

MEDICION DE CAUDAL - HIDROLOGIA AMBIENTAL

1) INTRODUCCION

El caudal es la cantidad de agua que fluye por unidad de tiempo por un conducto abierto o cerrado como un río, riachuelo, acequia, una canal o una tubería.

La hidrometría permite medir determinar el caudal del agua que fluye sobre alguna de estas estructuras donde ejemplos aplicados a esto podrían verse en la entrada o salida de agua en una planta de tratamiento, la que se consume en una ciudad, industria, etc.

Es de suma importancia conocer el caudal que fluye por una determinada fuente ya que ese caudal fluctúa según las épocas del año y las condiciones meteorológicas

2) OBJETIVOS

- Estimación del caudal de una acequia ubicada dentro de la UNALM mediante los métodos del flotador y del correntómetro.
- Comparar los dos métodos de medición de caudales utilizados en la práctica.

3) REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAUDAL

El caudal corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (canal, tubería, entre otros) en una cierta cantidad de tiempo, o sea, corresponde a un volumen de agua (Litros, Metros Cúbicos, etc.), por unidad de tiempo (Segundos, Minutos. Horas, etc.).

Es la cuantificación del caudal de agua que pasa por la sección transversal de un conducto (río, riachuelo, canal, tubería) de agua; también se le conoce como aforo caudal de agua. Para cuantificar el caudal de agua se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V \quad (1)$$

Donde:

Q = Caudal o Gasto (m³/s)

A = Área de la sección transversal (m²)

V = Velocidad media del agua en la sección hidráulica (m/s)

METODOS PARA MEDICION DE CAUDALES:

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

- Método del flotador
- Método del correntómetro
- Método volumétrico
- Método de la trayectoria

Aquí desarrollaremos los dos primeros métodos ya que fueron estos lo empleados en la práctica:

Método del flotador:

El método del flotador se utiliza en los canales y acequias y da solo una medida aproximada de los caudales. Su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son los estimados de caudal siendo necesario el uso de otros métodos cuando se requiere una mayor precisión. En este método, de igual manera, se utilizan los valores promedio de las variables determinadas.

Pasos:

a) Primer paso: Seleccionar el lugar adecuado.

Se selecciona en el río o canal un tramo uniforme, sin piedras grandes, ni troncos de árboles, en el que el agua fluya libremente, sin turbulencias, ni impedimentos, que sea recto y de sección transversal uniforme, de alrededor de 3 metros de largo, donde el agua escurra libremente.

b) Segundo paso: Medición de la velocidad.

En el tramo seleccionado ubicar dos puntos, A (de inicio) y B (de llegada) y medir la distancia, una persona se ubica en el punto A con el las boyas y otra en el punto B con el reloj o cronómetro. Se medirá el tiempo de recorrido del flotador del punto A al punto B. Se recomienda realizar un mínimo de 3 mediciones y calcular el promedio. La velocidad de la corriente de agua del río se calcula con base en la siguiente:

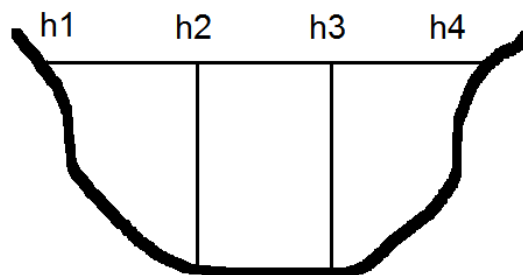
$$v = \frac{\text{Longitud}(AB)}{\text{tiempo} - \text{recorrido}}$$

c) Tercer paso: Medición del área de la sección transversal del río.

En el tramo seleccionado, ubicar la sección o el ancho del río que presente las condiciones promedio y en la que se nos facilite la medición del área transversal.

Un método práctico, con aceptable aproximación para calcular el área transversal, es tomar la altura promedio.

Esto consiste en dividir el ancho del río, en por lo menos, cuatro partes y medir la profundidad en cada punto para luego calcular el promedio. Así como se ve en la figura.



Una vez se ha determinado el valor promedio de la profundidad, se procede a realizar la medición del espejo de agua del canal. Éste se divide en las partes que se midieron para determinar las alturas.

En este caso, de acuerdo a la figura: $\frac{T}{3}$

Luego se calcula el área para cada tramo, usando el método del trapecio:

$$A_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} T_1$$

Y por último se calcula el área total de la sección en estudio.

d) Cuarto paso: Cálculo del Caudal del río.

Con los datos obtenidos se procede a calcular el caudal del río, QR, con base en la siguiente ecuación:

$$Q_R \text{ (m}^3\text{/s)} = K \times \text{Velocidad (m/s)} \times \text{Area (m}^2\text{)}$$

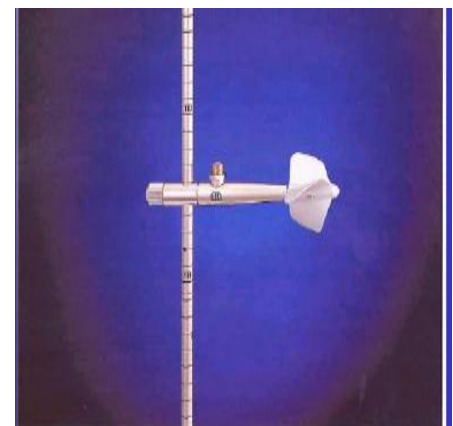
Donde K es un factor de corrección relacionado con la velocidad. El valor de K se debe seleccionar de acuerdo al tipo de río o canal y a la profundidad del mismo, de conformidad con la tabla:

<i>Tipo de Canal o río</i>	<i>Factor K</i>
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15 cm.	0,8
Canal de tierra, profundidad del agua > 15 cm.	0,7
Río o riachuelo, profundidad del agua > 15 cm.	0,5
Ríos o canales de tierra, profundidad del agua < 15 cm.	0,25 -0,5

El valor promedio obtenido del caudal de la fuente de agua estudiada permitirá no sólo conocer el volumen de agua del que se dispone por unidad de tiempo, información importante a la hora de tomar decisiones sobre posibles proyectos productivos, si no, además, conocer, de manera cuantitativa, las características del líquido, antes de su uso, o su vocación de uso. Para ello se requiere realizar estudios de calidad del agua de la fuente, adicionales a los estudios del caudal.

Método del correntómetro

En este método la velocidad del agua se mide por medio de un instrumento llamado correntómetro que mide la velocidad en un punto dado de la masa de agua. Existen varios tipos de correntómetros, siendo los mas empleados los de hélice de los cuales hay de varios tamaños; cuando más grandes sean los caudales o más altas sean las velocidades, mayor debe ser el tamaño del aparato. Cada correntómetro debe tener un certificado de calibración en el que figura la formula para calcular la velocidad sabiendo él numero de vueltas o revoluciones de la hélice por segundo.



El método del correntómetro o del molinete hidráulico.

Esta constituido por una rueda con aspas que gira al ser sumergido en una corriente de agua. Pueden ser de dos formas:

- Molinete de cazoletas
- Molinete de hélices

Para medir la velocidad de una corriente lo recomendable es instalar el molinete debajo del espejo de agua a 0.6m del tirante medido desde la superficie.

El principio radica en el número de revoluciones por unidad de tiempo

En algunos casos el instrumento viene con una ecuación en función de la velocidad:

$V = a + bN$, donde N es el número de revoluciones.

Los más actuales nos indican directamente la velocidad.

4) MATERIALES Y METODOS

Materiales

- Wincha o cinta medidora
- Reloj o Cronómetro
- Botas
- Un objeto flotante, en este caso 3 boyas (10 cm de diámetro aprox.)

Métodos

Método del flotador

- 1) *Se selecciona en nuestra zona un tramo que sea uniforme, sin piedras grandes ni arbustos que puedan interferir para que el agua fluya de manera libre, sin turbulencias ni impedimentos.*
- 2) *En nuestro tramo seleccionado debemos ubicar dos puntos, (A) de inicio (B) de final y medir la distancia que para nuestro caso será 5 metros.*



- 3) *Ubicar las boyas o cuerpos flotantes en nuestro punto inicial, con lo cual mediremos el tiempo en el cual estas demoran en llegar hacia el punto B. Para ello mínimo se debe realizar tres repeticiones.*

Con ello podremos determinar la velocidad de la corriente de agua:

Velocidad = Distancia A-B / tiempo recorrido



- 4) *Se prosigue a medir el área transversal del canal, un método aceptable para calcular la aproximación del área transversal es tomar la altura promedio, en este caso h1, h2, h3 y h4.*

Consiste en dividir el río en por lo menos tres partes y medir la profundidad en cada punto para luego calcular el promedio

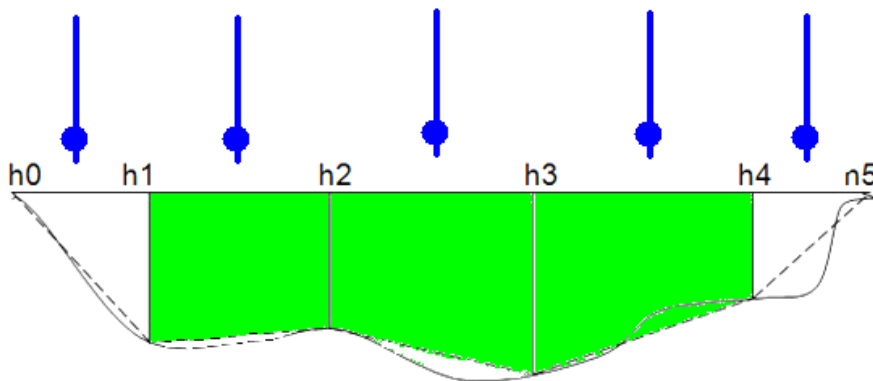
- 5) *Luego de haber calculado la profundidad del río se procede a la medición del ancho de éste.*

- 6) *Finalmente se procede a calcular el caudal del río, Q_R , con base en la siguiente ecuación:*

$$Q_R (m^3/s) = K \times Velocidad (m/s) \times Area (m^2)$$

Método del correntómetro

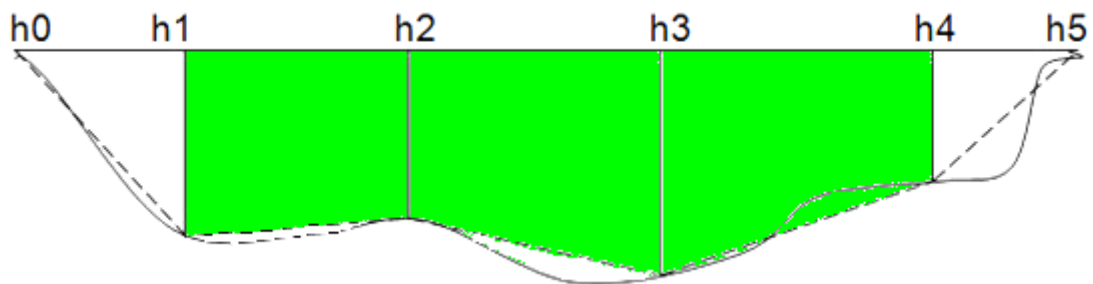
- 1) *Similar al método anterior, con la diferencia de que no se utilizarán boyas para determinar la velocidad, sino que por medio del instrumento "correntómetro" se medirá la velocidad instantáneamente en los diferentes puntos del tramo del canal en estudio.*
- 2) *El correntómetro se deberá sumergir aproximadamente el 60% de la profundidad del canal.*
- 3) *Longitudinalmente, las medidas se realizarán tanto en el inicio, en el centro como en el final del tramo del canal en estudio. Y Transversalmente, las medidas se realizarán en el punto medio de las partes en que se ha dividido el espejo de agua del canal. Así como se ve en la figura.*



5) RESULTADOS

Método del flotador

Sección del canal de la acequia de la UNALM:



Datos de la sección del canal:

Ancho de la sección transversal(m)	2.7
Distancia de h0-h1=0.15m y de h4-h5=0.15m	0.3
Espejo de agua (T) (m)	2.4
Tramo o distancia AB (m)	5

Alturas (cm):

H1	H2	H3	H4
20	38	39	13
25.2	40	40	16
25	45	44	14

Promedio (cm) ---->	23.4	41	41	14.3
Promedio (m) ----->	0.234	0.41	0.41	0.143

Tiempo:

	Tiempos de las boyas (s)
	6.5
	7.33
	7.36
	7.26
	6.49
	6.92
	7.09
Promedio--->	7

Velocidad de la corriente:

$$v = \frac{\text{tramoAB}}{t}$$

$$v = \frac{5m}{7s} = 0.7143 \frac{m}{s}$$

Cálculo del área de la sección de estudio:

1. Se calcula el espejo de agua (T) para luego ser dividido entre los tramos (h) en que se ha dividido el ancho del canal.

$$\frac{T}{3} = \frac{2.4m}{3} = 0.8m$$

2. Se calcula el área para cada tramo, usando el método del trapecio.

$$A_1 = \frac{h_0 + h_1}{2} T_1$$

- $A_1 = \frac{0.234 + 0.41}{2} \times 0.8 = 0.2576m^2$
- $A_2 = \frac{0.41 + 0.41}{2} \times 0.8 = 0.328m^2$
- $A_3 = \frac{0.41 + 0.143}{2} \times 0.8 = 0.2212m^2$

3. Calculando el área total:

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 = 0.8068m^2$$

Cálculo del caudal

1. Utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_R \text{ (m}^3\text{/s)} = K \times \text{Velocidad (m/s)} \times \text{Área (m}^2\text{)}$$

Dado que el canal es de tierra, con una profundidad mayor a 15 cm, el factor de corrección será igual a: **K=0.7**

2. $Q = k\left(\frac{V}{t}\right) = k\left(\frac{AxL}{t}\right) = 0.7\left(\frac{0.8068m^2 \times 5m}{7s}\right) = 0.4034 \frac{m^3}{s}$

V: volumen

t : tiempo
L: longitud del tramo
A: área

$$3. Q = k(vxA) = 0.7(0.7143 \frac{m}{s} \times 0.8068 m^2) = 0.4034 \frac{m^3}{s}$$

V : velocidad
A: área

MÉTODO DEL CORRENTÓMETRO

Datos del correntómetro:

valores de correntómetro (m/s)	
	0.5
	0.5
	0.4
	0.5
Promedio--->	0.475

Cálculo el caudal:

$$Q = vxA = 0.475 \frac{m}{s} \times 0.8068 m^2 = 0.3832 \frac{m^3}{s}$$

6) DISCUSIONES

- Para calcular ambos datos el operador debe medir el área, por lo que las diferencia entre ambos radica en las velocidades que tanto el operador como el instrumento captan.

- Si bien observamos que el método de los flotadores nos puede dar un buen resultado comparándolo con el método del correntómetro, el primero tiene más probabilidad de error ya que muchos datos dependen de las facultades del operador, pudiendo así obtener un resultado no tan exacto y serían necesarias muchas repeticiones para poder tener un nivel de confiabilidad aceptable y para homogeneizar éstos.
- El caudal obtenido por el método del correntómetro, resulta menor, debido a que la corriente ha estado obstruida por un obstáculo en el tramo de medición.

7) CONCLUSIONES

- Se obtiene un mayor caudal con el método del flotador, 0.5763 m³/s; con respecto al método del correntómetro 0.3631m³/s.
- Con el método del correntómetro se pueden obtener mediciones instantáneas y más reales, que en el método del flotador. Asimismo, según la experiencia, se concluye que el método del correntómetro es mucho más práctico que el método de los flotadores, dado que el tiempo que demanda la determinación del caudal con el primero es menor que el empleado con el segundo.
- Con ambos métodos se obtienen resultados relativamente similares, por lo que se concluye que el método de los flotadores constituye una buena alternativa cuando no se cuenta con un correntómetro para la determinación del caudal.
- Otras razones para no usar el correntómetro son cuando existe una excesiva velocidad del agua, presencia de muchos cuerpos extraños, cuando peligran el operador, o corre riesgo de daño el correntómetro.
- Para usar el método de los flotadores necesitamos que la zona donde vamos a medir sea recta para poder calcular las áreas de manera más exacta, así también recomendamos la mayor cantidad de flotadores para tener una mayor proporción de datos

8) BIBLIOGRAFÍA

- VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Agrícola. Segunda edición. Lima, Perú.
- CHOW, Ven Te; Hidrología aplicada. Mc Graw Hill. Colombia, 1994.

- MONSALVE, Germán; Hidrología en la Ingeniería.
- http://www.cvc.gov.co/web_cvc/Mosaic/dpdf2/volumen13/1-MPpag1-165.pdf
- http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/Vera_H_L/Cap3.pdf