



Universidad Nacional de Misiones

CÁTEDRA DE HIDRÁULICA APLICADA (CI453)

Ing. José A. Serra – Ing. Juan C. Pereira

AFOROS EN CURSOS DE AGUA

Definiciones:

- 1- **Hidrometría**, ciencia que trata de la medición y análisis del agua incluyendo métodos, técnicas e instrumentos utilizados en hidrología;
- 2- **Nivel de agua**, altura del agua de los ríos en la sección en que se mide;
- 3- **Velocidad**, relación del espacio recorrido por el agua de las corrientes en un tiempo determinado. Se puede hablar de velocidad media, superficial o a diferentes profundidades. Se expresa en m/seg;
- 4- **Gasto o caudal**, volumen de agua que pasa por determinada sección transversal del cauce del río en un intervalo de tiempo y se expresa en m³/s o Ltr/s;



5- Crecida, aumento del caudal del río debido a la intensidad o frecuencia de las precipitaciones. Puede durar horas o días;

6- Aforar. significa determinar a través de mediciones, el caudal que pasa por una sección dada y en un momento dado;

7- Aforo, conjunto de operaciones para determinar el caudal en un curso de agua para un nivel observado. Su objetivo es correlacionar el nivel de agua con el caudal o gasto para obtener la curva de descarga o calibración;

8- Estiaje, nivel bajo que tiene el agua del río;

9- Año hidrológico, periodo de doce meses que comprende un ciclo hidrológico completo partiendo del mes en que se observan los valores mínimos;

10- Sección de control, sección que se establece en el cauce a fin de regular la curva altura-caudal;

11- Flotador, elemento natural o artificial que esté en condiciones de flotar, el cual puede ser arrastrado por las aguas ya sea parcial o totalmente sumergido en ella.



MÉTODOS DE AFOROS

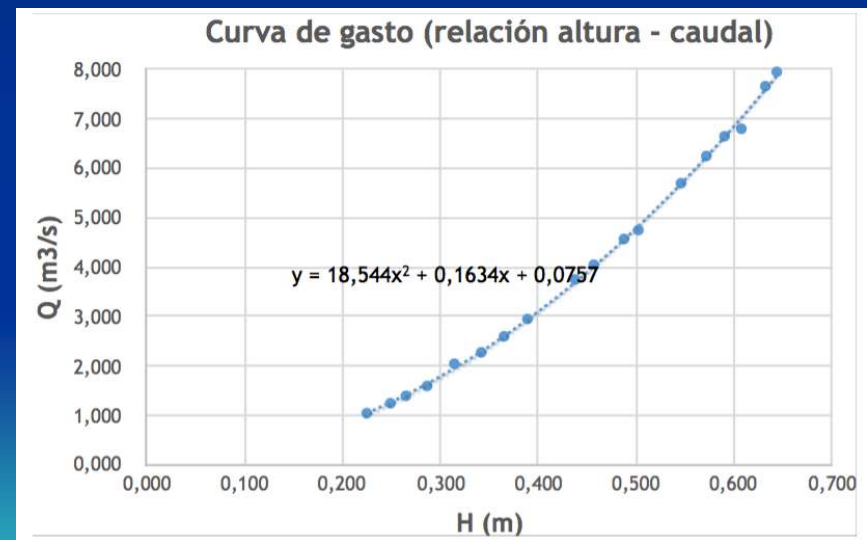
A) INDIRECTOS → Variable auxiliar “h” →

$$(Q=f(h))$$

Ej.: Curva de Gastos o
Curva de Tarado

(siempre que el caudal que circula solo depende del nivel de las aguas dentro del tramo que le limita)

Régimen de Semimódulo.



MÉTODOS DE AFOROS

PERO!!

si el caudal que circula depende también del nivel de AGUAS ABAJO

NO estamos en Régimen de Semimódulo!!

Ej.: Los canales cuyas pendientes están generalmente limitadas para mejorar su rendimiento y poseen compuertas, entonces →

Variables auxiliares “h”, “i” → Familia de Curvas!

$$(Q=f(h, i))$$

(para lograr semimódulo debemos independizar los tramos aguas arriba de aguas abajo, artificialmente con vertederos o provocadores de resalto)



ESTACIÓN DE AFOROS

LA **ESTACIÓN DE AFOROS** NORMAL QUE ESTUDIAREMOS ES LA INSTALADA EN EL SEMIMÓDULO, EN UN CAUCE NATURAL O ARTIFICIAL ADECUADO.



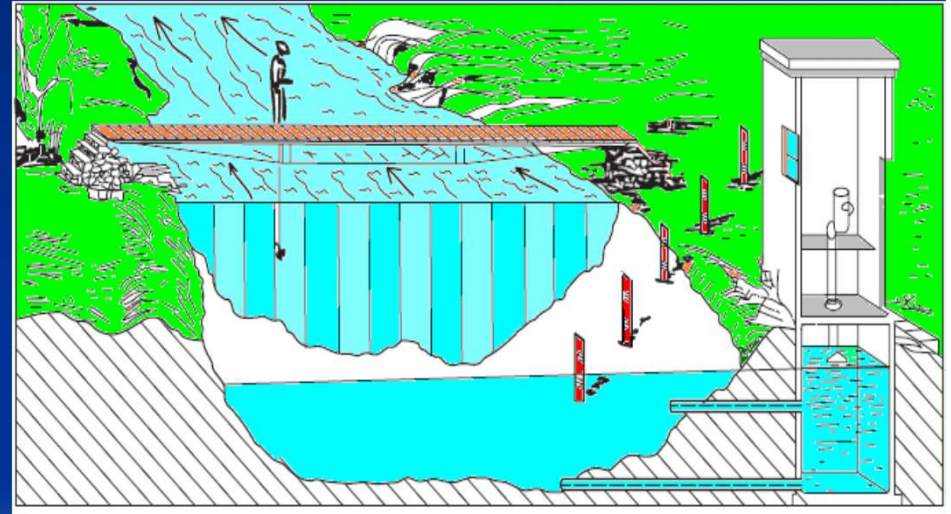
CONDICIONES DE EMPLAZAMIENTO



ESTACIÓN DE AFOROS

CONDICIONES DE EMPLAZAMIENTO

- 1 Tramo recto del curso de agua (al menos aguas arriba);
- 2 **Cauce bien definido (tanto en estiaje como en crecidas sin desbordamientos);**
- 3 Lecho impermeable (limitar caudal base);
- 4 **Poca variabilidad por erosión o sedimentación;**
- 5 Buen emplazamiento para la escala cerca de la sección de control;
- 6 **Secciones adecuadas para aforos directos en cualquier momento (por ejemplo en crecidas o estiaje);**
- 7 Buena comunicación, cercanía a poblados, vigilancia eficaz;



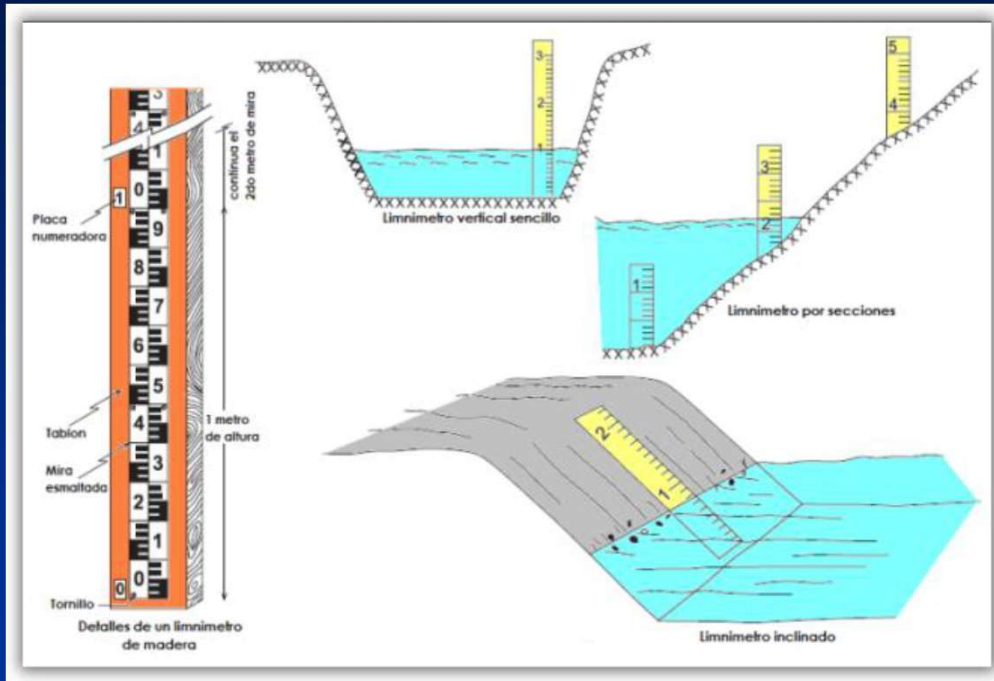
MÉTODOS DE AFOROS

A) INDIRECTOS → Variable auxiliar “h” →
($Q=f(h)$)

- Este tipo de medición de caudales se realiza mediante:

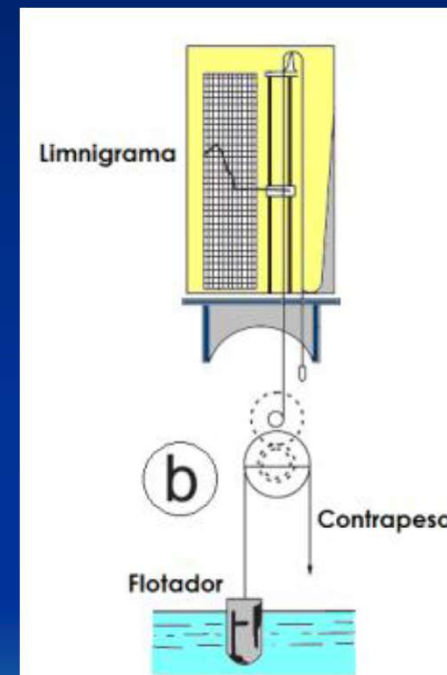
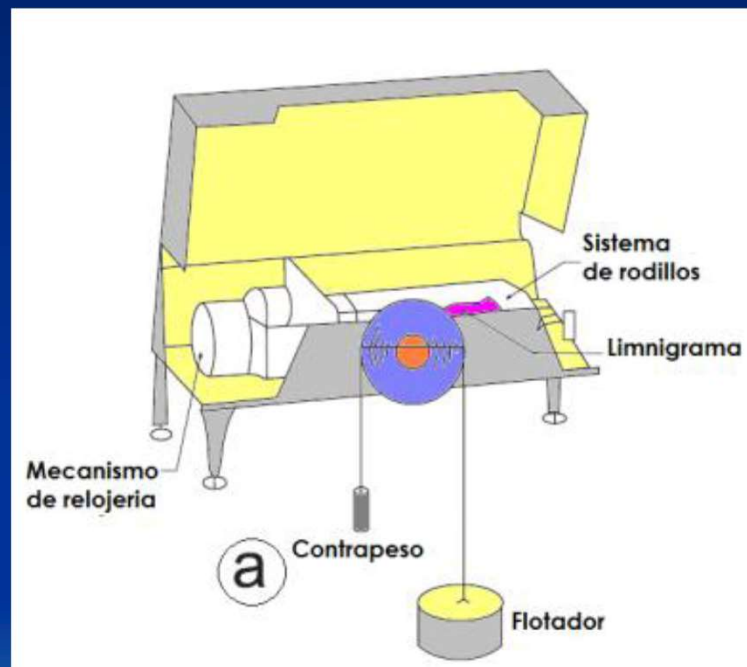
A-1 Limnímetros: son escalas graduadas en centímetros firmemente sujetados en el lecho y dentro de una sección de control; están destinados a la observación directa del nivel de agua de los ríos por un operario que acude diariamente a tomar nota de la altura del agua. Los limnímetros más comunes son los de madera que son colocados normalmente en la orilla de los ríos, de tal manera que el cero de la escala coincida con el fondo del cauce.





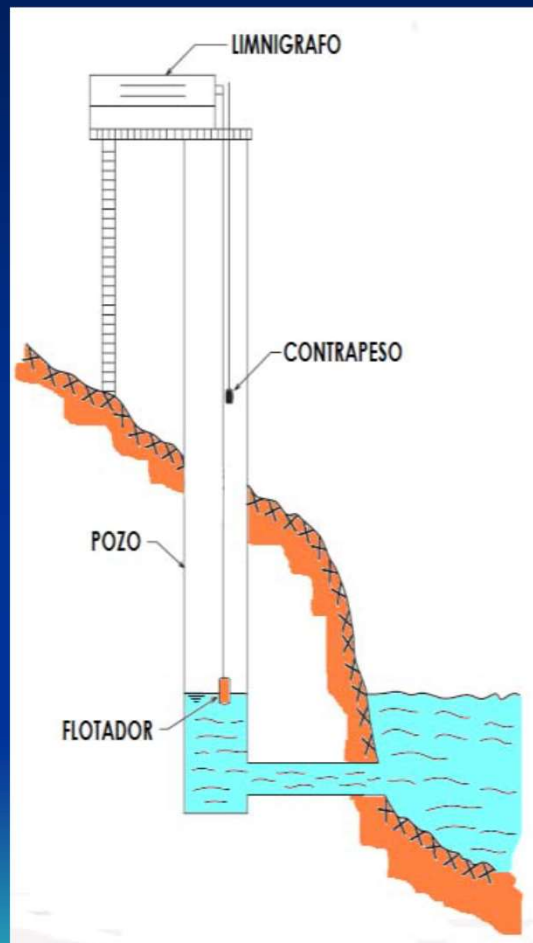
Ubicación y posición de los limnímetros

A-2 Limnógrafos son aparatos que registran continuamente las variaciones del nivel del agua. Son dos los sistemas fundamentales de funcionamiento de estos aparatos: uno basado en el registro del movimiento de un flotador y otro basado en el registro de la variación de la presión del agua.



Limnógrafos de flotador

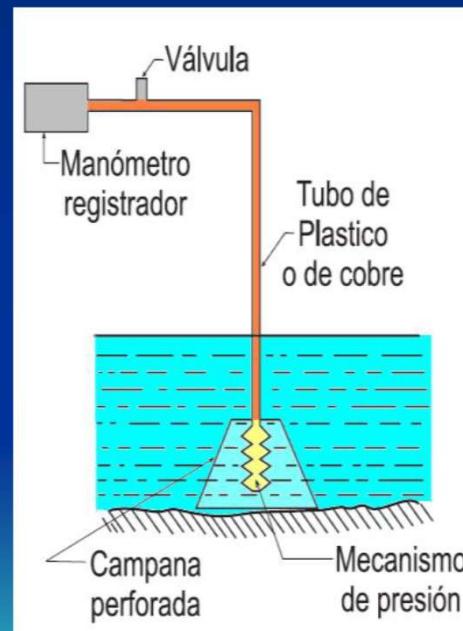
Un aparato registrador tipo flotador requiere de un pozo amortiguador que sirve para proteger el flotador y los cables de contrapeso de los residuos flotantes y de las olas superficiales de la corriente:



Tipos de limnógrafos
(FLOTADOR)

En el caso de los **limnógrafos de presión**, las fluctuaciones del nivel del agua ejercen variaciones de presión sobre diversos mecanismos instalados en el fondo del cauce, según el modelo del aparato, esas variaciones son transmitidas a un manómetro comunicado con el tambor del limnógrafo en el que se registran gráficamente. Este tipo de aparatos no requieren pozo amortiguador y se emplean en ríos con orillas muy tendidas.

Toda instalación de limnógrafo exige una instalación de limnómetro para referencia.



Tipos de limnógrafos
(DE PRESIÓN)

MÉTODOS DE AFOROS

B) DIRECTOS →

Existe un gran número de técnicas o métodos para medir el escurrimiento de un río (hidrometría) en un punto e instante determinado, entre estos métodos se tiene:

B-1 Métodos basados en la medición de la velocidad del agua y área transversal del río;

B-2 Métodos que involucran la construcción de estructuras artificiales (aforadores o vertedores);

B-3 Métodos de aforo por dilución.



B-1 Métodos basados en la medición de la velocidad del agua y área transversal del río



B-1-1 Aforos con flotadores

B-1-2 Aforos con molinete (o correntómetro)

B-1-3 Aforos con medidas de la sección y la pendiente



B-1-1 Aforo con Flotadores

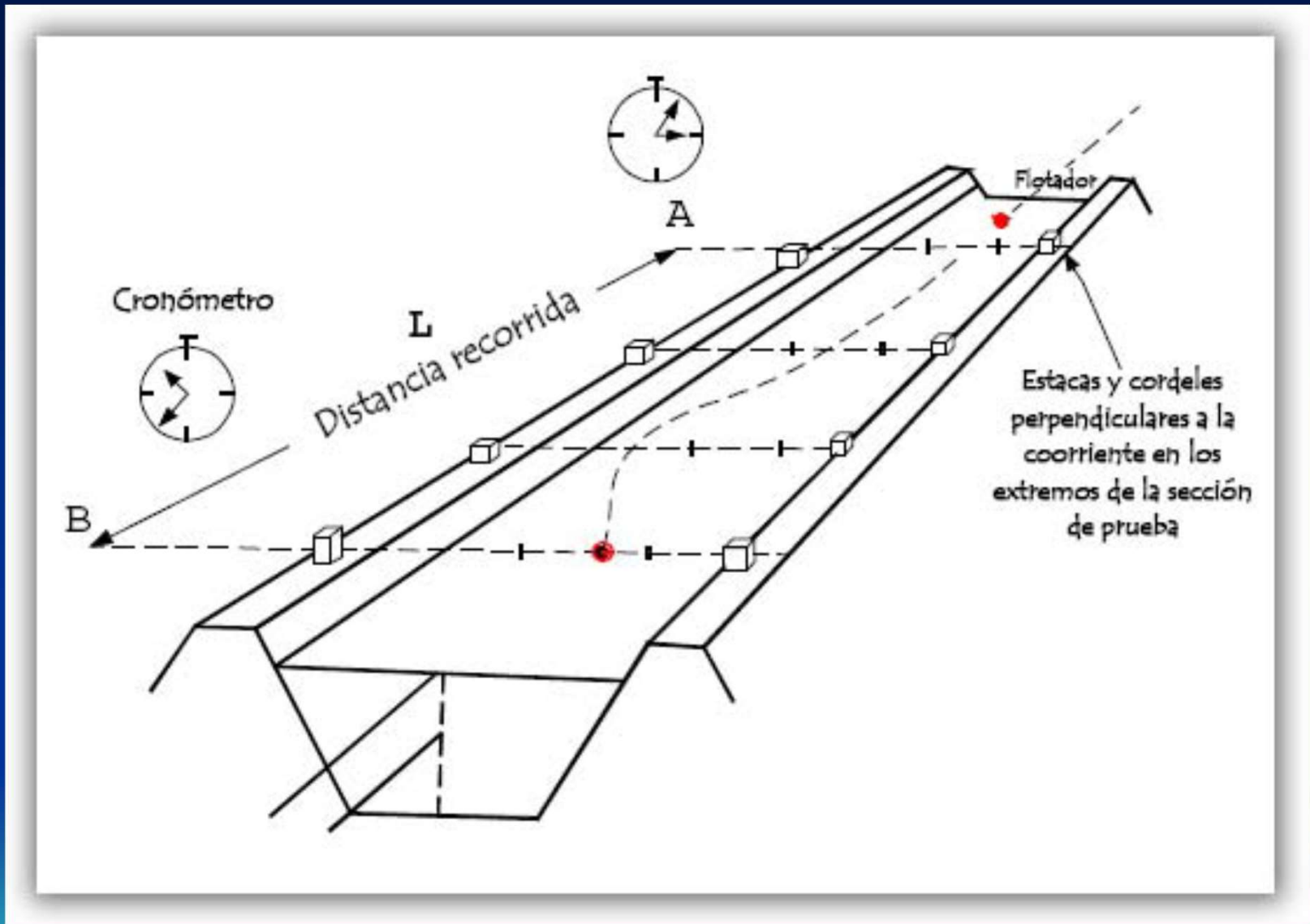
Este método se utiliza para medir la velocidad del agua, no el caudal directamente.

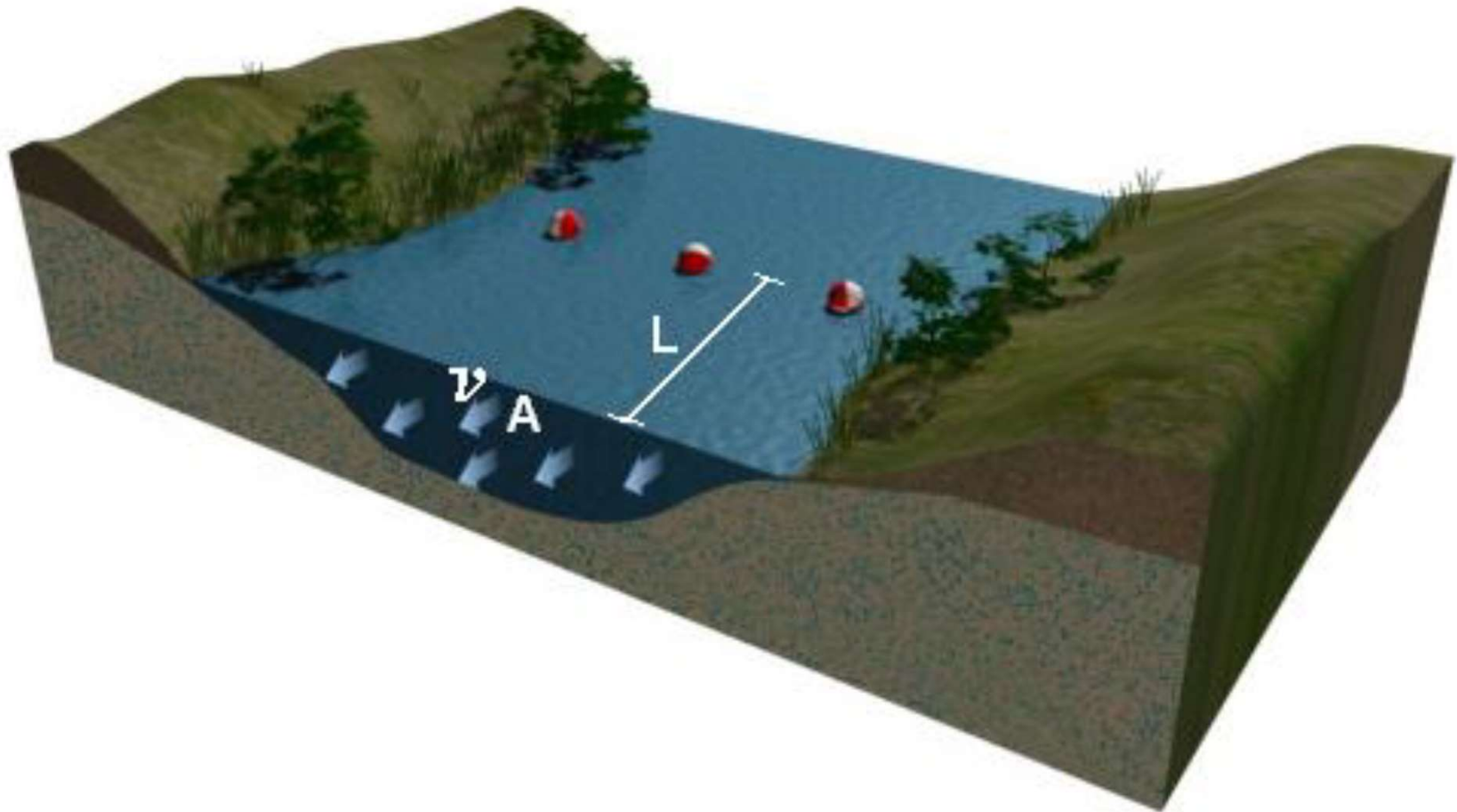
Los flotadores proporcionan una velocidad aproximada de la velocidad de flujo superficial y se utiliza cuando no se requiere gran exactitud o cuando no se justifica la utilización de dispositivos de aforo más precisos.

MÉTODO RUDIMENTARIO!!!

Cualquiera que sea el flotador empleado: botella lastrada, madera, cuerpos flotantes naturales, la velocidad se calcula en función de la distancia recorrida (L) y el tiempo empleado en recorrerla (t). A pesar que la trayectoria recorrida es rectilínea, es conveniente dividir la sección de entrada y de salida del flotador en sub secciones para determinar con la mayor exactitud la trayectoria.







Con este método se pretende conocer la velocidad media de la sección para ser multiplicada por el área, y conocer el caudal, según la ecuación de continuidad:

$$Q = V_s \times A_p \times K$$

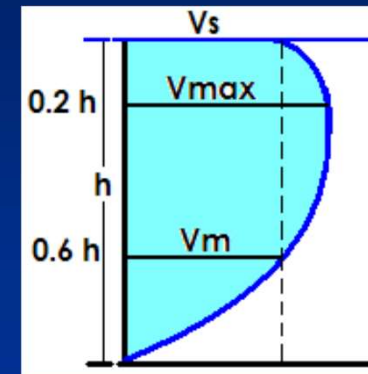
Donde:

Q = Caudal en (m³/s)

V_s = Velocidad Superficial (m/s)

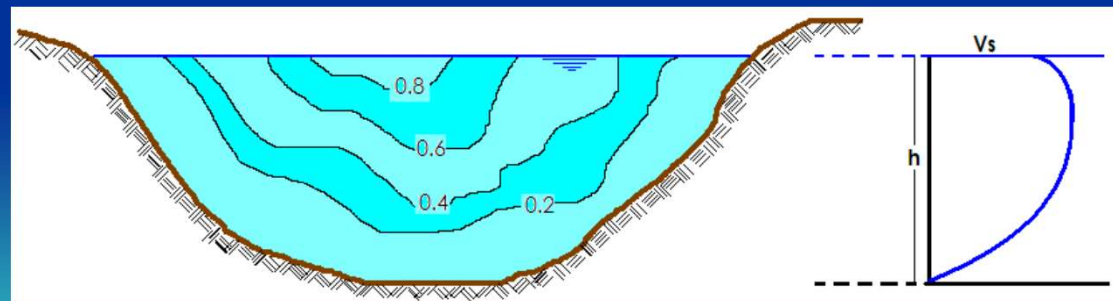
A_p = Área transversal promedio de la sección (m²)

K = Factor de corrección



$K = V_m / V_s \rightarrow 0,8$ (régimen laminar y poca velocidad)

$\rightarrow 1,05$ (régimen turbulento y mucha pendiente)



Características del flotador:

- La parte expuesta al viento debe ser lo más reducida posible, pero el flotador siempre debe estar visible.
- La parte sumergida no debe ser voluminosa, para evitar interferencia con objetos sumergidos.
- Debe ser, en lo posible, simétrico y de preferencia de plantilla redonda, esto con objeto de que al rotar siga ofreciendo la misma resistencia tanto al agua como al aire.
- De fácil manejo resistente a las sacudidas bruscas, sencillo de construir, ligero y económico.
- Fácil de transportar.
- Debe ser pequeño, ya que muchos canales de descarga tienen poca Profundidad
- Deben adquirir una velocidad cercana a la velocidad de la corriente de agua y esto sólo se consigue si es ligero y está expuesto al viento.



Procedimiento aforo con flotadores:

1.-Determinación de la velocidad:

Medir la longitud (L) del tramo **AB**.

Medir con un cronómetro el tiempo (t), que tarda en desplazarse el flotador (botella lastrada, madera, cuerpo flotante natural) en el tramo **AB**.

Calcular la velocidad superficial:

$$V_s = L / t$$

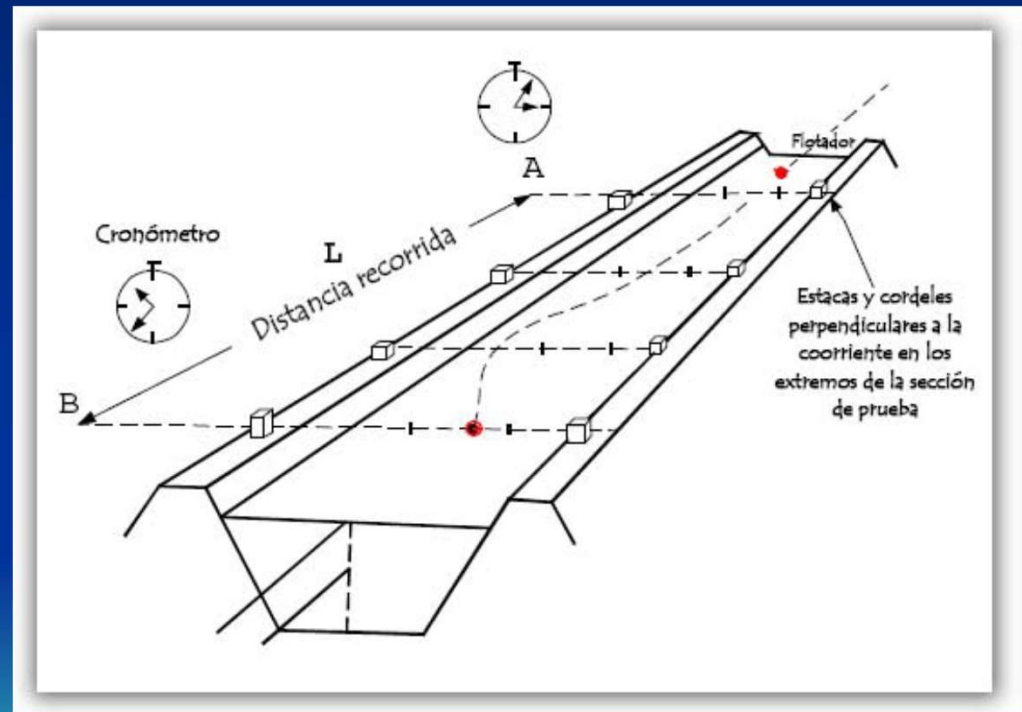
2.-Cálculo del área promedio del tramo:

Calcular el área en la sección A

Calcular el área en la sección B

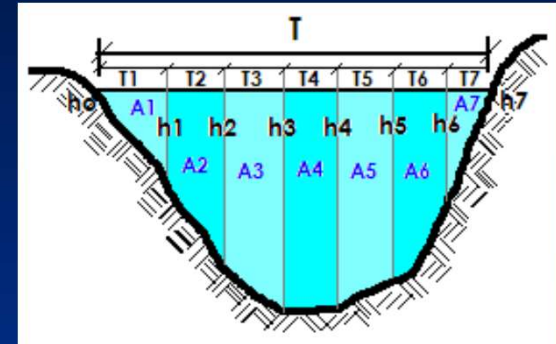
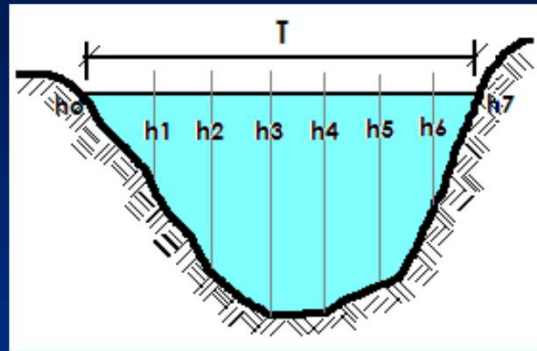
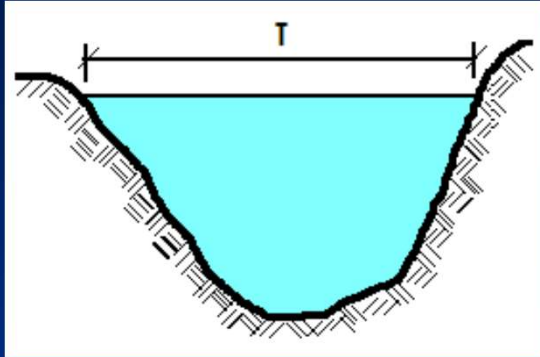
Calcular el área promedio:

$$A_p = (A_a + A_b) / 2$$



3.-Cálculo del área en una sección

Para calcular el área en cualquiera de las secciones, hacer lo siguiente:



Medir el espejo de agua (T);

Dividir (T), en cinco o diez partes (midiendo cada 0.20, 0.30, 0.50, etc.), y en cada extremo medir su profundidad;

Calcular el área para cada tramo, usando el método del trapecio;

$$A1 = \frac{h0 + h1}{2} \cdot T1$$

Calcular el área total de una sección: $A_p = \sum A_i$

4.-Calculo del Caudal

$$Q = V_s \times A_p \times K$$

Otras formas de determinar la **Vm (Velocidad Media)** para el método de Flotadores



1) **Calculo del Caudal** → Idem anterior, pero el factor K →

$$Q = V_s \times A_p \times K$$

K =Factor de corrección, q depende del material del fondo del canal

K	Material Fondo Canal
0,40 – 0,52	Poco áspero
0,46 – 0,75	Grava con hierba
0,58 – 0,70	Grava gruesa y piedras
0,70 – 0,90	Madera, hormigón o pavimento
0,62 – 0,75	Grava
0,65 – 0,83	Arcilla y arena

Otras formas de determinar la **Vm (Velocidad Media)** para el método de Flotadores



2) **Fórmula de Bazin** → permite pasar de Vs (obtenida) a Vm →

$$Vm = \frac{Vs}{1 + 14 \cdot \sqrt{b}}$$

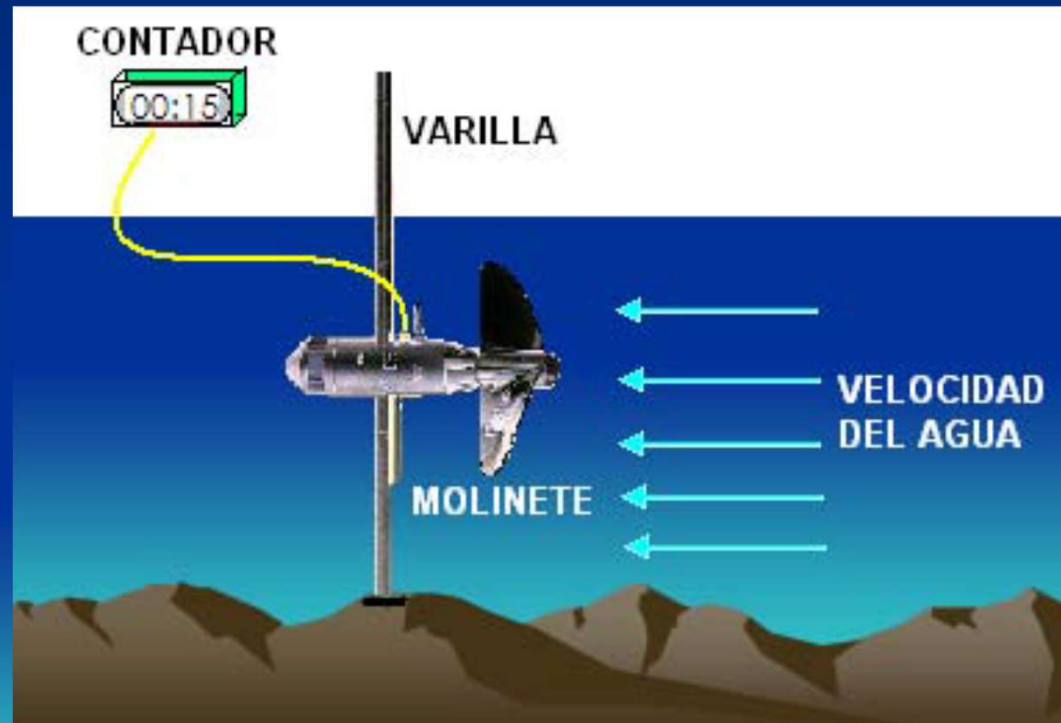
$$b = \alpha + \frac{\beta}{Rh}$$

- Vs = Velocidad Superficial (m/s)
- Vm = Velocidad Media (m/s)
- Rh = Radio Hidráulico
- α y β = coeficientes que varían según la naturaleza de las paredes y que Bazin los clasifica en los siguientes grupos:

Ríos de cauces muy uniformes	$\alpha=0,00028 - \beta=0,00035$
Ríos de cauces menos uniformes	$\alpha=0,0004 - \beta=0,0007$
Ríos de cauces irregulares	$\alpha=0,0006 - \beta=0,001$

B-1-2 Aforo con Molinete

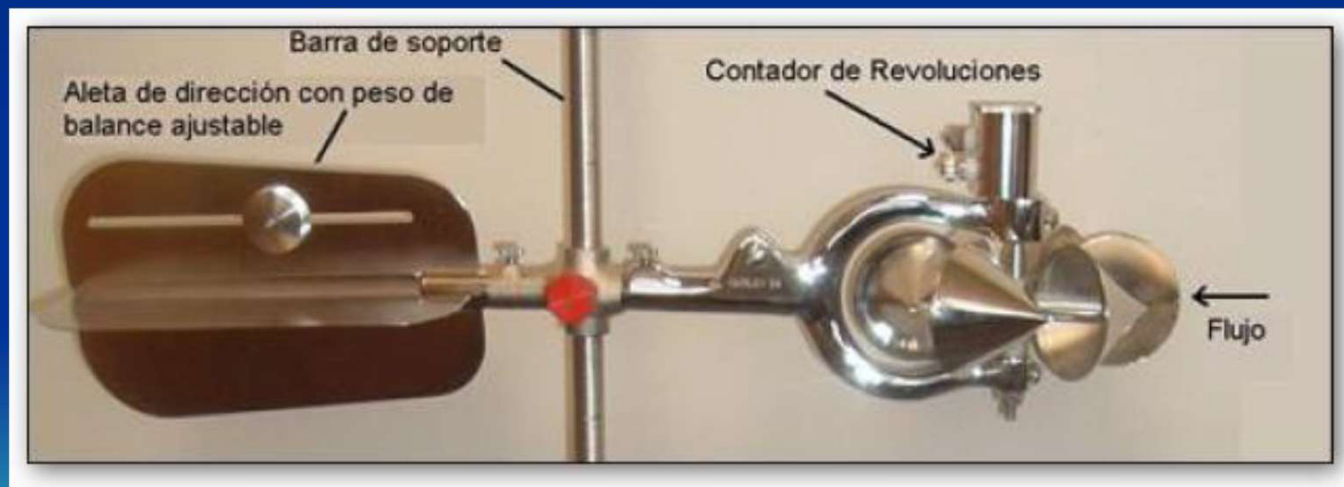
El molinete o correntómetro es un instrumento que tiene una hélice o rueda de cazoletas, que gira al introducirla en una corriente de agua. Estos aparatos miden la velocidad en un punto dado del curso del río.



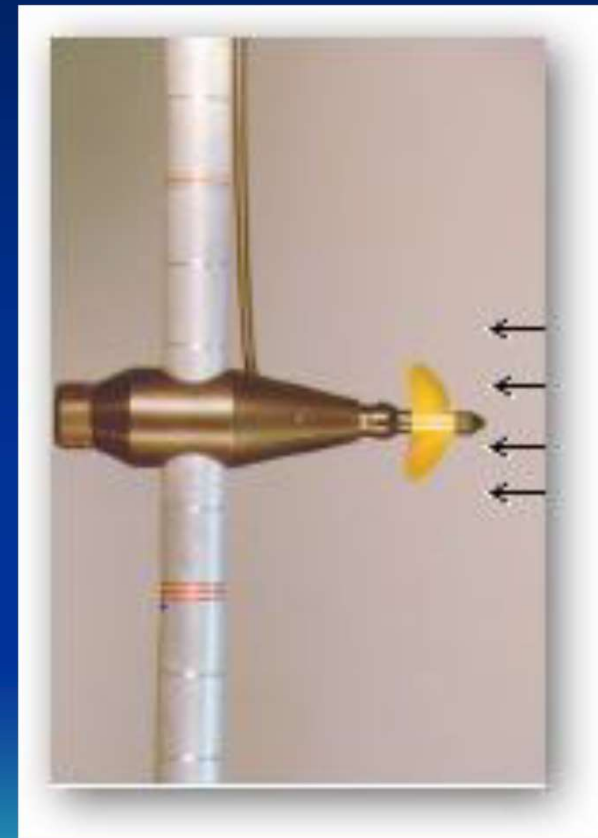
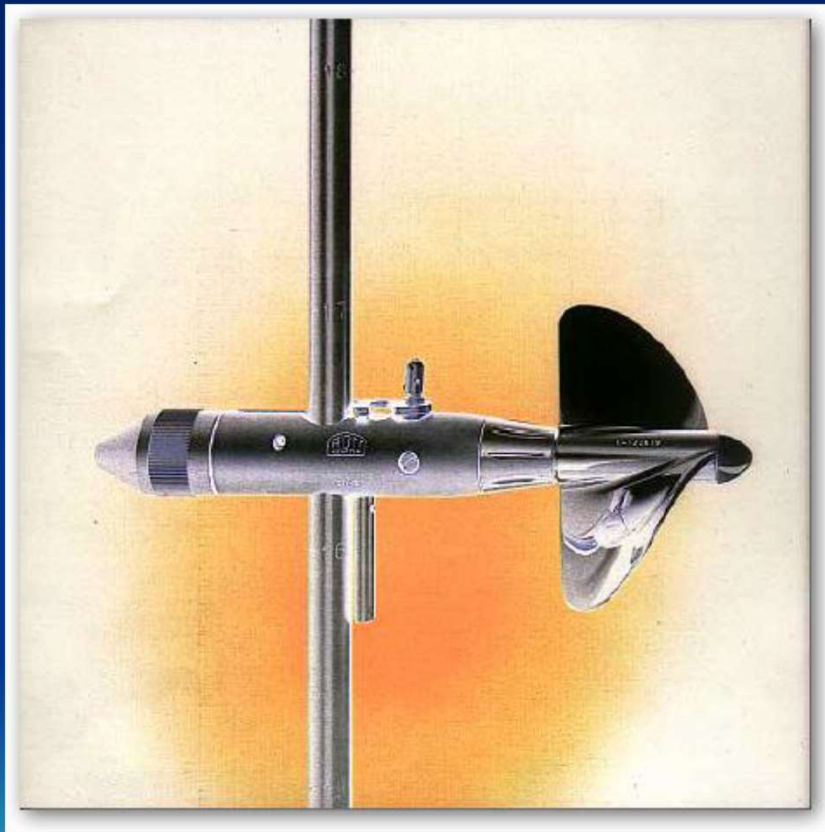
La medición con molinete o correntómetro se basa en el conteo del número de revoluciones que da una hélice colocada en el sentido de flujo, las cuales son proporcionales a la velocidad del flujo. El número de revoluciones se da a conocer a través de señales sonoras, visuales o por contadores eléctricos.

Existen 3 tipos de molinetes:

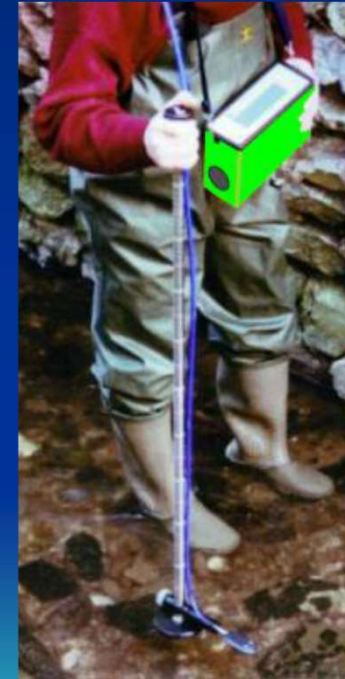
- **Correntómetros de eje vertical**, sin hélice, donde el elemento móvil son pequeñas copas (como en un anemómetro).



- **Correntómetros de eje horizontal**, el elemento móvil es una hélice, como los correntómetros OTT que pueden verse en la Figura.



- **Correntómetros electromagnéticos**, Es un instrumento utilizado para medir velocidad y dirección de flujo en diferentes aplicaciones, por ejemplo: Investigación en laboratorios, medición de campo en aguas dulces y saladas hasta 10m de profundidad, medición de turbulencias hasta 10Hz y en respuesta dinámica y **aplicaciones en aguas contaminadas donde por obstrucción no funcionan los molinetes.**



Fórmulas tipo de Molinetes



Los molinetes, son vendidos con un certificado de calibración, sobre el que se indica la fórmula que debe utilizarse para calcular las velocidades, a partir del número de vueltas por segundo de la hélice determinada, la cual, puede ponerse bajo la forma:

$$V = \alpha \cdot N + \beta$$

Donde:

V = velocidad de la corriente, en m/s

N = número de vueltas (revoluciones) de la hélice por segundo

α = paso real de la hélice, en m

β = velocidad llamada de frotamiento, en m/s

Por ejemplo, para un correntómetro OTT-Meter N° 7569, del Minae, la fórmula para la hélice obtenida en el laboratorio, es la siguiente:

$$\text{Para } N \leq 0.57 \quad V = 0.2358 \times N + 0.025$$

$$\text{Para } N \geq 0.57 \quad V = 0.2358 \times N + 0.012$$

Condiciones de la sección de aforo con correntómetros

- La ubicación ideal de una sección es aquella donde:

Los filetes líquidos son paralelos entre sí.

Las velocidades sean suficientes, para una buena utilización del correntómetro.

Las velocidades son constantes para una misma altura de la escala limnimétrica.

- La primera condición exige:

Un recorrido rectilíneo entre dos riberas o márgenes francas.

Un lecho estable.

Un perfil transversal relativamente constante, según el perfil en longitud.

Es evidente, que toda irregularidad del lecho del río (piedras, vegetación arbustiva, bancos de arena), altera las condiciones del flujo, y constituye un factor desfavorable para las medidas. Estas influencias, son más notables en los cursos de agua más pequeños, es por eso, que es más fácil aforar con una misma precisión relativa, un gran río que uno pequeño, y un río en altas aguas que otro en estiaje.



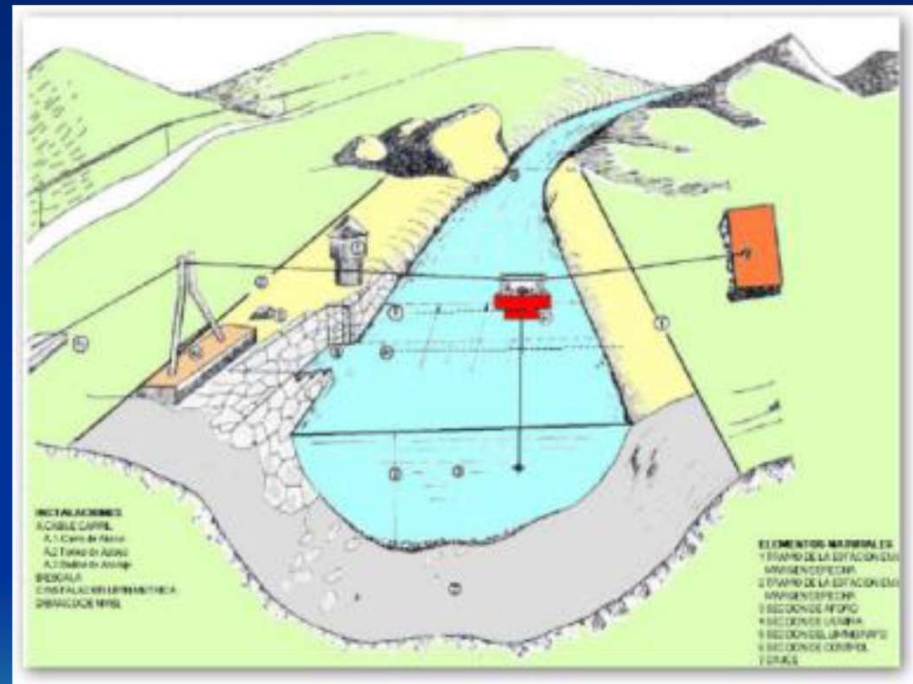
Formas de aforo con correntómetros

A pie, llamada también por vadeo; se usa cuando el curso de agua es pequeño, poco profundo y fondo resistente. Para esto, se coloca una cinta graduada de un margen a otro, y se va midiendo la velocidad a diferentes profundidades, a puntos equidistantes de un extremo a otro de la sección.



Formas de aforo con correntómetros

A **cable**, la sección se materializa con un cable tendido de un extremo a otro, (andarivel) y el aforo se realiza desde un canastillo.



Formas de aforo con correntómetros

Sobre una pasarela, cuando se trata de pequeños ríos, se coloca una pasarela entre los pilones de un puente, el aforador se coloca sobre la pasarela, y se realiza la medición de las velocidades desde allí.



Formas de aforo con correntómetros

Desde un cable carril.



Formas de aforo con correntómetros

Aforo desde un bote.



Procedimiento para realizar aforo con correntómetros

1.- **Calcular el área de la sección transversal.** Para iniciar un aforo, es necesario dividir la sección transversal (área hidráulica), en franjas, para esto:

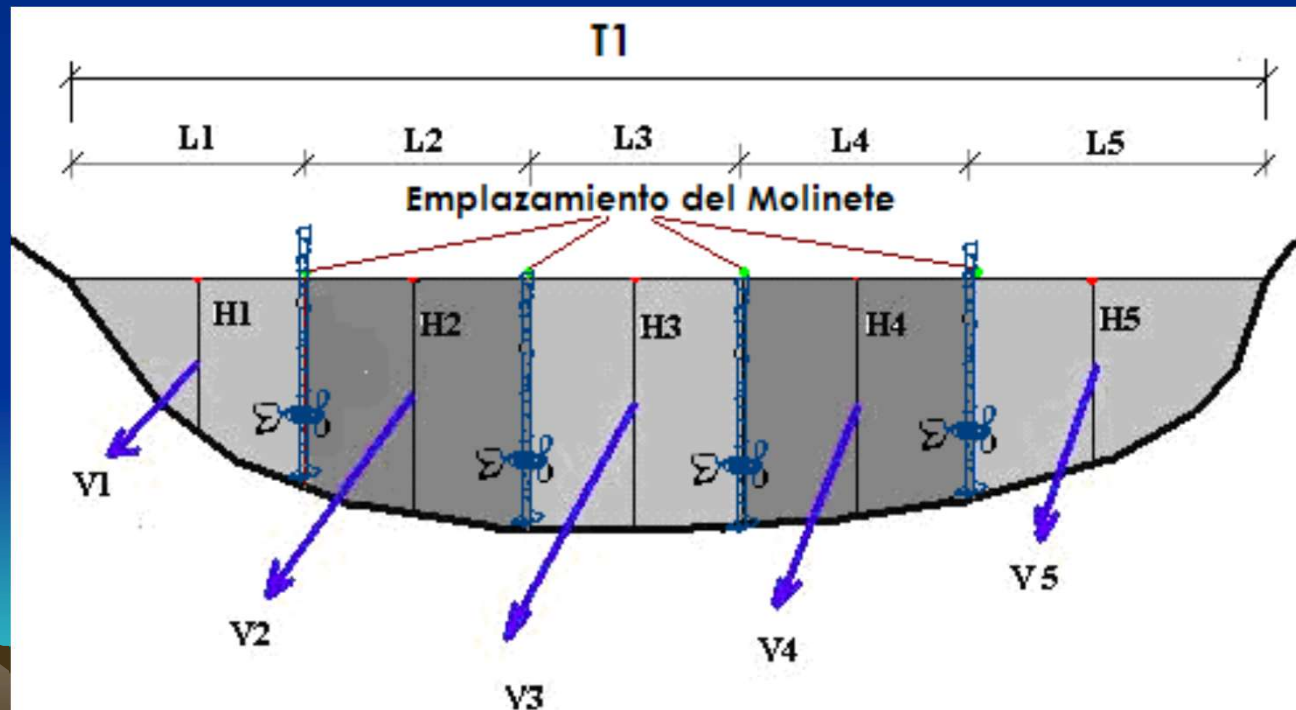
- Medir el ancho del río (longitud de la superficie libre de agua o espejo de agua T1)
- Dividir el espejo de agua T1, en un número N de tramos (por lo menos N = 10), siendo el ancho de cada tramo: $L_i = T1/N$
- La distancia mínima entre verticales, se muestra en la siguiente tabla:

Ancho Total del Río (m)	Distancia entre Verticales (m)
≤ 2	0,20
2 - 3	0,30
3 - 4	0,40
4 - 8	0,50
8 - 15	1,00

Ancho Total del Río (m)	Distancia entre Verticales (m)
15 - 25	2,00
25 - 35	3,00
35 - 45	4,00
45 - 80	5,00
80 - 160	10,00
160 - 350	20,00

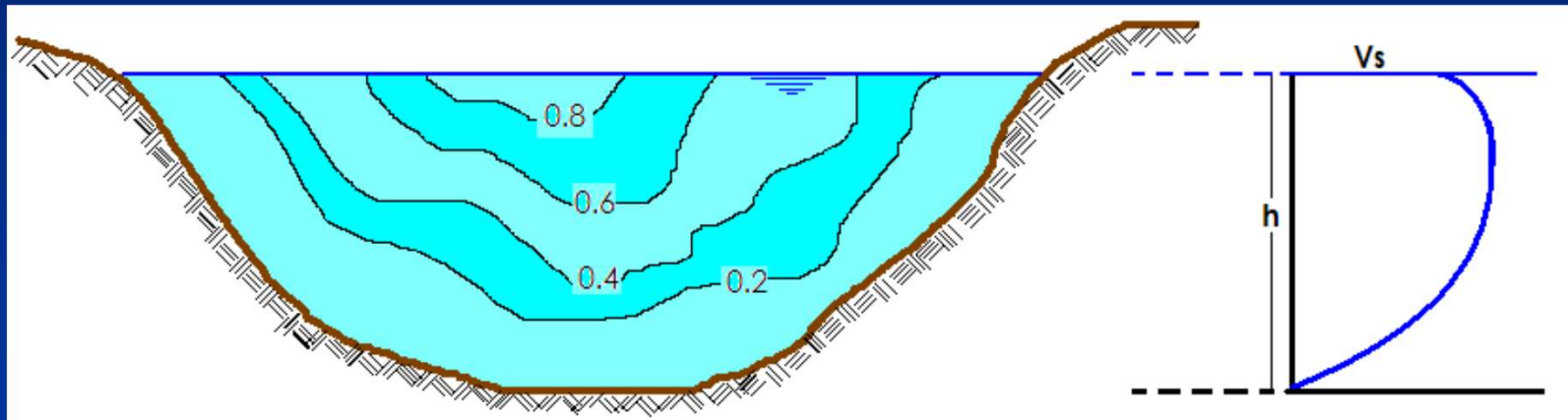
Procedimiento para realizar aforo con correntómetros

- Medir en cada vertical, la profundidad h , puede suceder que en los márgenes la profundidad sea cero o diferente de cero.
- El área de cada tramo, se puede determinar como el área de un trapecio. Si la profundidad en algunos de los extremos es cero, se calcula como si fuera un triángulo. (IDEM CALCULO SECCIÓN CON FLOTADORES)



Procedimiento para realizar aforo con correntómetros

- **2. Calcular la velocidad.** Calcular la velocidad puntual. La velocidad en una sección de una corriente varía tanto transversalmente como con la profundidad, como se muestra en la Figura:

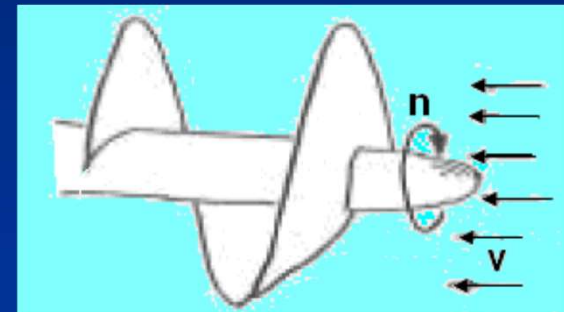
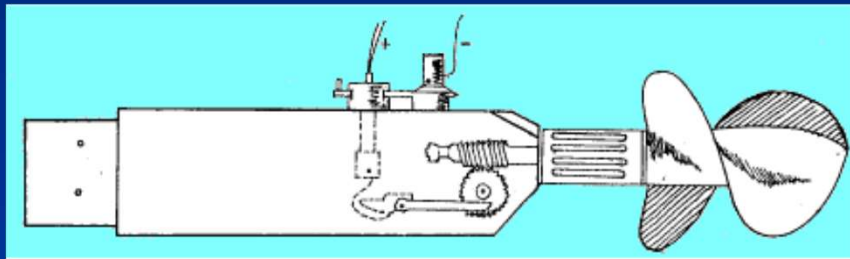


Las velocidades, se miden en distintos puntos en una vertical; la cantidad de puntos, depende de las profundidades del cauce y del tamaño del correntómetro.

Procedimiento para realizar aforo con correntómetros

Para calcular la velocidad en un punto, hacer:

- Colocar el instrumento (correntómetro o molinete) a esa profundidad.
- Medir el número de revoluciones (NR) y el tiempo (T en segundos), para ese número de revoluciones.

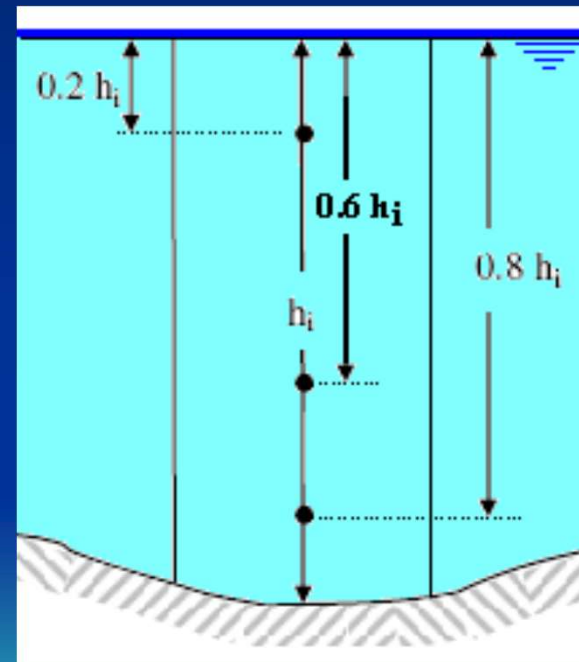
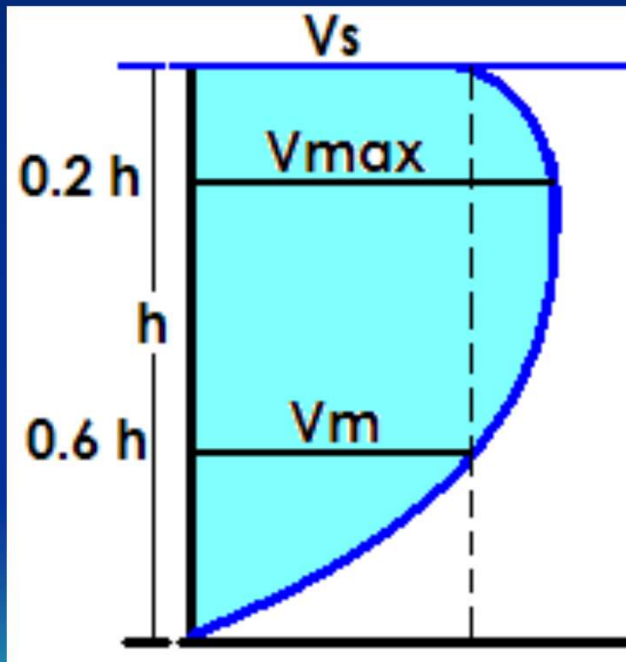


- Calcular el número de revoluciones por segundo (n), con la ecuación:
$$n = NR / T$$
- Calcular la velocidad puntual en m/s, usando la ecuación proporcionada por el fabricante del equipo.

Procedimiento para realizar aforo con correntómetros

Calcular la velocidad promedio en una vertical:

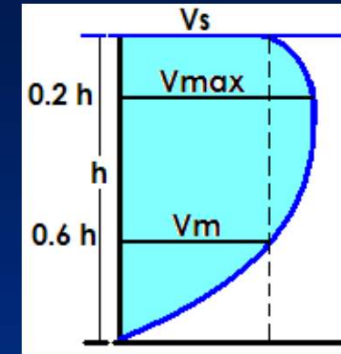
- La distribución de velocidades en una vertical, tiene la forma de una parábola, como se muestra en la Figura:



Procedimiento para realizar aforo con correntómetros

Calcular la velocidad promedio en una vertical:

- En la figura se observa:



V_s = velocidad superficial

$V_{m\acute{a}x}$ = ubicada a 0.2 de la profundidad, medido con respecto a la superficie del agua

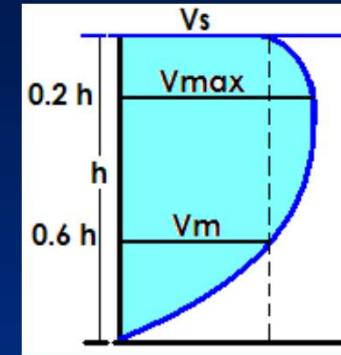
V_m = velocidad media en la vertical, la cual tiene varias formas de cálculo :

Midiendo la velocidad en un punto

Donde: $V_m = V_{0.6}$ = velocidad medida a una profundidad de 0.6 de la profundidad total, medida con respecto a la superficie libre. Esto se emplea, cuando la profundidad del agua es pequeña, o hay mucha vegetación a 0.8 de la profundidad.

Procedimiento para realizar aforo con correntómetros

- Calcular la velocidad promedio en una vertical:



Midiendo la velocidad en dos puntos

Donde: $V_{0,2}$ = velocidad medida a 0.2 de la profundidad, con respecto a la superficie .

Donde: $V_{0,8}$ = velocidad medida a 0.8 de la profundidad, con respecto a la superficie .

$$V_m = \frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2}$$

Midiendo la velocidad en tres puntos

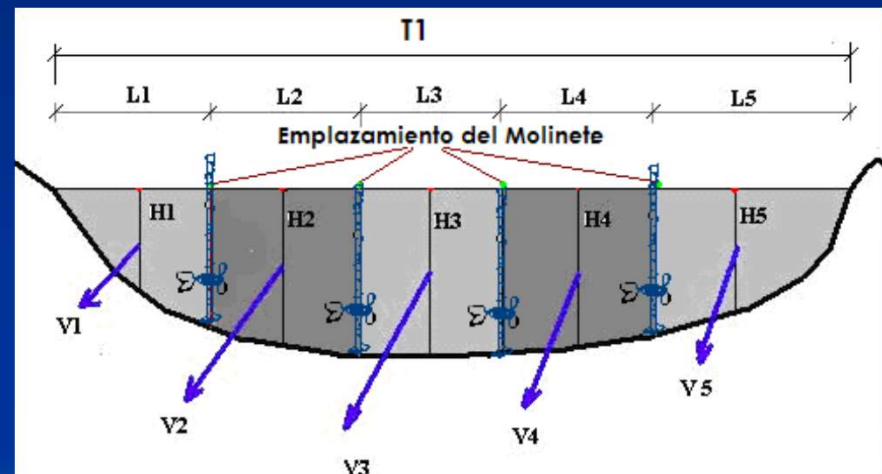
$$V_m = \frac{V_{0,2} + V_{0,6} + V_{0,8}}{3} \quad \text{o} \quad V_m = \frac{V_{0,2} + 2V_{0,6} + V_{0,8}}{4}$$

Procedimiento para realizar aforo con correntómetros

- Calcular la velocidad promedio de un tramo

La velocidad promedio de cada tramo, se calcula como la semisuma de las velocidades medias, de las verticales que delimitan el tramo, es decir:

$$V_p = \frac{V_1 + V_2}{2}$$



Donde: v_p = velocidad promedio del tramo
 v_1, v_2 = velocidades medias de las verticales

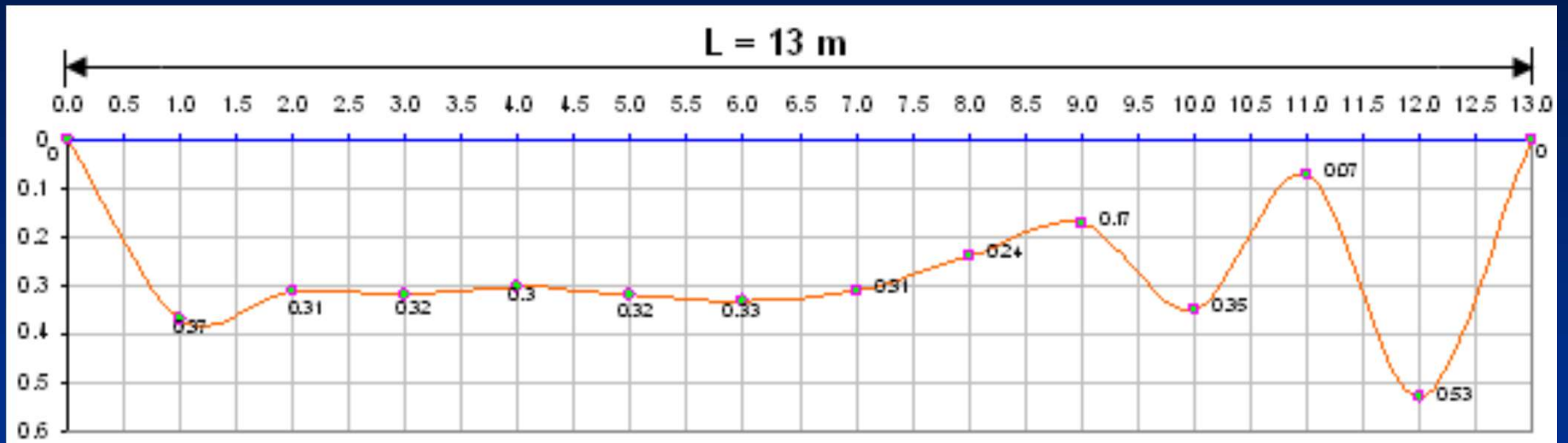
Procedimiento para realizar aforo con correntómetros

3. **Calcular el caudal.** Para determinar el caudal, que está pasando por el curso de agua que ha sido aforado, RESUMIENDO:

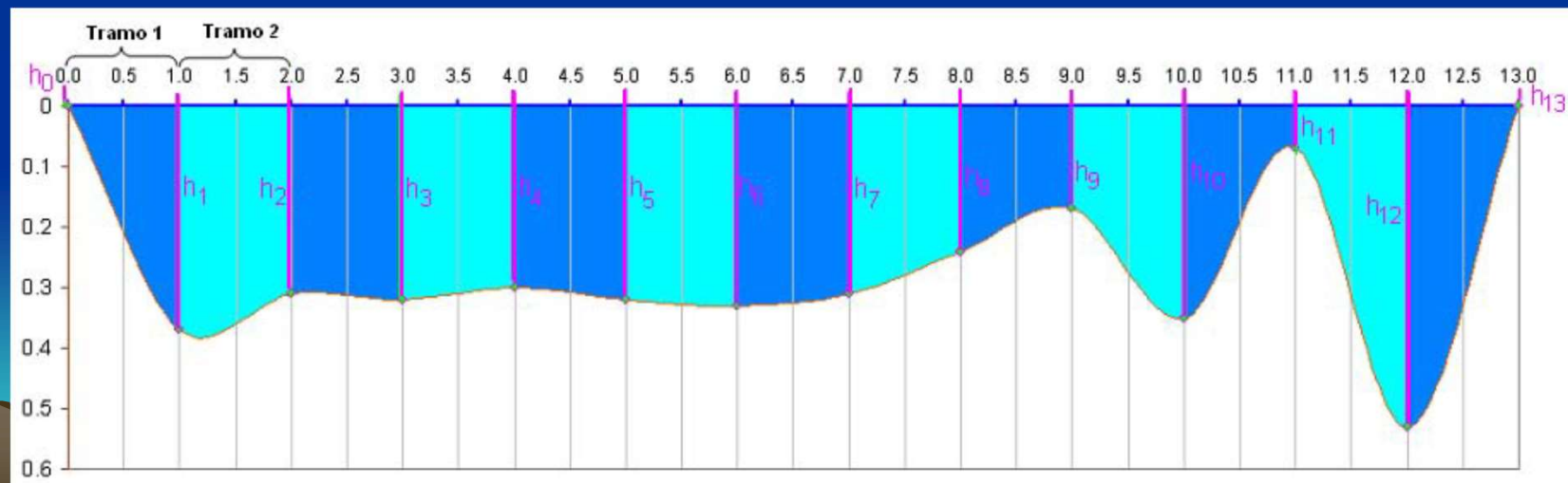


- Calcular para cada vertical la velocidad media, usando el método de uno, dos o tres puntos;
- Determinar la velocidad promedio de cada tramo, como el promedio de dos velocidades medias, entre dos verticales consecutivas;
- Determinar el área que existe entre dos verticales consecutivas, utilizando la fórmula del trapecio;
- Determinar el caudal que pasa por cada tramo utilizando la ecuación de continuidad, multiplicando la velocidad promedio del tramo por el área del tramo, es decir: $Q_i = V_i \times A_i$
- Calcular el caudal total que pasa por la sección, sumando los caudales de cada tramo, es decir: $Q = \sum Q_i$

EJEMPLO GRÁFICO



Sección de aforo y cálculo de áreas



B-1-3 Aforos con medidas de la sección y la pendiente

- Este método se utiliza para estimar el gasto máximo que se presentó durante una crecida reciente en un río donde no se cuenta con ningún tipo de aforos. Para su aplicación se requiere contar con topografía de un tramo del cauce y las marcas del nivel máximo del agua durante el paso de una crecida. Parte el análisis de la fórmula de velocidad propuesta por Manning:

$$V(\text{m/s}) = \frac{1}{n} \cdot R h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

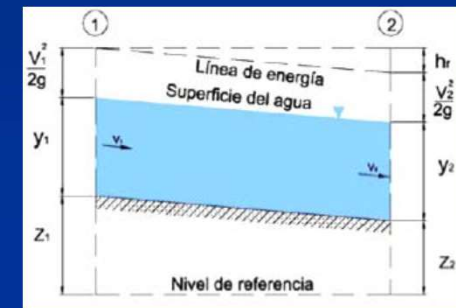
Otras Fórmulas Empíricas: Ej:

HERMANEK (V_m del curso de agua)

$$V_m = 30,7 \cdot h \cdot \sqrt{i} \rightarrow \text{Si } h \leq 1,5\text{m}$$

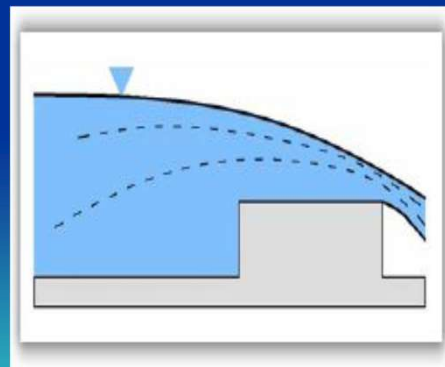
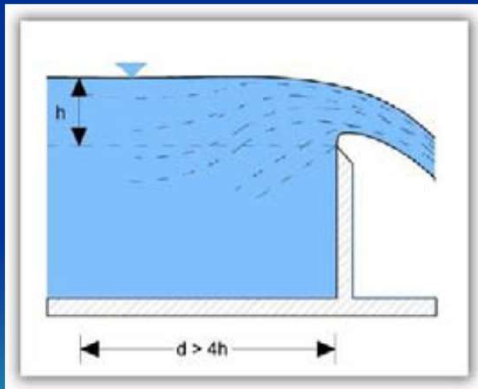
$$V_m = 34,0 \cdot h \cdot \sqrt{i} \rightarrow \text{Si } 1,5\text{m} \leq h \leq 6,0\text{m}$$

$$V_m = (50,2 + 0,5 \cdot h) \cdot \sqrt{h \cdot i} \rightarrow \text{Si } h \geq 6,0\text{m}$$

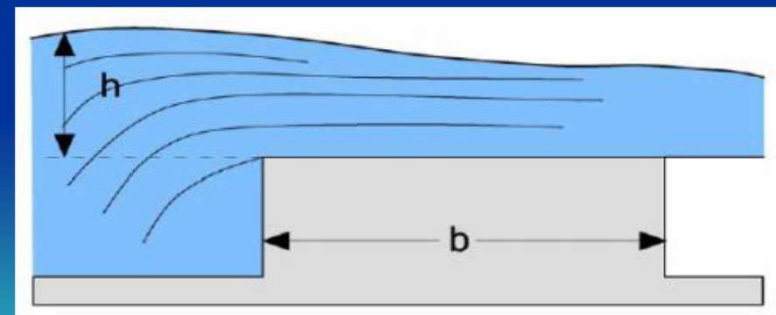
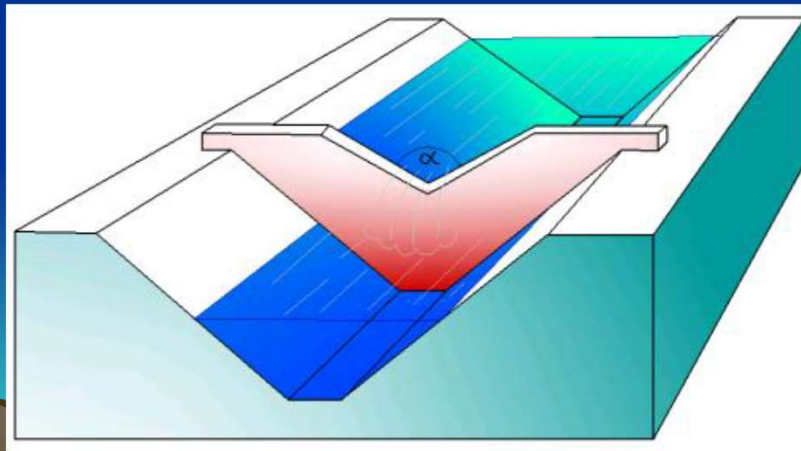
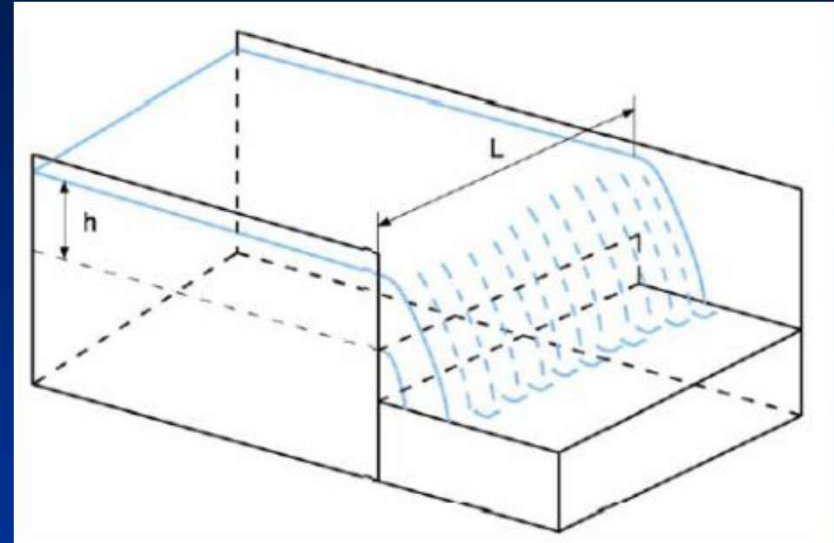
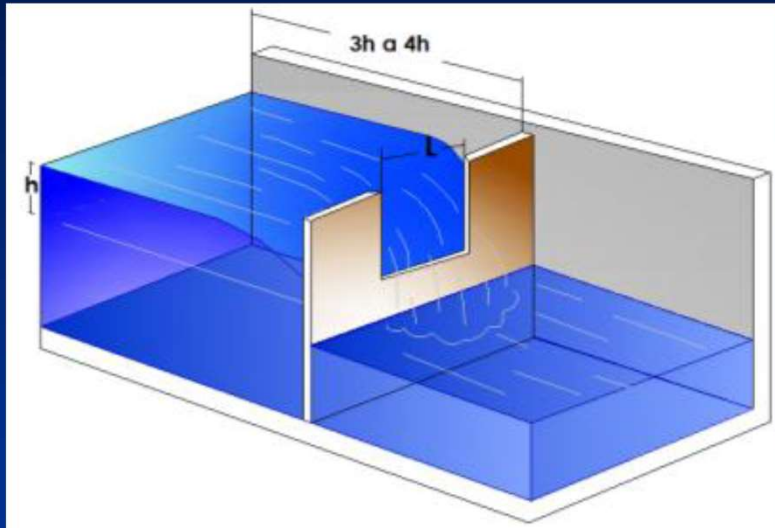


B-2 Métodos que involucran la construcción de estructuras artificiales (aforadores o vertederos);

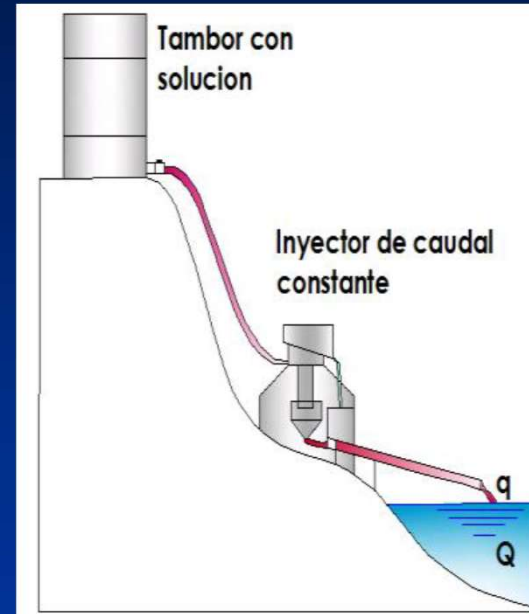
- **Aforo con vertederos**
- Vertederos de cresta Aguda
- Vertederos de cresta Ancha



□ Vertederos de cresta Aguda y Ancha



B-3 Métodos de aforo por dilución.



B-3-1 Aforo con trazadores fluorescentes o colorantes.

B-3-2 Aforos con trazadores químicos y radioactivos.

B-3-1 Aforo con trazadores fluorescentes o colorantes.

Una vez elegida la sección de aforo, en la que el flujo es prácticamente constante y uniforme se agrega el colorante (permanganato de potasio, la rodamina b o el pontacil rosa B brillante) en el extremo de aguas arriba y se mide el tiempo de llegada al extremo de aguas abajo. Conocida la distancia entre los dos extremos de control, se puede dividir esta por el tiempo de viaje del colorante, obteniéndose así la velocidad de la corriente líquida. La velocidad media de flujo se obtendrá dividiendo la distancia entre los dos extremos o puntos de control, por el tiempo medio de viaje.

B-3-2 Aforos con trazadores químicos y radioactivos.

Método adecuado para corrientes turbulentas como en los ríos de alta montaña. Estos trazadores se utilizan de dos maneras: como aforadores químicos, para determinar el caudal total de una corriente y como medidores de velocidad de flujo.



En los afloramientos químicos y radioactivos, se inyecta una tasa constante q , de la sustancia química, radioactiva o trazador, de concentración conocida, C_1 , a la corriente cuyo caudal, Q , desea determinarse y cuya concentración de la sustancia, C_0 , en la corriente, también se conoce (SI LA POSEE). A una distancia corriente abajo, suficientemente grande para asegurar que se han mezclado totalmente el trazador y el agua, se toman muestras de ésta, y se determina la concentración de la sustancia química o radioactiva, C_2 . El caudal de la corriente se puede determinar, entonces, empleando las siguientes ecuaciones que deben cumplirse:

$$Q + q = Q_2$$
$$Q \cdot C_0 + q \cdot C_1 = Q_2 \cdot C_2$$

Si consideramos que prácticamente $Q = Q_2$ (el caudal vertido q es menor) \rightarrow

$$Q = q \cdot \frac{C_1}{C_2 - C_0}$$

Si se utiliza una sustancia no contenida previamente en el río \rightarrow

$$Q = q \cdot \frac{C_1}{C_2}$$

Aforo Volumétrico

Se emplea por lo general para caudales muy pequeños y se requiere de un recipiente para coleccionar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen.

Para calcular el caudal:

Calcular o medir el volumen del depósito o recipiente (V).

Con un cronómetro, medir el tiempo (T), requerido para llenar el depósito.

Calcular el caudal con la ecuación:

$$Q=V/t$$

Donde:

Q = caudal, en l/seg. ó m³/seg.

V = volumen del depósito, en litros o m³

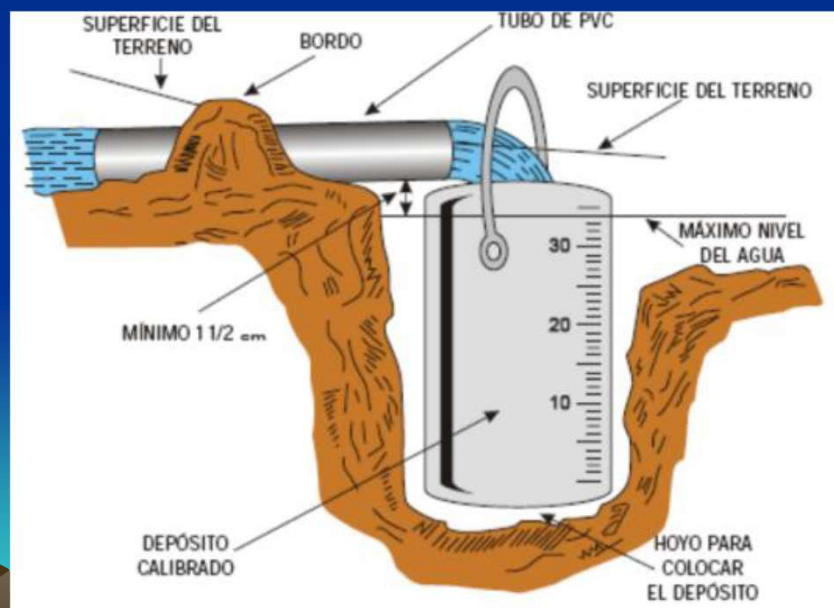
t = tiempo en que se llena el depósito, en seg.



Aforo Volumétrico

Este método es el más exacto, pero es aplicable solo cuando se miden caudales pequeños.

Por lo general, se usa en los laboratorios para calibrar diferentes estructuras de aforo, como sifones, vertederos, aforador Parshall, etc. Las medidas con recipiente, se deben repetir 3 veces, y en caso de tener resultados diferentes, sacar un promedio, ya que se puede cometer pequeños errores al introducir el recipiente bajo el chorro.



RESUMIENDO

Una guía para la selección del método más adecuado de acuerdo al tamaño y la precisión deseada, se tiene en la tabla siguiente:

Tamaño de la Corriente	Método Área / Velocidad Molinete	Método Área / Velocidad Flotadores	Estructuras (Vertederos Aforadores)	Aforos por Dilución
PEQUEÑA	Difícil si el calado es menor a 30cm	No muy útil si la corriente es somera, el calado menor a 30cm	Vertederos triangulares y rectangulares son los mas usuales	Buen método y factible de utilizar con sal como disolvente
MEDIA	Método de vadeo; cables , canastillos en puentes	Muy útil como método de reconocimiento	Posible de utilizar con aforadores pero hasta un límite de 100m ³ /s	Utilizando tintes y equipo adecuado
GRANDE	Posible, pero es requerido cable y canastillo o lancha	Para trabajo de reconocimiento o en crecientes	No aplicable, por el tamaño de la estructura necesaria	Posible, pero rara vez utilizado

GRACIAS!!!!

Cátedra de Hidráulica Aplicada (CI453)

BIBLIOGRAFÍA

[1] VEN TE CHOW (1994) Hidrología Aplicada. Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA S.A. Santa Fé de Bogotá – Colombia.

[2] APARICIO MIJARES FRANCISCO JAVIER (2001) Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa, S.A. Balderas 95, México, D.F.

[3] MANUEL DIAZ MARTA (1971) Aforos de Caudales en Grandes Ríos. Revista de Obras Públicas.

[4] TEMEZ J.R. MOPU (1987) Cálculo Hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. MOPU. Madrid.

[5] RAFAEL DAL-RÉ TENREIRO (2003) Pequeños Embalses de Uso Agrícola. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

