse el medidor a la salida de pozos, en la descarga de la bomba en tuberías principales o maestras las cuales operen normalmente en tubería llena; a fin, de obtener la exactitud requerida, el medidor deberá instalarse después de un tramo recto de tubería con una longitud aproximada de 15 diámetros, y si la descarga es libre, deberá quedar a 5 diámetros del medidor.

CONDICIONES DE OPERACION.

Trabaja en presiones de 7 hasta 10.5 kg./cm² (de 100 a 150 lbs/pulg²) y temperaturas hasta 66°C (150°F).

Pérdidas de carga: Menos de 0.07 kg/cm² (1 lbs/pulg²) a la capacidad máxima para la que son construidos.

Totalizador: El medidor cuenta con un totalizador que consta de 6 dígitos para lectura directa, herméticamente sellado contra humedad y polvo que puede calibrarse en metros cúbicos, galones, acrepies o pies cúbicos. La aguja central permite, al tomar el tiempo, determinar el gasto en un momento dado.

Cuenta además con una aguja puntera para hacer calibraciones de rectificación.

Rangos de medición.

Medidores de 6" — de 6 a 75 lts/seg.

Medidores de 8" — de 8 a 100 lts/seg.

Medidores de 10" — de 10 a 150 lts/seg.

Medidores de 12" — de 12 a 200 lts/seg.

MÉTODOS DE COORDENADAS.

Los métodos de coordenadas se emplean para medir el flujo en pozos fluentes (que descargan verticalmente), así como en los equipos pequeños de bombeo (que descargan horizontalmente). Estos métodos son de exactitud limitada debido a la dificultad de llevar a cabo mediciones precisas de las coordenadas de la vena líquida. En consecuencia, deben emplearse sólo cuando no se dispone de otros medios más exactos de medición y cuando un error hasta de 10% sea permisible.

2.2 FORMULAS USADAS PARA SU SOLUCION HIDRAULICA. VERTEDORES RECTANGULARES.

Modalidades de la fórmula de Francis.

$$Q = C L H^{3/2}$$

Cuando no hay contracciones laterales.

$$Q = C (L - 0.1nH) H^{3/2}$$

Cuando hay contracciones laterales siendo n el número de estas.

$$Q = C L (H - H_0)^{3/2}$$

Cuando hay velocidad de llegada.

En todos los casos C es un coeficiente de gasto que vale: 3.33 en el Sistema Inglés y 1.84 en el Sistema Métrico Decimal.

VERTEDORES TRIANGULARES.

Con escotadura de 90°

$$Q = C H^{5/2}$$

Según King.

Según Thompson

Según Barr

Con escotadura de 60° :

Según King.

En donde:

$C = 2.54$ en el S.I. y 1.40 en el S.M.D.

$$Q = 2.52 H^{2.47} \text{ S.I.}$$

$$Q = 1.34 H^{2.47} \text{ S.M.D.}$$

$$Q = 2.44 H^{5/2} \text{ S.I.}$$

$$Q = 2.48 H^{2.47} \text{ S.I.}$$

$$Q = 0.775 H^{5/2} \text{ S.M.D.}$$

Para vertedores triangulares de 90° con velocidad de llegada -
King da la siguiente fórmula: $Q = C (h-H_0)^{5/2}$

VERTEDORES TRÁPEZOIDALES.

$$Q = 1.84 (L - 0.1nH) H^{3/2} + 8/15 C \sqrt{2g} Tg \alpha H^{5/2}$$

Siendo n el número de contracciones.

VERTEDORES CIPOLLETTI.

$$Q = 3.367 L H^{3/2} \text{ Sistema Inglés.}$$

$$Q = 1.859 L H^{3/2} \text{ Sistema Métrico Decimal}$$

Estas fórmulas fueron obtenidas experimentalmente.

VERTEDORES AHOGADOS.

Según Herchell:

$$Q = \frac{C}{H_2} L \sqrt{2g (H_1 - H_2)} \left[\frac{2}{3} (H_1 - H_2) + H_2 \right]$$

Mediante tablas:

$$Q = 1.84 L (NH_1)^{3/2}$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \text{un número cualquiera que me -} \\ \text{diante tablas nos dá el valor} \\ \text{de } N.$$

Si hay contracciones laterales:

$$Q = \frac{C (L - 0.1nH)}{(H_1 - H_2) + H_2} \sqrt{2g (H_1 - H_2)} \left[\frac{2}{3} (H_1 - H_2) + H_2 \right]$$

VERTEDORES DE CRESTA ANCHA.

$$\text{Cuando } \frac{b}{H} = 10$$

$$Q = 1.45 LH^{3/2} \text{ Sistema Métrico deci} \\ \text{mal.}$$

VERTEDOR DE CIMACIO.

$$Q = 2.1 L H^{3/2} \text{ Sistema Métrico Deci} \\ \text{mal.}$$

VERTEDORES DE CRESTA DELGADA.

Con contracciones laterales:

$$Q = 1.84 (L - 0.1nH) H^{3/2} \text{ Sistema Métrico Decimal.}$$

Sin contracciones laterales:

$$Q = 1.84 L H^{3/2} \text{ Sistema Métrico Decimal.}$$

VERTEDOR TIPO GUAMUCHIL.

Con contracciones laterales:

$$Q = 1.84 (L - 0.1nH) H^{3/2} \text{ Sistema Métrico Decimal.}$$

Sin contracciones laterales:

$$Q = 1.84 L H^{3/2} \text{ Sistema Métrico Decimal.}$$

ORIFICIOS EN PARED DELGADA O BISELADOS.

Sin velocidad de llegada:

$$Q = C A \sqrt{2gh}$$

Con velocidad de llegada:

$$Q = C A \sqrt{2g \left(h + \frac{v^2}{2g} \right)}$$

En ambos casos

$$C = 0.61$$

ORIFICIOS EN PARED GRUESA RECTANGULARES.

$$Q = A C \sqrt{2gh} \quad C = 0.97$$

ORIFICIOS EN PARED GRUESA CIRCULARES:

$$Q = 3.37 d^2 h^{1/2}$$

VERTEDOR TIPO GUAMUCHIL.

$$Q = 1.84 L H^{3/2}$$

ORIFICIOS TOTALMENTE AHOGADOS.

$$Q = C A \sqrt{2gh} \quad C = \text{de } 0.68 \text{ a } 0.91$$

ORIFICIOS CON CARGA VARIABLE.

$$Q = 2/3 C \ell \sqrt{2g} (h_1^{3/2} - h_2^{3/2})$$

ORIFICIO TIPO MAYO.

$$Q = C A \sqrt{2gh}$$

COMPUERTAS.

$$Q = C A \sqrt{2gh}$$

COMPUERTA DE DOBLE CONTROL O CAJA MEDIDORA O DE TOMA.

Esta estructura da lecturas directas y el gasto se calcula mediante tablas.

AFORADOR PARSHALL.

Con sumersión:

$$Q = m H^n - C; C \text{ está en función de } W, H_a \text{ y } S.$$

Con descarga libre:

$$Q = m H^n \text{ m y n varían con el tamaño del medidor.}$$

MEDIDOR VENTURI.

PROPORCIONA LECTURAS DE GASTO DIRECTAMENTE.
METODOS VOLUMETRICOS Y GRAVIMETRICOS.

$$Q = \frac{\text{Volúmen de agua en litros}}{\text{Tiempo de llenado en segundos}}$$

PLACAS SUMERGIDAS CON ORIFICIOS.

$$Q = C A \sqrt{2gh}$$

CANERIAS W.S.C.

En estas cañerías el gasto se obtiene mediante lecturas directas.

TUBOS DE SIFON.

$$Q = C A \sqrt{2gh}$$

2.3 RANGOS DE VARIACION EN LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS.

Cada una de las estructuras debe operar bajo condiciones que le permitan proporcionar las mediciones más aceptables; entre otras condiciones una de las más importantes es su rango de operación.

Los rangos de operación más recomendables son los siguientes:

TIPO DE ESTRUCTURA	RANGO DE OPERACION
Vertedor Rectangular	De 1 a 4.5 m ³ /seg
Vertedor Triangular	De 90° de 0.0002 a 3.0m ³ /seg. De 60° de 0.0002 a 1.0m ³ /seg.
Vertedor Trapezoidal	De 0.002 a 12 m ³ /seg.
Vertedor Cipolletti	De 0.003 a 20 m ³ /seg.
Vertedor Tipo Cimacio	De 0.58 a 20 m ³ /metro
Vertedor Tipo Guamuchil	De 0.0044 a 1.293 m ³ /seg.
Vertedor Tipo Celaya	De 0.15 a 1.10 m ³ /seg.
Orificio en pared delgada	De 0.015 a 10m ³ /seg.
Orificio en pared gruesa	De 0.03 a 15m ³ /seg.
Orificio totalmente ahogado	De 0.015 a 8.5 m ³ /seg.
Orificio con carga variable	La variación en su rango depende de su carga.
Orificio tipo Mayo	De .0002 a .302 m ³ /seg.
Compuerta de doble control ó caja medidora y toma	Depende del diámetro y de la abertura.
Compuerta Tipo Miller	Depende del diámetro y de la abertura.
Conducto Aforador Parshall	De 0.50 a 85 m ³ /seg.
Medidor Venturi de gasto const.	De 0.2 a 1.2 m ³ /seg.
Tubos de Sifón	De 0.2 a 1.3m ³ /seg.

2.4 CARACTERISTICAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS AFORADORAS:

VERTEDORES.

DEFINICION: Se llama vertedor a un dispositivo hidráulico que consiste en una escotadura a través de la cual se hace circular el agua; hay diferentes clases de vertedores según la forma que se oblige a adoptar a la sección de la vena líquida que circula por la escotadura.

1 RECTANGULARES: Cuando la longitud de la cresta es relativamente pequeña comparada con el ancho del canal de conducción entonces los filetes de la vena líquida después de la descarga sufren dos contracciones laterales que no existen cuando la longitud de la cresta es igual al ancho del canal, puede suceder que una de las paredes laterales del vertedor coincida con una de las paredes del canal y entonces el escurrimiento sufrirá únicamente una contracción lateral.

De dos vertedores de igual longitud de cresta y con igual carga tiene mayor gasto el que no tenga contracciones laterales.

TRIANGULARES: Estos vertedores son ideales para medir pequeños gastos, generalmente se usan en experimentos, pudiendo ser que la escotadura sea de 60 a 90°.

TRAPEZOIDALES: Este tipo de vertedores es muy poco usado por lo poco conocidos sus coeficientes de gasto; sin embargo hay una modificación de estos que se emplea con bastante frecuencia.

CIPOLLETI: Es este tipo una modificación del anterior con características particulares, como es por ejemplo la eliminación del efecto de contracciones laterales, mediante lograr que las paredes formen un determinado ángulo para que aumente el gasto hasta hacerlo equivalente al de un vertedor sin contracciones laterales, con la misma longitud de cresta y con igual carga.

Este vertedor se caracteriza porque sus taludes tienen una inclinación tal que sus proyecciones son una unidad horizontal y cuatro verticales ($M = 1/4$).

DE CRESTA ANCHA: Este vertedor tiene como regla o característica que debe satisfacer la relación.

$$\frac{b}{H} = 10$$

En donde:

b = Ancho del muro vertedor

H = Carga sobre el vertedor

PEFIL DE CIMACIO: El perfil de cimacio se caracteriza por tener la forma de la cara inferior del manto de agua, se usa mucho en estructuras hidráulicas tales como vertedores de demacias o también constituyendo presas derivadoras; pudiendo llevar o no algún talud aguas arriba.

ORIFICIOS.

DEFINICION: Los orificios son aberturas en un muro por donde atravieza una corriente de agua.

EN PARED DELGADA O BISELADOS; En los orificios practicados en pared delgada el chorro sufre una contracción después de su paso por el orificio; por lo que la velocidad del líquido al salir por el orificio; va aumentando hasta llegar a ser la máxima en la sección contraída, la presión en cambio va disminuyendo del orificio a la sección contraída.

EN PARED GRUESA: Estos orificios se caracterizan porque dándoles a estos orificios una forma abocinada conveniente se puede eliminar en ellos la sección contraída en el chorro después de su paso por el orificio, pues se procura que los filetes líquidos no cambien su dirección original, de tal manera que al salir el líquido la sección del orificio sea igual que la del chorro.

ORIFICIO TIPO MAYO: Este medidor no debe trabajar con velocidad de llegada, pues resultaría difícil la cuantificación del gasto que escurre a través de éste; resulta su construcción más cara que el venturi, por la necesidad de construir una compuerta deslizante y su exactitud es menor por requerir de la determinación de carga.

COMPUERTAS.

DEFINICION: Las compuertas son aberturas en las estructuras hidráulicas que permiten el paso del agua y, generalmente, están provistas de algún dispositivo que regula el desbordamiento como tienen las características hidráulicas de los orificios, existen muy variados diseños de compuertas que permiten el aforo del gasto.

Tienen como característica particular además que cuando la descarga es sumergida, proporcionan la ventaja de que pueden operar con una carga escasa y, consecuentemente se pueden emplear en corrientes en que no es posible lograr aforos con vertedor.

Las compuertas de fabricación comercial que se emplean para el aforo de agua, son previamente calibradas por el fabricante, el cual proporciona tablas de gasto para distintas cargas y diversos grados de abertura en las compuertas; además vienen equipadas con un dispositivo que mide las pérdidas de carga.

CAJA MEDIDORA Y TOMA O COMPUERTA DE DOBLE CONTROL.

Esta estructura tiene como regla o característica que debe tener una relación carga-abertura de 5 a 6 cm. en el momento del aforo.

CONDUCTO AFORADOR PARSHALL: Tiene como características que es un dispositivo cuya precisión es comparable con la de un vertedor, pero a diferencia de este no presenta los serios problemas de azolve que alteran con el tiempo las características tanto en la modificación de la sección como en el efecto de la velocidad de llegada; debe funcionar de preferencia siempre con descarga libre, en caso que trabaje con sumersión esta nunca deberá exceder de 0.95

AFORADOR VENTURI DE GASTO CONSTANTE: Es este un dispositivo diseñado para medir agua a nivel parcelario; y además puede utilizarse como estructura repartidora constando de varias salidas con la instalación de una compuerta en cada una de ellas para regular su funcionamiento, de tal manera que el escurrimiento también puede variar de salida libre a salida por orificio. Se caracteriza además por no necesitar nivelación de la cresta, colocación de pantallas ni control de fugas.

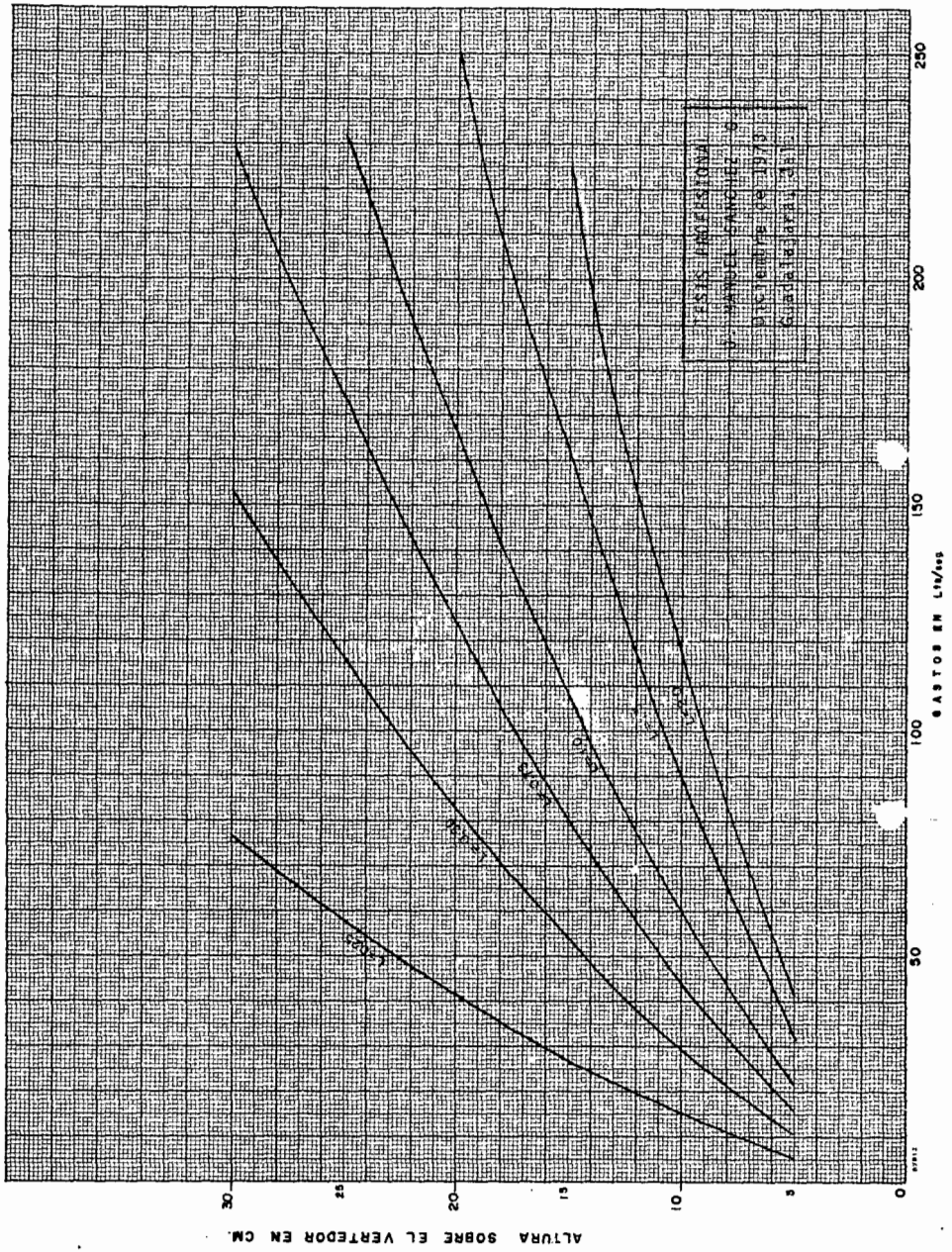
MÉTODOS VOLUMÉTRICOS Y GRAVIMÉTRICOS: Se caracterizan estos métodos por su sencillez, exigen poco equipo y son muy precisos si se aplican con los cuidados razonables.

PLACAS SUMERGIDAS CON ORIFICIOS: Se caracterizan porque las corrientes de los surcos pueden medirse con un diferencial de carga mínimo, reduciendo así también al mínimo el aumento en el perímetro humedecido del surco encima del punto de medición.

CANERIAS W.S.C. Tienen como características simplicidad en su construcción, sencillez en su instalación, costo reducido, pocas pérdidas de carga además de proporcionar lecturas directas.

TUBOS DE SIFÓN: Su característica principal es que el flujo en los surcos, bordos o corrugaciones puede controlarse de una manera efectiva además de ser un dispositivo relativamente barato.

VERTEDORES TIPO TRAPEZOIDAL.



VERTEDORES ECUACION $Q = 1.84 L H^{3/2}$

GASTOS EN M³/SEG.

H	L = .60	L = .80	L = 1.00	L = 1.200
.0250	.0044	.0058	.0073	.0087
.0500	.0123	.0165	.0206	.0247
.0750	.0227	.0302	.0378	.0454
.1000	.0349	.0465	.0582	.0698
.1250	.0488	.0651	.0813	.0976
.1500	.0641	.0855	.1069	.1283
.1750	.0808	.1078	.1347	.1616
2000	.0987	.1317	.1646	.1975
.2250	.1178	.1571	.1964	.2357
.2500	.1380	.1840	.2300	.2760
.2750	.1592	.2123	.2653	.3184
.3000	.1814	.2419	.3023	.3628
.3250	.2045	.2727	.3409	.4091
.3500	.2286	.3048	.3810	.4572
.3750	.2535	.3380	.4225	.5070
.4000	.2793	.3724	.4655	.5586
.4250	.3059	.4078	.5098	.6118
.4500	.3333	.4444	.5554	.6665
.4750	.3614	.4819	.6024	.7228
.5000	.3903	.5204	.6505	.7806
.5250	.4200	.5599	.6999	.8399
.5500	.4503	.6004	.7505	.9006
.5750	.4814	.6418	.8023	.9627
.6000	.5131	.6841	.8552	1.0262
.6250	.5455	.7273	.9092	1.0910
.6500	.5785	.7714	.9642	1.1571
.6750	.6122	.8163	1.0204	1.2245
.7000	.6466	.8621	1.0776	1.2931

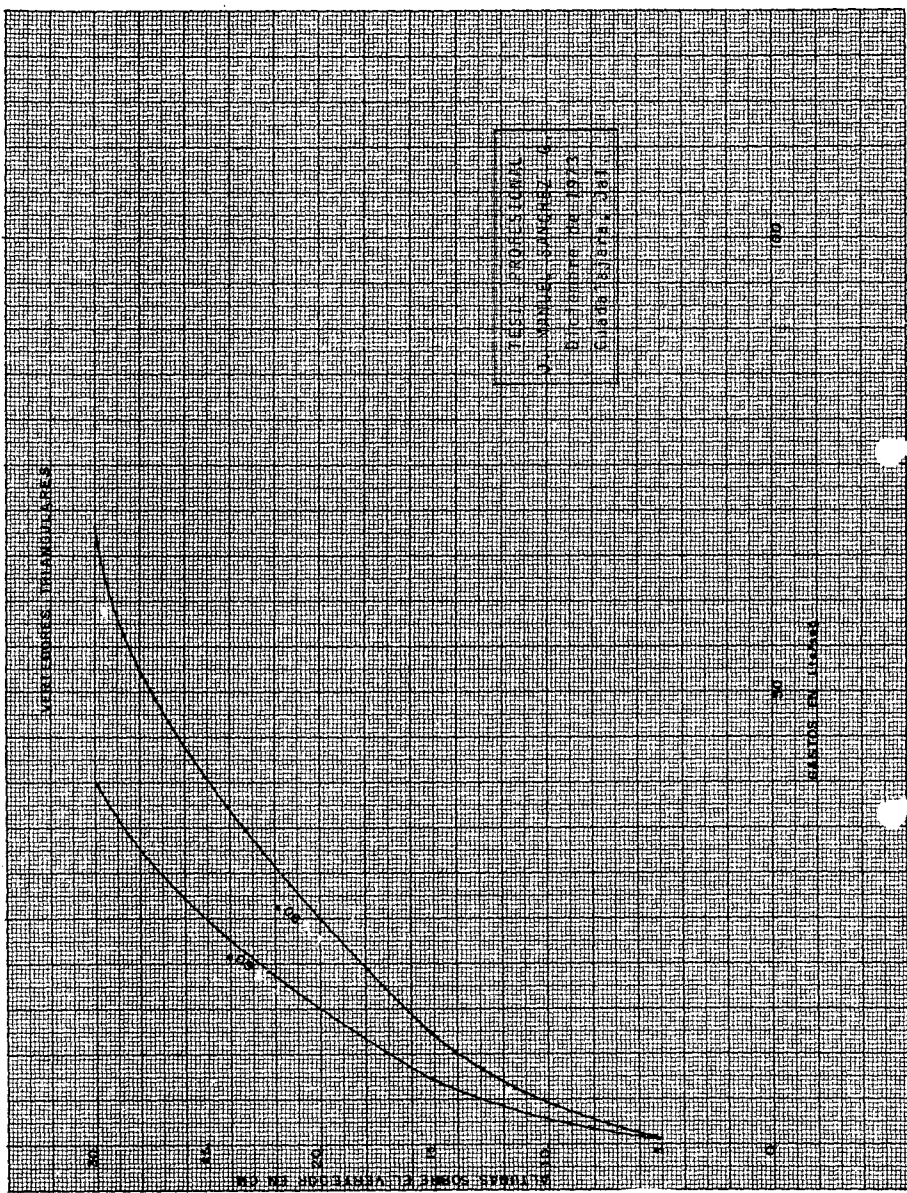


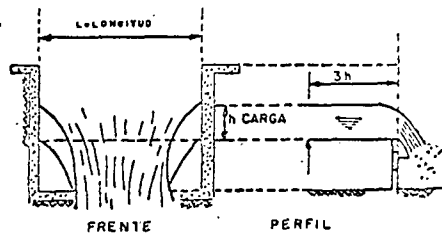
TABLA DE GASTOS PARA COMPUERTAS de 0.60 m. de ANCHO EN —
 FUNCION DE LA CARGA (h) Y LA ABERTURA (a)

CARGA (h) Cm.	ABERTURAS EN Cm. (a)						
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
4	2.2	4.8	7.9	10.6	14.1	17.7	21.5
5	2.5	5.4	9.4	11.8	15.6	19.9	24.2
6	2.7	5.9	9.2	13.0	17.2	21.6	24.1
7	3.0	6.4	10.0	14.0	16.6	23.4	26.3
8	3.2	6.8	10.6	15.0	19.9	26.0	
9	3.3	7.2	11.3	15.9	21.1		
10	3.5	7.6	11.9	16.7	22.2		
11	3.7	8.0	12.5	17.6	23.4		
12	3.9	8.3	13.0	18.3	24.4		
13	4.0	8.7	13.6	19.1	25.4		
14	4.2	9.0	14.1	19.9			
15	4.3	9.3	14.6	20.5			
16	4.5	9.6	15.0	21.2			
17	4.6	9.9	15.5	21.8			
18	4.7	10.2	15.9	22.4			
19	4.9	10.5	16.4	23.1			
20	5.0	10.8	16.8	23.7			
21	5.1	11.0	17.2	24.2			
22	5.2	11.3	17.6	24.8			
23	5.3	11.5	18.0	25.4			
24	5.5	11.8	18.4				
25	5.6	12.0	18.8				
26	5.7	12.3	19.2				
27	5.8	12.5	19.6				
28	5.9	12.7	19.9				
29	6.0	13.0	20.3				
30	6.1	13.2	20.6				
31	6.2	13.4	20.9				
32	6.3	13.6	21.3				
33	6.4	13.8	21.6				
34	6.5	14.0	21.9				
35	6.6	14.2	22.3				
36	6.7	14.4	22.6				
37	6.8	14.6	22.9				
38	6.9	14.8	23.2				
39	7.0	15.0	23.5				
40	7.0	15.2	23.8				
41	7.1	15.4	24.1				
42	7.2	15.6	24.4				
43	7.3	15.8	24.7				
44	7.4	16.0	24.9				
45	7.5	16.2	25.1				
46	7.5	16.3	25.5				
47	7.6	16.5					
48	7.7	16.7					
49	7.8	16.9					
50	7.9	17.0					

EST AFORADORA
 TIPO MAYO

TABLA PARA GASTOS PARA VERTEDOR
 RECTANGULAR DE 1.00 m. DE LONG.—
 FORM: $Q = 1.84 LH^{3/2}$

CARGA (h) En Cm.	GASTO (Q) En l.p.s.	CARGA (h) En Cm.	GASTO (Q) En l.p.s.
5	2.1	18	13.9
6	2.7	19	15.3
7	3.4	2.0	16.4
8	4.2	2.1	17.7
9	5.0	2.2	19.0
10	5.8	2.3	20.3
11	6.7	2.4	21.6
12	7.6	2.5	23.0
13	8.6	2.6	24.4
14	9.6	2.7	25.9
15	10.7	2.8	26.3
16	11.8	2.9	28.0
17	12.9	3.0	30.2



NOTA:

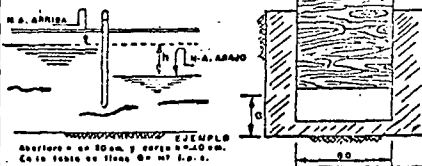
- 1- La carga "h" se debe medir a una distancia de 3h, aguas arriba de la cresta.
- 2- Para valores de "L" diferentes a 1.00 m, se debe multiplicar el gasto (Q) que da la tabla, por la longitud que tenga el vertedor expresado en m.

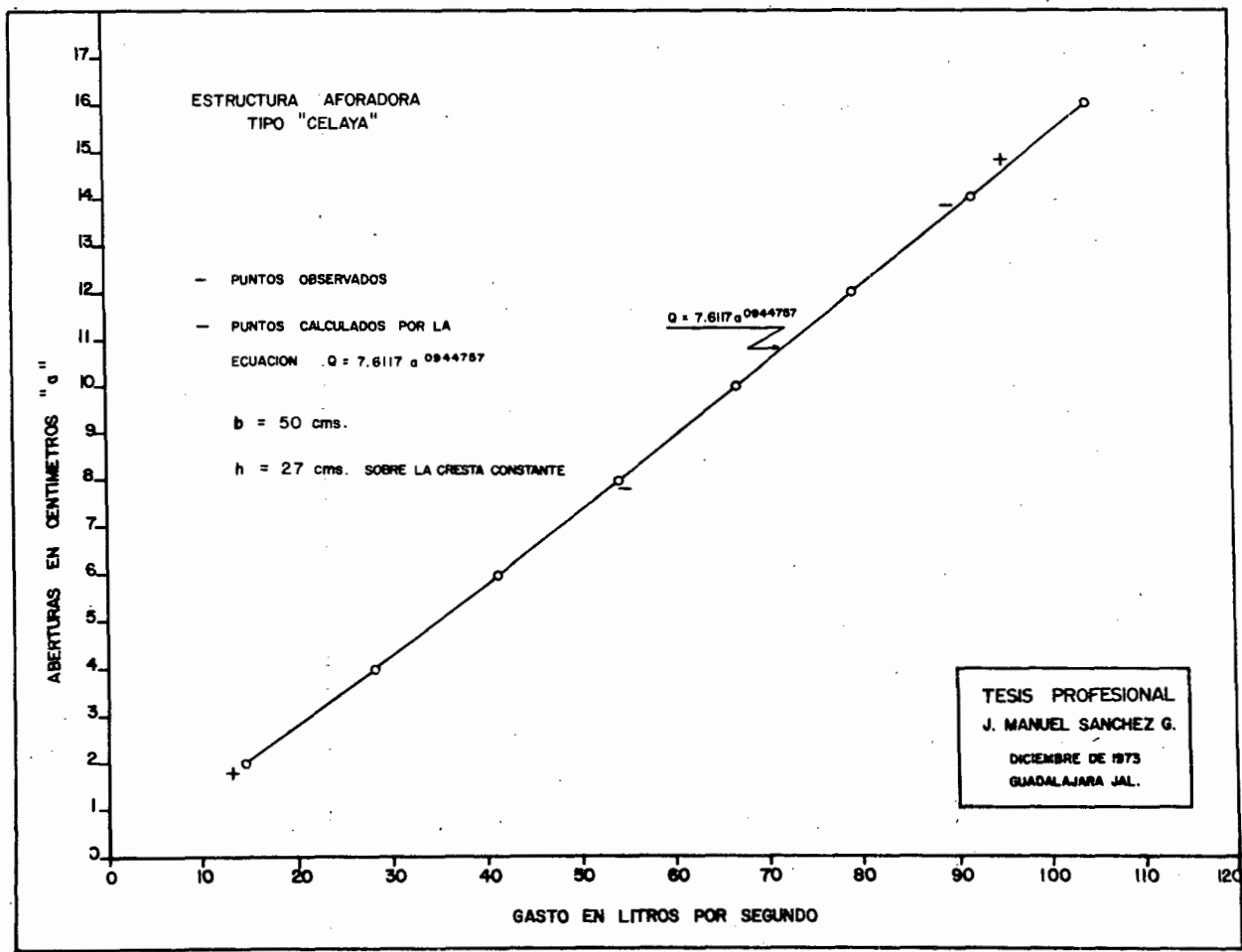
Ejemplo 1- Para h = 12 cm. y L = 150 m

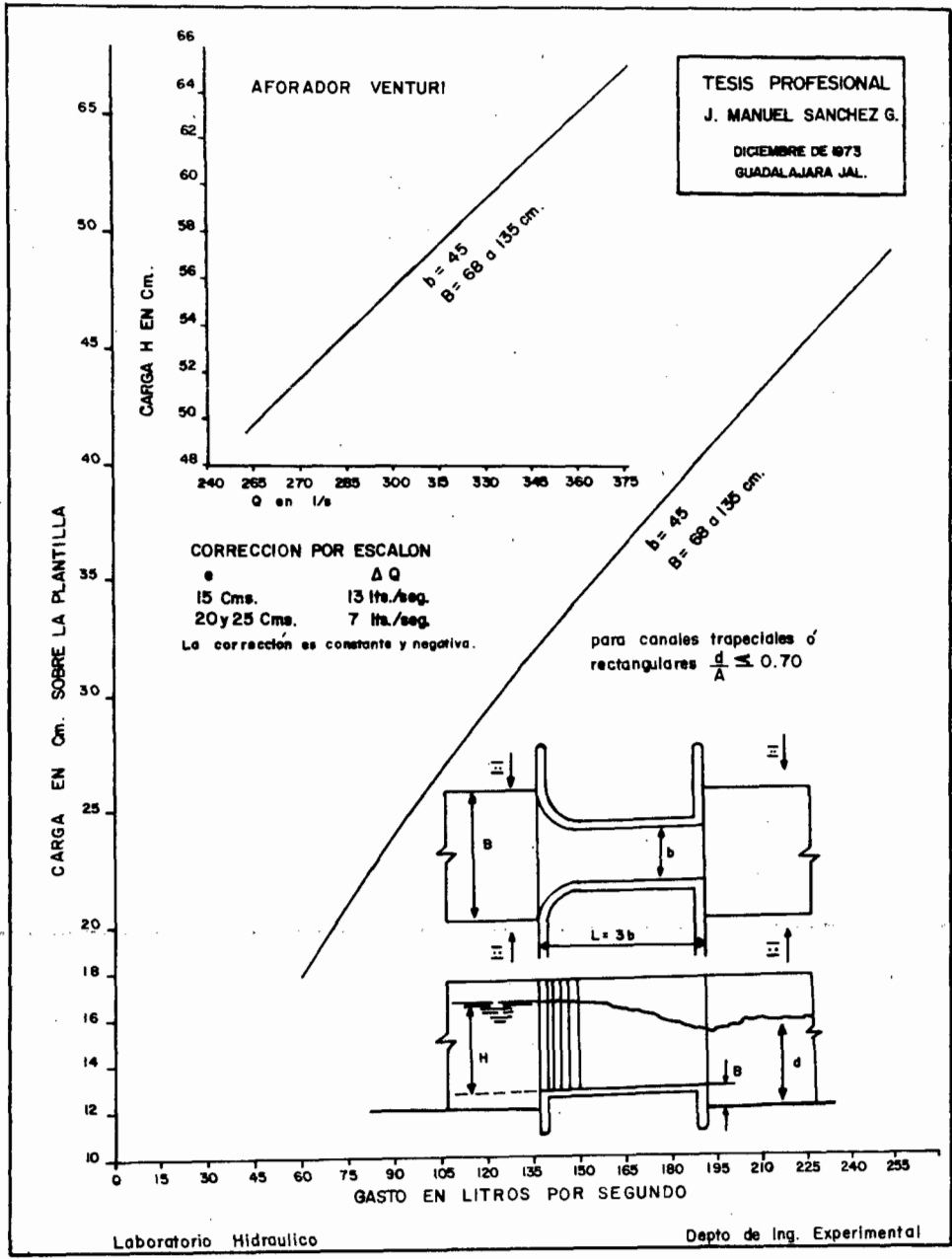
$Q = 76 \times 150 = 114 \text{ l.p.s.}$

Ejemplo 2- Para h = 14 cm. y L = 0.90 m.

$Q = 96 \times 0.9 = 86.4 \text{ l.p.s.}$



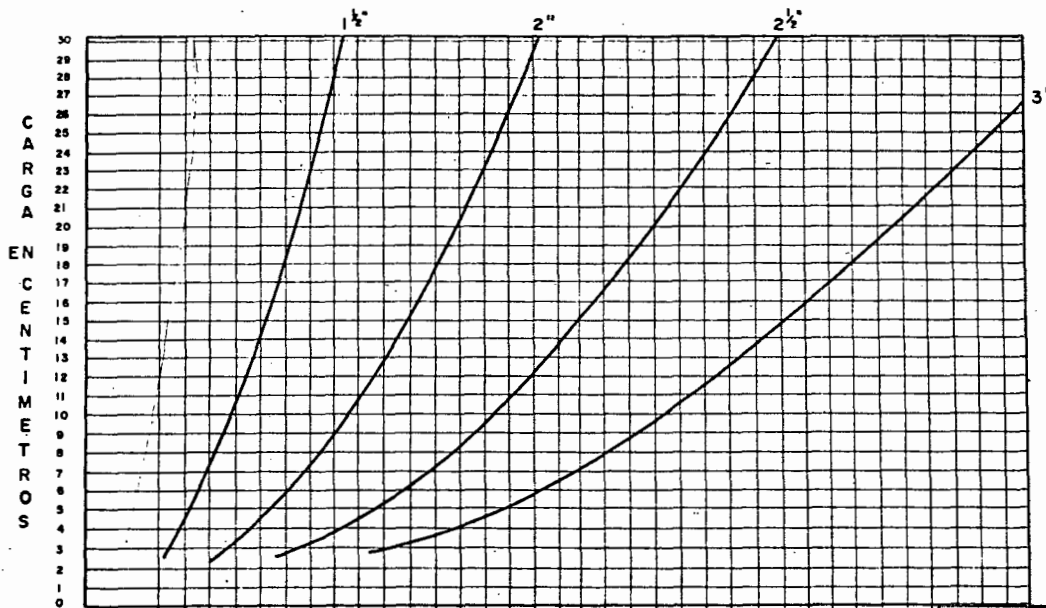




GASTO A TRAVES DE SIFONES



DIAMETROS



LITROS POR SEGUNDO

HRC/anm.

TESIS PROFESIONAL
J. MANUEL SANCHEZ G.

DICIEMBRE DE 1973
GUADALAJARA JAL.

C A P I T U L O I I I
I N S T A L A C I O N D E E S T R U C T U R A S H I D R A U L I C A S .

3.1 COSTOS DE INSTALACION.

Resulta sumamente difícil tratar de los costos de instalación de las estructuras aforadoras en un sentido rígido, ya que éstos dependen en gran parte del costo de la mano de obra, así como el de los materiales de construcción, puesto que son estos costos muy variables según la zona del país en que se pretendan instalar dichas obras.

En el presente trabajo se incluye un análisis del costo de instalación de la estructura que más se ha usado para fines de medición del agua a nivel de tomas-granja en el estado de Jalisco, tomando como base los costos actuales en la unidad de riego de Ameca, Jalisco.

Presupuesto del costo de instalación de un medidor tipo Venturi Tecamachalco construido en la unidad de riego de Ameca, Jalisco.

Cuando a la salida de la toma original exista ya una estructura a la cual se le pueda adaptar el medidor, el presupuesto será el que a continuación se especifica.

1. PRESUPUESTO ORIGINAL

1.1 MEDIDOR.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO
Cemento	2 sacos	\$ 38.00
Fierro	1 varilla 3/8"	22.00
Arena	1/2 m ³	15.00
Grava	1/2 m ³	15.00
Devaluación de formas		15.00
Mano de Obra	1 albañil 2 días	90.00
	2 peones 2 días	<u>120.00</u>
	SUB-TOTAL:	315.00

1.2 TRANSICIONES

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO
Cemento	3 sacos	\$ 57.00
Arena	1/2 m ³	15.00
Piedra	1 m ³	20.00
Tabique	100	25.00
Mano de obra	1 albañil 2 días	60.00
	1 peón 2 días	60.00
	1 peón 1 día	30.00

SUB-TOTAL: \$ 297.00

T O T A L: \$ 612.00

3.2 MATERIALES USADOS EN SU CONSTRUCCION.

TIPO DE ESTRUCTURA	MATERIALES USADOS
Vertedores rectangulares	Mampostería. Concreto. Tabiques. Bloques. Lámina.
Vertedores triangulares	Tabiques con mortero de cemento. lámina. Concreto.
Vertedores trapezoidales y cipoletti	Lámina. Concreto. Tabiques con mortero de cemento.
Vertedores ahogados.	Mampostería. Concreto. Tabiques revestidos con mortero de cemento.
Perfil de cimacio	Concreto Mampostería
Vertedores de cresta delgada y de cresta ancha.	Mampostería. Concreto. Tabiques cubiertos
Vertedor tipo Guamuchil	Concreto. Madera.
Vertedor tipo Celaya	Concreto. Tabiques. Bloques. Precolado de concreto
Orificios en pared delgada o biselados	Precolado de concreto. concreto
Orificios en pared gruesa	Tabiques. Bloque de concreto. Concreto.
Orificio tipo mayo	Tabiques. Bloque de concreto. Concreto

TIPO DE ESTRUCTURA	MATERIALES USADOS
Orificios con carga variable.	Tabiques. bloques de concreto. Concreto.
Compuerta de doble control (caja medidora y toma)	Concreto. Tabiques. Bloques de concreto. Madera. Lámina de fierro.
Orificios tipo ahogados	Concreto. Tabiques. Bloques de concreto.
Conducto aforador Parshall	Mampostería. Madera. Tabiques. Bloques de concreto
Medidor venturi	Mampostería. Tabiques. Bloques de concreto. Precolados de concreto. Madera. Lámina de fierro.
Placas sumergidas con orificios	Lámina de fierro. Lámina de acero Lámina de aluminio.
Cañerías W.S.C.	Lámina de metal. Madera. Hormigón. Tabiques.
Tubos de Sifón	Aluminio. Plástico. Hule.

C A P I T U L O I V
CALIBRACION DE ESTRUCTURAS AFORADORAS.

4.1 CORRECCION EN SU INSTALACION.

Una vez instalada cualquier tipo de estructura aforadora, hay que verificar que esté funcionando correctamente; es decir, que esté proporcionando aforos con resultados satisfactorios de lo contrario hay necesidad de realizar una serie de cambios o modificaciones para compenzar o eliminar el error que se detecte y de esta manera conseguir la corrección en su instalación; puesto que el buen funcionamiento de una estructura aforadora no sólo depende de un tamaño adecuado, sino que también es muy importante su correcta instalación, para ello es necesario conocer de antemano las características de funcionamiento de cada estructura así como la pérdida de carga que origina para lograr una correcta elevación de la cresta sobre la plantilla del canal, pues se corre el riesgo de colocar la estructura demasiado bajo haciendo que aún para gastos pequeños trabaje con sumersión o ahogamiento, o bien demasiado alto, con lo que, además de elevar innecesariamente el tirante aguas arriba de la estructura se aumenta excesivamente la velocidad en la salida, lo que origina problemas en el mantenimiento de las obras de riego.

Lo que se pretende al hablar de corrección en la instalación de estructuras es hacer coincidir las características tanto de la estructura como topográficas de operación con las características con que se diseñó y calibró cada estructura en laboratorio.

El método más usual para realizar calibraciones de estructuras aforadoras consiste en utilizar pequeños incrementos constantes en el gasto (medido este con molinete cualquier otro dispositivo hidráulico), y tomando lecturas en la escala con que cuenta cada estructura; de esta manera se logra la elaboración de una curva de gasto para cada tipo de estructura con la que se consigue obtener lecturas inmediatas y directas.

4.2 AJUSTE EN EL COEFICIENTE DE GASTO.

Es de suma importancia realizar calibraciones de ajuste en el coeficiente de gasto después de instalada cualquier estructura aforadora.

Todos los tipos de estructuras cuentan con un coeficiente de gasto con el que en laboratorios de hidráulica fueron diseñados, estos coeficientes tienen más o menos ligeras variaciones según condiciones de instalación, funcionamiento, materiales de construcción, etc.

El ajuste en el coeficiente de gasto se logra mediante mediciones comparativas con otros dispositivos hidráulicos y métodos de aforo como es mediante molinetes, medidores totalizadores, etc. de esta manera se consigue el verdadero coeficiente de gasto ya ajustado que es el que para fines prácticos se deberá aplicar.

C A P I T U L O V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Algunas de las conclusiones y recomendaciones que se pueden elaborar después de haber analizado cada una de las estructuras aforadas más usadas son las siguientes:

1.- En todas las zonas de riego y más aún en las que el agua representa un factor limitante se deben instalar las estructuras aforadoras más adecuadas para lograr un mejor uso y manejo del agua y por consiguiente una mayor eficiencia de la misma; evitando de esta manera también otros problemas como son: aplicación excesiva de agua, desperdicios innecesarios de agua, erosión del suelo, encharcamientos, salinidad, pérdidas por lixiviación de los nutrientes del suelo, etc.

2.- Dado que las condiciones topográficas edafológicas y económicas son muy diversas, se deben considerar de utilidad todos los tipos de estructuras aforadoras.

3.- Para cada zona de riego, con sus características propias y bien definidas se debe elegir el tipo de estructura que proporcione los aforos más precisos con el fin de lograr una mayor eficiencia en la medición de gastos entregados a los usuarios.

4.- Debe tenerse muy en cuenta que para que una estructura aforadora funcione correctamente es indispensable que esta funcione en el campo con características lo más semejante posible a las que se utilizaron para su diseño en los laboratorios de hidráulica.

5.- Para la construcción de las estructuras aforadoras se deben utilizar los materiales adecuados que se encuentren más cercanos al lugar de construcción, ya que los acarreos lejanos elevan los costos de las estructuras haciendo en ocasiones prohibitiva su instalación.

6.- Es recomendable de ser posible dotar de una escala de gasto a cada una de las estructuras aforadoras para obtener lecturas de gas to directas.

7.- En todas las zonas de riego se debe procurar uniformizar - las estructuras con el fin de que los técnicos encargados de su funcionamiento tengan mayor facilidad para realizar los aforos corres - pondientes; así como para uniformizar criterios en función de un de- terminado tipo de estructura.

B I B L I O G R A F I A .

- Samuel Trueba Coronel Hidráulica-
9a. Impresión.
Editorial CECSA.
- Colección de Ingeniería Medición del agua de riego
de Suelos. Tomo 5. Servicio de Conservación de suelos
Departamento de agricultura de los
Estados Unidos de América.
Editorial DIANA.
- Horace Williams King. Manual de Hidráulica.
4a. Edición.
Editorial UTEHA"
- Secretaría de Recursos Expediente de estructuras aforado-
Hidráulicos. ras. 1970.
- Secretaría de Recursos Instrucciones generales para la lo-
Hidráulicos. calización y diseños de los cana-
les de riego y sus estructuras.
1a. Edición.
1950.
- Secretaría de Recursos Utilización de las compuertas de -
Hidráulicos las bocatomas y represas como es -
estructuras aforadoras.
Memorandum Técnico No. 196
1963.
- Secretaría de Recursos Laboratorio de Hidráulica de Teca-
Hidráulicos. machalco.
- Secretaría de Recursos Revista Ingeniería en México.
Hidráulicos.
- Palacios Velez E. Como, Cuando y Cuanto regar.
Memorandum Técnico, S.R.H.