

ENSEÑANZA EN AFOROS CON INSTRUMENTOS ULTRASÓNICOS

Mauricio de Jesús Escalante Estrada¹, J. Jesús Gómez Lázaro²
y José Alfredo González Verdugo¹

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso Jiutepec, Morelos, México.

²Posgrado en Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, México.

E-mail: mescaln@tlaloc.imta.mx, jagonzal@tlaloc.imta.mx, jesgolaz@comunidad.unam.mx

Introducción

Desde el año 2003 dentro de los programas de mejoramiento de la medición de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha participado en la elaboración de especificaciones técnicas, procedimientos de medición y protocolos de mantenimiento de sistemas de medición con tecnología de punta y alto grado de precisión (error < 2%). Los resultados de estos programas se han reflejado en la instrumentación de 42 presas de almacenamiento y 274 puntos de control en canales de los Distritos de Riego, de la CONAGUA y en las 38 principales Centrales Hidroeléctricas de la CFE.

Para multiplicar la capacitación del personal técnico de la CONAGUA y CFE, así como de empresas que contemplen la especialización en la instrumentación con equipos de medición ultrasónica (tecnología de tiempo de travesía y de efecto Doppler), se han impartido cursos presenciales del tipo teórico-práctico.

El presente trabajo muestra el contenido de los cursos y la experiencia obtenida en ellos, lo que ha provocado una mejora en la operación y mantenimiento de los aforadores automáticos.

Durante el desarrollo de los cursos se presentan los fundamentos de la medición de caudal en tuberías y canales, las recomendaciones para una buena operación de aforadores automáticos, el efecto Doppler y su utilización en aforo de flujos a superficie libre, la metodología de calibración de aforadores, e instrumentos portátiles, la técnica de tiempo de travesía, y por último aforadores de garganta larga.

Las dinámicas de los cursos consisten en ir presentando la teoría de las técnicas en el aula realizando ejercicios numéricos resueltos de situaciones frecuentes. Se llevan a cabo prácticas de aforo ya sea en el laboratorio Enzo Levi del IMTA o bien en algún canal de riego de pertenencia a la CONAGUA. También en el aula se presentan los programas de cómputo para el manejo de los dispositivos electrónicos que configuran o parametrizan los equipos ultrasónicos.

En términos generales se considera que los cursos cubren cabalmente las expectativas de los asistentes, motivando a los mismos a seguir obteniendo información sobre el tema para afianzar el aprendizaje adquirido. En los capítulos se mencionan a manera de resumen, los temas de los contenidos de los cursos.

Fundamentos de hidráulica

Durante el desarrollo de los cursos se presentan los fundamentos de la medición de caudal en tuberías y canales. En esta parte los participantes conocen la distribución de velocidades, cómo calcular el área hidráulica, la velocidad media, el gasto o caudal, el volumen totalizado, tipos de errores de medición, precisión absoluta y relativa, métodos directos e indirectos de medición de gasto, y los métodos usuales de medición.

Selección de técnica de aforo e incertidumbre

En esta parte del curso se presenta los métodos y técnica de

aforo. El método son los principios físicos para determinar el gasto como son “área-velocidad”, o “tirante-gasto”. La técnica se basa en la aplicación del método con la herramienta disponible. En cada medición es necesario conocer el error posible, y si éste es aleatorio o sistemático, su manera de determinar y posible corrección.

Se recomienda que el punto de medición esté en un tramo largo mayor a diez veces el ancho del espejo de agua en un canal o río o diez veces el diámetro si se trata de medidor en tubería.

Recomendaciones para una buena operación

En este segmento del curso el participante conoce los aforadores automáticos fijos, las partes que los integran y los cuidados básicos que se deben tener en cuenta para la correcta operación de los mismos, como son el cuidado de la energía que se suministra al equipo de medición desde las celdas solares, baterías, y controlador de carga. También se hace hincapié en la limpieza de la sección de aforo y vaso comunicante entre canal y caseta para que el área hidráulica determinada sea la correcta. Por último, en este segmento se recomienda la necesidad de las adecuadas reglas o escalas donde se observa el nivel del canal.



Figura 1.- Terminal de batería en mal estado, y pintado de escala.

Aforador Doppler Lateral (ADL)

En el curso se muestra sus principios de funcionamiento, sus alcances, que zonas puede medir, que zonas no puede medir. También criterios de instalación, necesidad de determinar una buena sección transversal para tener una buena área hidráulica. Se indican las partes que integran un sistema de aforo con esta tecnología.

También se presenta la manera de configurar la sección hidráulica, esquema de muestreo para obtener velocidades de los equipos de las marcas instaladas ya en medidores de la CONAGUA, como son *Sontek (2010)* y *RDI Teledyne (2005)*.

Metodología de calibración de un perfilador acústico fijo

En el curso se describe paso a paso la manera de calibrar un equipo *Doppler* lateral o de fondo. El método sigue siendo “área-velocidad”, pero ahora se usa la teoría de la velocidad índice, que consiste en ajustar la medición de una parte del canal (en este caso el perfil de velocidades en la horizontal) con la velocidad media de toda la sección transversal, dado que no es posible a priori que el plano de medición está observando

velocidades rápidas o lentas respecto a la velocidad media, es necesario calibrar la velocidad índice para que represente la velocidad media.

Se eligen las secciones de aforo, una donde se sitúa el medidor *Doppler* lateral y otra donde es posible aforar como referencia. En ambas secciones se hace un levantamiento topográfico a fin de determinar el área hidráulica. El aforo de referencia se lleva a cabo con una técnica de aforo de poco error. Ahora hay herramientas que pueden tomar más de 20 segmentos y muchas más lecturas de velocidad, como son los perfiladores *Doppler* portátiles como el *Sontek Hydrosurveyor M9/S5*, que en este mismo curso se imparte.

Una vez obtenidos los caudales del aforador *doppler* lateral (ADL) y el de referencia, se comparan las velocidades medias; la del ADL es la velocidad índice, y la del perfilador que es la referencia. Se solicita hacer este procedimiento para seis gastos (tirantes) que cubran desde un gasto mínimo hasta el máximo, y sobre todo aquel gasto que sucede la mayor parte del tiempo. Utilizando regresión lineal se hace un gráfico de dispersión donde se determina la recta que mejor ajusta. Dicha ecuación se introduce en el software del equipo correspondiente con lo que se puede decir que el equipo quedó calibrado.

Operación del perfilador acústico M9/S5

En este subtema, se presentan las partes que integran el medidor M9/S5, los datos que se requieren como profundidad del sensor una vez sumergido, declinación magnética, entre otros. Se presentan algunas actividades que llevan a buen éxito de aforo como la calibración adecuada de la brújula interior del equipo, el movimiento del equipo durante el aforo, el cierre del aforo para obtener gasto, así como la descarga de datos. Es necesario mencionar que es una herramienta que se usa de referencia debido al gran número de celdas de medición que realiza, tanto a lo largo de la sección transversal, como en la profundidad.

El perfilador es montado en un flotador comúnmente le denominamos “barquito”, y por medio de cuerda se hace pasar varias veces en la sección transversal del canal.

Prácticas de campo

Los cursos se llevan a cabo en un aula donde se presentan los temas en diapositivas, los participantes hacen cálculos numéricos de áreas, velocidades, medias, desviaciones estándares, y conocen con imágenes los equipos.

En los cursos también se hacen prácticas de aforo como se ve en la figura 2, donde se enseña a los asistentes a operar un perfilador acústico M9/S5 (barquito).

También se han llevado equipos al aula, donde se ensaya la conexión eléctrica de los mismos, con el fin que los asistentes puedan aprender a conectarlos y operarlos, como se muestra en la figura 3.



Figura 2.- Práctica de aforo con M9/S5.



Figura 3.- Asistentes al curso probando energía en equipos.

Conclusiones

Durante el desarrollo de los cursos los asistentes participaron exponiendo sus necesidades y experiencias en cuestión de aforos, enriqueciendo los contenidos del mismo. Han reconocido que el dato de caudal en un aforo no es dato único, sino que es un dato que está en una cantidad media que varía entre más menos un porcentaje en función de la técnica adecuada.

Aprendieron a identificar los requerimientos que se deben tener para un correcto aforo, y que no sólo el aforo con molinete mecánico es la única manera de cuantificar el agua, sino que existen más técnicas y herramientas que aumentan la calidad de los resultados, y hasta simplificar el trabajo físico.

En términos generales se considera que los cursos cubren cabalmente las expectativas de los asistentes, motivando a los mismos a seguir obteniendo información sobre el tema para afianzar el aprendizaje adquirido.

Referencias bibliográficas

Escalante Estrada, M; Reza Arzate, G (2015). Hidrometría ultrasónica Apuntes de curso. Jiutepec, Mor. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

SonTek/YSI (2010), RiverSurveyor S5/M9. System Manual. USA <http://www.sontek.com>

Tamari Wagner, S; Aguilar Chávez, A (2010). Aforo en canales y presas: selección de una técnica. Jiutepec, Mor. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (Colección Guías Técnicas) 40 p.

RDI Teledyne (2005). Channel Master Operation Manual, USA. <http://www.teledynemarine.com/rdi/>