

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ÓPTIMO DE MEDICIÓN EN MEDICIONES ESTACIONARIAS CON ADCP

José M. Díaz Lozada^{1,2}, C. Marcelo García^{1,2}, Agustín López¹ y Kevin A. Oberg³.

¹Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba
Av. Filloy s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina.

²Instituto de Estudios Avanzados en Ingeniería y Tecnología - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

³U.S. Geological Survey (USGS). 405 N Goodwin Ave, Urbana, Illinois, EEUU.

Introducción

Las mediciones de caudal con Perfiladores de Corriente Acústico Doppler (ADCP) cada vez son más comunes debido a su rapidez y gran resolución espacial y temporal. En el año 2014, el 82% de las mediciones de caudal que realizaba el Servicio Geológico de Estados Unidos se hacían con ADCPs (Tarrab, 2014). En la República Argentina esta técnica de medición está siendo cada vez más utilizada en la actualidad. Generalmente los ADCP se utilizan montados en plataformas móviles, es decir el instrumento mide las velocidades del flujo y la batimetría de la sección a medida que va realizando el cruce del río de margen a margen y por lo tanto calcula el caudal en tiempo real, pero esta metodología no siempre es aplicable ya que puede haber casos en que existan: (A) condiciones de fondo móvil debido al transporte de sedimentos, en estos casos el sistema de referenciación de fondo que utiliza el instrumento (Bottom Track) no es adecuado y si no se utiliza un GPS no hay otra forma de referenciar espacialmente el instrumento; (B) Alta carga de sedimentos que atenúa significativamente la señal acústica que no permita una correcta referenciación del instrumento utilizando el sistema Bottom Track y si no se utiliza un GPS no hay otra forma de referenciar espacialmente el instrumento; (C) Mediciones en ríos que escurren bajo capas de hielo en los cuales no es posible mover el instrumento de margen a margen.. Frente a esta problemática es necesario utilizar mediciones estacionarias. Las guías de medición definidas por el USGS para este tipo de medición estacionaria, exigen un tiempo de registro de datos en cada vertical de 40 segundos con 30 muestras válidas (Campbell, 2015). La hipótesis que se discute en este trabajo es que este tiempo puede ser excesivo o escaso, según las condiciones de flujo, para alcanzar un nivel de error tolerable. García et al. (2006) cuantificó la incertidumbre de los parámetros de señales turbulentas en mediciones realizadas con velocímetros acústicos Doppler (ADV) utilizando la técnica "Moving Block Bootstrap (MBB)". En 2015 este autor presentó ante el USGS una propuesta de utilizar esta técnica para obtener el tiempo óptimo de medición en mediciones de caudal realizadas por método de vadeo con SonTek/ FlowTracker y en OTT/ADC. En este trabajo se propone que la técnica MBB puede ser aplicada también a mediciones estacionarias con ADCP; así, el equipo mediría perfiles de velocidad en la vertical hasta el que el valor de velocidad media alcance una incertidumbre tolerable definida por el usuario.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo es definir el tiempo óptimo de medición para mediciones estacionarias de caudal realizadas con ADCP.

Metodología

Para llevar a cabo este trabajo, se analiza la incertidumbre en la determinación experimental de la velocidad media en la vertical

(en lugar de analizar los valores de velocidad medidos en cada celda). Esto se realiza para reducir el tiempo de procesamiento y optimar su implementación en tiempo real. La serie de velocidad en cada vertical se exporta mediante el programa BBSlice y WinRiver II para el caso de los equipos RDI y RiverSurveyor Stationary para los equipos YSI/SonTek. Con las series de velocidad de cada localización, se procede a realizar el análisis de incertidumbre de los valores medios utilizando la técnica "Moving block Bootstrap" (MBB) propuesto por Kunsch (1989). Una determinación importante en este método es definir la longitud de bloque óptimo utilizada en el análisis.

El bloque óptimo es aquel que permite tener la mayor cantidad de muestras sin destruir la correlación de la señal. El bloque óptimo se determina mediante la ec.1 propuesta por García et al, (2006).

$$b_{opt} = 0,788 T_x^{2/3} T_m^{1/3} \quad [1]$$

Donde T_x es la escala integral de la velocidad y T_m es el tiempo de medición.

Finalmente se aplica la técnica "Moving Block Bootstrap" (MBB) con diferentes cantidades de señales generadas sintéticamente (50, 100, 1000) y diferentes tiempos de medición (10, 20,30 y 40 seg). En cada análisis se obtiene el coeficiente de variación del valor medio de velocidad. Este coeficiente se compara con los valores de coeficiente de variación (COV) aceptables para mediciones con molinetes de la Norma ISO 748/2007. Se adopta aquel tiempo de medición en donde el COV obtenido aplicando la técnica MBB sea menor que el exigido por ISO.

Resultados

Para la implementación de la metodología propuesta, se utilizaron una serie de mediciones estacionarias provistas por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). A modo ilustrativo se muestra el procesamiento de una medición completa (#517). El perfil de velocidades medias en la transversal se muestra en la figura 1 mientras que en la figura 2 se muestran los valores de coeficiente de variación (COV).

Puede observarse que el coeficiente de variación no varía significativamente si se generan 1000, 100 o 50 series, pero el tiempo computacional si se reduce notablemente por lo que generar 50 series de velocidad con el método MBB da buenos resultados. Puede observarse que el coeficiente de variación en los bordes y en el centro de la sección es alto. En el caso de los bordes se debe a la baja velocidad del flujo que hace que el coeficiente de variación aumente su valor (en estos casos realizar la comparación con los desvíos en vez de COV es una alternativa razonable). En el caso del centro hay una reducción de velocidad notable probablemente por la presencia de un obstáculo (pila de puente).

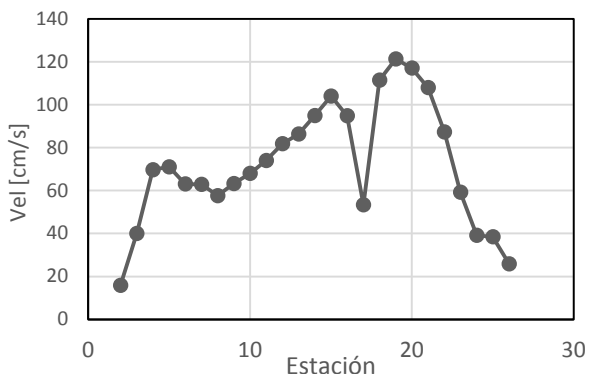


Figura 1.- Perfil de velocidad promediado en la vertical.

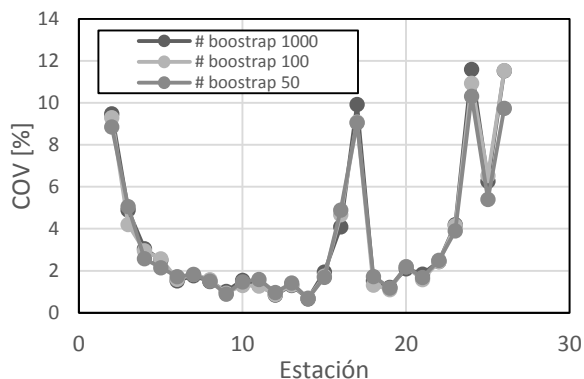


Figura 2.- Coeficiente de Variación en cada estación obtenida con 50, 100 y 1000 series de velocidades generadas con MBB.

Si se compara con los valores de COV límites definidos por la norma ISO para una profundidad de 0,6 de la profundidad y 30 segundos de medición puede verse que midiendo 40 segundos solo 6 puntos quedan fuera del intervalo tolerado y aumenta a 7 si se miden 20 segundos (ver figura 3). En el caso de estos 7 puntos podría continuarse midiendo por un tiempo mayor hasta obtener un COV menor que el límite o en caso de no alcanzar dicho valor límite después de un cierto tiempo detener la medición y reportar el valor de COV obtenido aunque este fuera del límite. Tomando como ejemplo en este caso que cada estación se midiera 40 segundos el tiempo total medición neta (sin contar los tiempos de movimiento del instrumental) sería: 17 minutos aproximadamente, mientras que si se hubiese medido 20 segundos en los puntos por debajo del límite, definido por ISO y 40 en los puntos por encima del mismo (7 puntos) el tiempo de medición neta hubiese sido de 11 minutos aproximadamente, una reducción del 35% en el tiempo de medición.

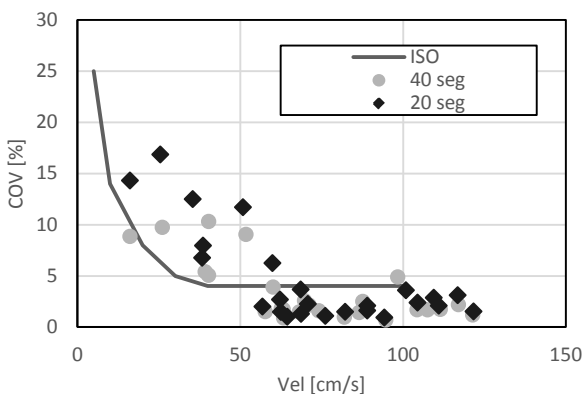


Figura 3.- comparación entre los COV obtenidos con MBB midiendo 40 y 20 segundos con los COV límites definidos por la norma ISO para una profundidad de 0,6 de la profundidad y 30 segundos de medición.

Conclusiones y trabajos futuros

La técnica MBB, permite determinar el tiempo óptimo de medición de una manera rápida y de fácil implementación en tiempo real para los ADCPs cuando estos miden en forma estacionaria.

En las zonas de baja velocidad se está trabajando en definir un umbral límite para el desvío de la velocidad, ya que en dichas zonas el COV es alto debido a la baja velocidad del flujo.

La idea que se propone es que el instrumento mida perfiles de velocidad hasta que el valor de COV o desvío (para velocidades bajas) de la velocidad media en la vertical se encuentre por debajo de un límite aceptable. En caso de no alcanzarse dicho límite después de un cierto tiempo (a definir) que se reporte el valor de velocidad media con su incertidumbre asociada.

Además de obtenerse el tiempo óptimo de medición, la metodología aquí empleada permite conocer rápidamente la existencia de errores en la medición ya que estos se ven reflejados en el valor del COV.

Referencias bibliográficas

Campbell P. (2015) *Standard Operating Procedures for under ice discharge measurements using ADCPs* - Water Survey of Canada, Environment Canada, Ottawa, 2015.

Garcia, C. M., Jackson, P. R., & Garcia, M. H. (2006). *Confidence intervals in the determination of turbulence parameters*. Experiments in fluids, 40(4), 514-522.

ISO, E. (2007). 748, 2007: *Hydrometry. Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats*. BSI.

Kunsch H (1989) *The jackknife and the bootstrap for general stationary observations*. Ann Stat 17:1217-1241

Tarrab, L. (2014). *Incertidumbres en Mediciones de Caudal con Perfiladores de Corriente Acústicos Doppler desde Plataformas Móviles*. Tesis de Doctorado – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba.