



Aforos en la red de Estaciones hidrométricas de ACUMAR

Etapas de trabajo y tecnología aplicada

Introducción y definiciones preliminares.

Un aforo es la cuantificación de acuerdo a cierta metodología y proceso documentado, del caudal que está pasando por un río o un arroyo en un momento dado. El caudal es una medida del volumen de líquido que está pasando en un período de tiempo, y suele medirse en unidades de volumen por tiempo, como litros por segundo, metros cúbicos por segundo o metros cúbicos por día (l/s, m³/s, m³/día).

Matemáticamente el caudal (Q) puede definirse como la relación entre volumen y tiempo, o como el producto entre una velocidad en una sección:

$$Q = \frac{V}{T} = U * A$$

Donde:

V: Volumen

T: Tiempo

U: Velocidad

A: Área

El caudal Q varía de momento a momento por distintas causas, algunas meteorológicas (una precipitación aguas arriba), o por otras corrientes (otro arroyo o un vuelco) que se producen aguas arriba del sitio de medición. Por ende su métrica cambia en cada momento y en general se mide durante una Campaña de monitoreo de agua superficial, para tener en cuenta la cantidad que en ese lugar y momento está pasando.

Los métodos de medición del caudal contemplan estas variaciones momento a momento y que las velocidades del río no son las mismas en toda la sección, sino que tienen distinto valor a lo ancho del río y a distintas profundidades. Esquemáticamente puede representarse con vectores de distinto tamaño, como muestra la figura 1.

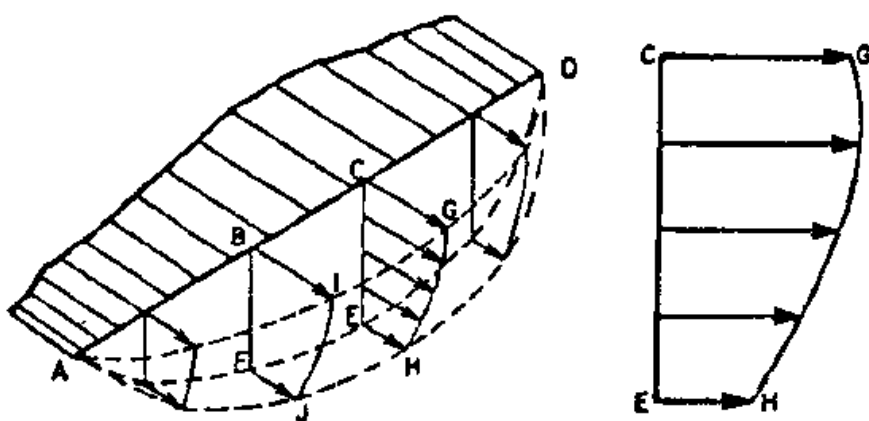


Figura 1. Perfil parabólico de velocidades en una sección de río.

Es decir que el caudal a medir es un valor promedio en tiempo y de la sección donde estamos midiendo. Distintos fenómenos físicos también son tenidos en cuenta para poder obtener con precisión una cuantificación de Q. En general los valores utilizados son medios, y se obtienen a partir de muchos valores instantáneos. Por todo esto la selección del sitio y el registro de distintos fenómenos que pueden suceder al

momento de aforar, son dos cuestiones fundamentales para obtener luego una medición y un análisis correcto.

Existen distintas razones para realizar los aforos. Se trata de un dato básico para el conocimiento de cualquier Cuenca y la dinámica de sus ríos y arroyos, por lo cual ya en ese sentido representa trabajos de base para todas las demás actividades que debe encarar la ACUMAR.

Desde el punto de vista del monitoreo ambiental, el conocimiento de su calidad está influenciando permanentemente por el caudal. Las dinámicas de transporte que se dan en los cuerpos de agua superficial y subterráneo condicionan la forma y velocidad en que evoluciona en el espacio la pluma contaminante; afecta la capacidad de autodepuración de cada río y arroyo, y tiene influencia en las concentraciones de distintas sustancias en sus aguas.

Realizar aforos en distintos puntos de la Cuenca permite conocer cómo varían sus arroyos y ríos a lo largo del día y de las distintas estaciones del año; y cómo reaccionan los ríos ante eventos de precipitación de distinta magnitud. Permite también evaluar la influencia del Río de la Plata, externo a la Cuenca pero cuyas aguas se introducen frecuentemente al interior del Matanza-Riachuelo, y a reconocer vuelcos sistemáticos o eventuales en distintos puntos debido a actividades productivas diversas.



Foto 1. Aforo durante una Campaña de monitoreo de agua superficial.

Metodología para realizar el aforo.

Existen distintas técnicas, desde las más simples y con estimaciones rudimentarias, hasta las modernas tecnologías que incluyen software de precisión con integración de múltiples puntos medidos en una sección.

Entre las primeras se encuentran métodos de aforo volumétrico donde se mide el tiempo en que se llena un volumen conocido. Se aplica a caudales pequeños. En ríos correntosos o donde se hace difícil la medición de área velocidad se pueden usar métodos con trazador químico (como la rodamina, que posee fluorescencia).

Los métodos de área-velocidad, dividen la sección elegida en segmentos para los que se obtienen un valor de velocidad, en la altura donde es más probable registrar el mayor valor (figura 2).

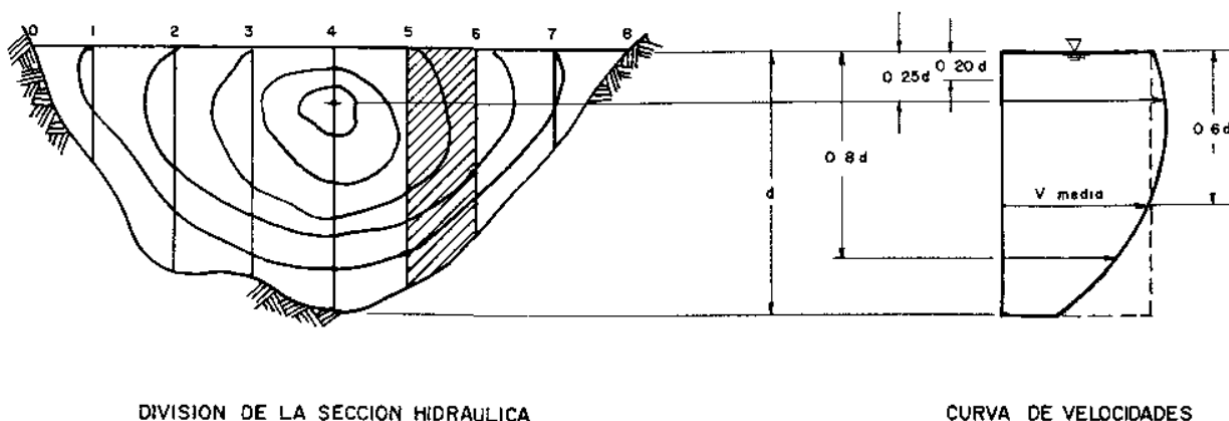


Figura 2. División de la sección en tramos y selección de la profundidad para medición de velocidad máxima.

En el método de molinete hidrométrico, el dispositivo utilizado posee paletas que giran con el paso del líquido contabilizando la cantidad de vueltas por unidad de tiempo, siendo esta métrica proporcional a la velocidad del río.

En el caso de los distintos arroyos y ríos de la Cuenca, se utilizan normalmente equipos comerciales que trabajan a partir de la emisión de pulsos de ultrasonido, lo que permite medir en sitios con poca profundidad o velocidades muy bajas (como sucede muchas veces en nuestra Cuenca). Se los conocen como equipos ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) y el rango de velocidades que miden va desde 0,001 hasta 4,0 m/s.

“El equipo consta de un transmisor que emite señales de sonido de velocidad y frecuencia conocida, y dos receptores acústicos a los que llega la señal luego de ser reflejada por los objetos en movimiento (figura 3); requiere la presencia de sólidos en suspensión para obtener valores de velocidad, ya que el equipo no mide la velocidad de la partícula de agua sino del material que se mueve con ella, sobre el que se produce el rebote de la señal. El valor de velocidad se determina mediante la medición de la variación de la intensidad del sonido (efecto Doppler)”¹

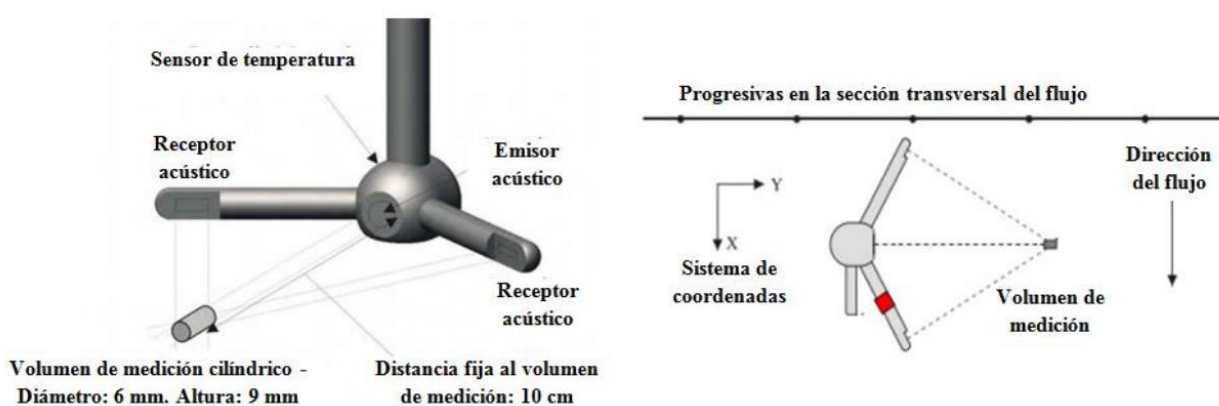


Figura 3. División de la sección en tramos y selección de la profundidad para medición de velocidad máxima.

¹ MEDICIONES EN LABORATORIO CON EQUIPO FLOWTRACKER® (ADV). L. Palman, M.D. Montagnini, M. Pez y A.E. Trento. IV SIMPOSIO SOBRE MÉTODOS EXPERIMENTALES EN HIDRÁULICA LA PLATA, ARGENTINA, MARZO 2015.

El software permite al usuario seleccionar entre distintos tipos de cálculo del caudal, ingresando manualmente la geometría de la sección de aforo (profundidades, ancho de sección, progresiva desde la margen).

El equipo se presenta apto para trabajar en condiciones extremas (aguas a -20 a 50°C), en el interior de sistemas de drenaje urbano (alcantarillas, bocas de tormenta), en aguas servidas, corrientes con transporte de sedimento grueso, y/o corrientes con vegetación. Numerosos autores han destacado la versatilidad de estos equipos (Water Survey of Canada, 2006).

Al momento de aforar, se recopilan los siguientes parámetros hidráulicos:

- Escala / altura (m)
- Caudal total (m^3/s)
- Área (m^2)
- Ancho total (m)
- Velocidad media en la sección (m/s)
- Velocidad media en la vertical (m/s)
- Profundidad media (m)



Foto 2. Detalle de la escala hidrométrica sobre el Río Matanza.

Cuando la sección donde se ubica la estación es de un ancho muy considerable, no es accesible desde las márgenes o la profundidad del curso impide el trabajo directo, se utilizan equipos ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) o perfiladores de corriente por efecto Doppler.

El ADCP permite medir profundidad del lecho, velocidad y dirección del agua a distintas profundidades al mismo tiempo y se instala sobre un equipo flotante, al que se guía para realizar una trayectoria de orilla a orilla. El principio de funcionamiento se basa, nuevamente, en dividir el perfil de velocidades en segmentos uniformes llamados "celdas de profundidad". Su función de "seguimiento de fondo" (bottom track) permite conocer la velocidad relativa del agua con respecto a un objeto fijo, en este caso el fondo o lecho del curso de agua.

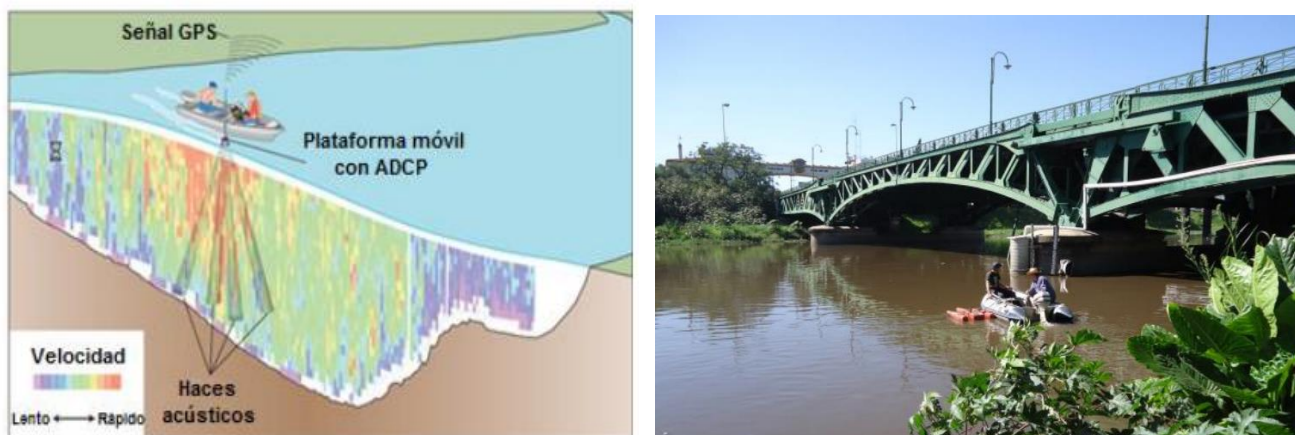


Figura 4. Esquema de funcionamiento de ADCP con plataforma móvil, y su uso en el Río Matanza.

El equipo dispone de 4 transductores, cada uno de los cuales miden profundidades con una inclinación de 20° con respecto a la vertical. Posee una brújula incorporada que permite la orientación del sistema y refiere todas las mediciones que se ejecuten a un sistema coordenado propio o a un sistema universal si se le conecta un GPS. Por su tecnología, el aforo es independiente de la trayectoria de la embarcación que se realiza, eliminando distintas necesidades como la condición de transversalidad.

La profundidad máxima de trabajo depende de la frecuencia del equipo, para el caso del ADCP de 1200 kHz, es de 21 m y la precisión es del orden de 0,10 m.

El software que se utiliza permite realizar una rápida integración de todos los datos recopilados, y observar distintos elementos como la distribución de velocidades, y de las profundidades en la sección (foto 3).

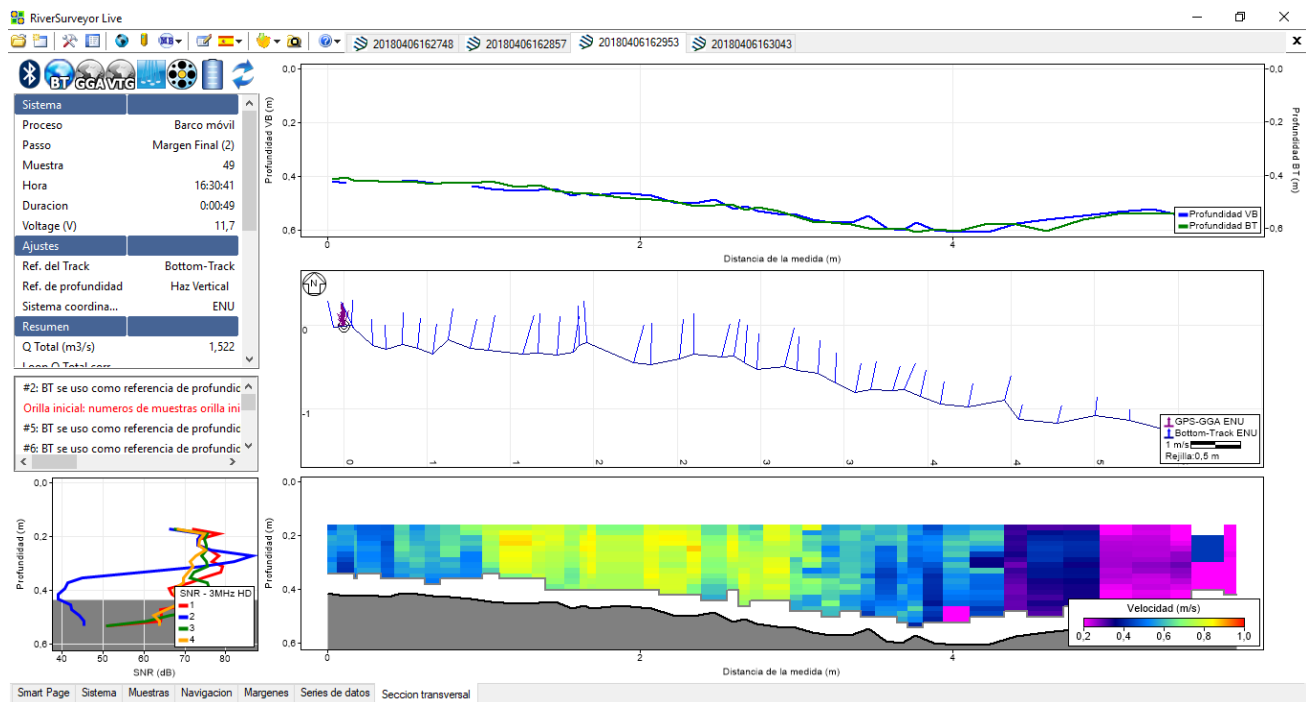


Foto 3. Imagen del software utilizado para integrar los valores medidos. Se observan la trayectoria de la embarcación, profundidades y celdas de velocidad.

En su conjunto, toda esta tecnología reduce el tiempo de un aforo de horas a minutos con todas las ventajas que esto significa en términos económicos y técnicos también, ya que no se ve afectado por variaciones del río durante una crecida en sus caudales.

Toda la información generada a partir de los distintos aforos se valida y carga en la Base de Datos Hidrológica (BDH) de la ACUMAR, disponible para todo el público desde su sitio web.