

# Planteamiento y desarrollo metodológico de la macromedición en acueductos urbanos

## Methodological planning and development of macrometering in urban water systems

HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ<sup>1</sup> - MAURICIO CRUZ GÓMEZ<sup>2</sup>

1. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. M.sc. en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

alfonso.rodriguez@escuelaing.edu.co - mauricio.cruz@mail.escuelaing.edu.co

Recibido: 25/02/2016 Aceptado: 10/03/2016

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

En este artículo se presentan los procesos o desarrollos metodológicos de la macromedición en un sistema de acueducto urbano, desde los puntos de vista de implementación, mantenimiento y aseguramiento de la calidad, selección de equipos y procesamiento de la información de datos.

**Palabras claves:** implementación, mantenimiento, aseguramiento de la calidad de la información, equipos de macromedición, proceso de la información de datos.

### Abstract

This article shows the methodological developments or processes of macrometering in urban water systems from the points of view of implementation, maintenance and quality assurance, equipment selection, and data information processing.

**Keywords:** implementation, maintenance, quality assurance information, macrometering equipment, data information process.

## INTRODUCCIÓN

La macromedición es la actividad que se utiliza para medir a gran escala un componente. Para un sistema de acueducto que transporta agua potable en conductos cerrados y a presión, el resultado de la macromedición permite disponer de información sobre caudales, presiones y parámetros de calidad de agua.

Con la información dispuesta, los propósitos generales de la macromedición son: a) operar y controlar un sistema de acueducto de una manera eficiente y precisa; b) diagnosticar un sistema de acueducto existente con la implementación de un modelo hidráulico calibrado, para identificar, analizar y evaluar parámetros hidráulicos de calidad de agua y operacionales, y c) optimizar el sistema de acueducto existente mediante la ejecución de obras y diseños nuevos en función del cumplimiento de las normas y estándares de calidad vigentes.

En atención a la importancia de los propósitos generales que tiene la macromedición para un sistema de acueducto, es necesario dar claridad a procesos o desarrollos metodológicos de la macromedición desde los siguientes puntos de vista: a) implementación de la macromedición; b) mantenimiento y aseguramiento de la calidad de la información; c) selección de equipos, y d) procesamiento de la información de datos.

La implementación de la macromedición en un sistema de acueducto urbano comprende la ejecución de diseños, obras civiles y suministro e instalación de los equipos, que consecuentemente genera para el operador actividades de operación y control sobre el sistema implementado.

El mantenimiento y el aseguramiento de la calidad de la información transmitida por los equipos de macromedición aumentan la confiabilidad de las mediciones captadas en campo sobre un sistema de acueducto urbano.

El estado del arte y los avances tecnológicos en los equipos de macromedición evidencian un amplio mercado, lo cual permite observar la evolución de tecnologías y diseños aplicativos, que posibilitan la implementación de la macromedición para cualquier condición física, hidráulica y económica particular de un sistema de acueducto.

Por último, el procesamiento de la información de datos permite cumplir con los propósitos generales de la macromedición en un sistema de acueducto urbano.

En este artículo se propone una serie de desarrollos metodológicos para la implementación, el mantenimiento y el aseguramiento de la calidad, la selección de equipos y el procesamiento de información de datos para operar, diagnosticar y controlar eficientemente un sistema de acueducto urbano.

## MACROMEDICIÓN

Ante la necesidad de abastecer de agua potable a una población concentrada nació la concepción de los sistemas de acueductos urbanos, que históricamente tuvo un predominio técnico en la planificación, el diseño y la construcción. Hoy se incluyen nuevos aspectos para estos sistemas, como los temas económicos, financieros y ambientales, que en su desarrollo implican generar herramientas en beneficio de la operación, el control y la optimización de los sistemas de producción y distribución de agua potable, siendo la macromedición un protagonista de primer nivel.

La macromedición en un sistema de acueducto urbano tiene como objetivo básico medir caudales, presiones y parámetros de calidad de agua para conseguir los siguientes propósitos generales: a) operar y controlar el sistema de acueducto de una manera eficiente y precisa; b) diagnosticar un sistema de acueducto existente con la implementación de un modelo hidráulico calibrado para identificar, analizar y evaluar parámetros hidráulicos de calidad de agua y operacionales, y c) optimizar el sistema de acueducto existente mediante la ejecución de obras y diseños nuevos en función del cumplimiento de las normas y estándares de calidad vigentes.

Para cada propósito, la macromedición tiene los siguientes objetivos particulares:

- En la operación y control
  - Monitorear la red.
  - Generar resultados de predicción y reacción rápida del sistema.
  - Establecer programas de mantenimiento o rehabilitación.
- En el diagnóstico
  - Verificar y calibrar el sistema de acueducto.
  - Evaluar el sistema de acueducto.
  - Simular eventos.
  - Definir actividades de búsqueda de fugas en el sistema.

- En la optimización
  - Plantear alternativas de mejora.
  - Definir el diseño de nuevas obras para optimizar el sistema.
  - Establecer proyectos para la reducción de pérdidas.

### TECNOLOGÍAS EN EQUIPOS DE MEDICIÓN DE CAUDAL

Un equipo de medición de caudal es un contador que determina la cantidad de agua en peso o volumen y por unidad de tiempo que pasa por una sección transversal dada. También mide la magnitud de la velocidad con datos que se integran en un plano, tal como la sección transversal de una tubería que transporta agua, con el fin de establecer el flujo por una sección determinada.

Las tecnologías en equipos de medición de caudal y las potenciales que se pueden utilizar en las redes de un sistema de acueducto urbano para el control de agua circundante por las conducciones cerradas y a presión se clasifican con base en las técnicas de medición, de la más antigua a la más moderna (tabla 1).

**Tabla 1**  
Clasificación de equipos de medición de caudal

Grupo	Descripción	Categoría por (energía)	Categoría por (método)
A	Equipos de presión diferencial (PD)	Extraen	Indirecto
B	Equipos de sección variable (rotámetros)	Extraen	Indirecto
C	Equipos volumétricos o de desplazamiento positivo (DP)	Extraen	Directo
D	Equipos de turbina	Extraen	Indirecto
E	Equipos de vórtex	Extraen	Indirecto
F	Equipos electromagnéticos	Añaden	Indirecto
G	Equipos por ultrasonido	Añaden	Indirecto

Fuente: Autor.

Entre los equipos básicos para la medición de caudal en tuberías cerradas, se establecen dos categorías relacionadas con la energía:

- *La que extrae energía del flujo.* Una extracción de energía lleva asociada una caída de presión. La mayoría de los equipos y las tecnologías más antiguas pertenecen a esta categoría. Este método consiste en colocar en

la corriente un estrangulamiento, un cuerpo sólido o un rotor, los cuales convierten la energía potencial del fluido en energía cinética, la cual se emplea para deducir la velocidad del fluido.

- *La que añade energía al flujo.* Los equipos que añaden energía corresponden a las tecnologías más modernas, donde introducen energía en forma de flujo magnético (equipos magnéticos), de ondas sonoras (equipos ultrasónicos) o de calor (equipos térmicos para caudal másico). El fluido reacciona ante este incremento de energía y dicho cambio permite deducir o medir el caudal.

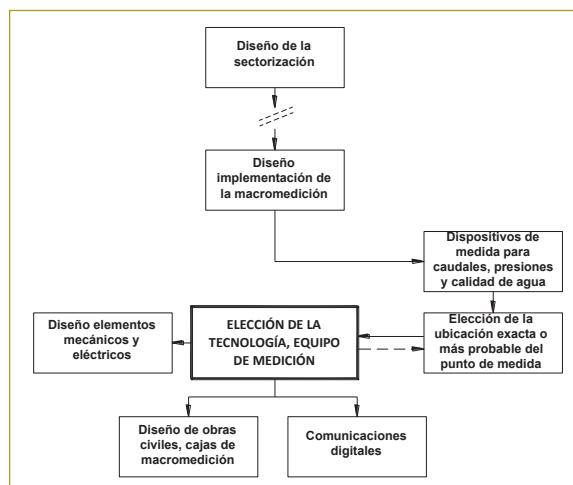
Así mismo, se clasifica en una categoría (directa o indirecta) a los equipos de medición de caudal, dependiendo del método de su medida (tabla 1).

### IMPLEMENTACIÓN DE LA MACROMEDICIÓN

La implementación de la macromedición en un sistema de acueducto urbano comprende la ejecución de diseños, obras civiles y suministro e instalación de equipos, que consecuentemente genera para el operador actividades de operación y control sobre el sistema implementado.

#### Diseño de un sistema de macromedición

La secuencia lógica del diseño de un sistema de macromedición se resume a renglón seguido (flujograma 1).



Fuente: Autor.

**Flujograma 1.** Diseño de un sistema de macromedición.

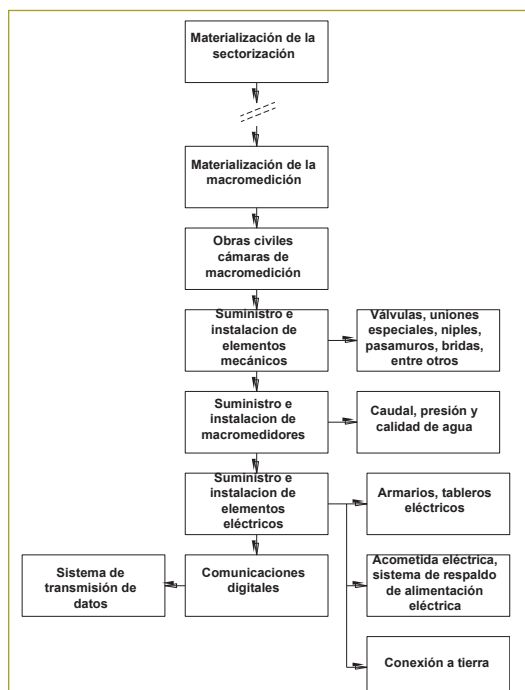
En el diseño de un sistema de macromedición es necesario identificar, en primera instancia, la ubicación exacta o más probable del punto de medición sobre la tubería delimitada por la sectorización, que puede sufrir modificaciones con la elección de la tecnología.

Escogida la ubicación del punto de medida se procede a seleccionar la tecnología del equipo de macromedición, evaluando aspectos como las propiedades del fluido que se va a medir, la localización del punto de medida, las especificaciones técnicas del dispositivo de medida y los criterios económicos, siguiendo la metodología que se describe en este artículo.

Definidas la ubicación exacta y la tecnología del equipo, se procede con el diseño de las obras civiles de la caja de macromedición y demás elementos eléctricos y mecánicos, incluyendo el sistema de comunicación o control para la emisión y recepción de datos, según aplique para cada caso en particular.

### Obras civiles y suministro e instalación de elementos mecánicos y eléctricos

A continuación se resume el proceso de implementación de un sistema de macromedición para un sistema del acueducto urbano (flujograma 2).



Fuente: Autor.

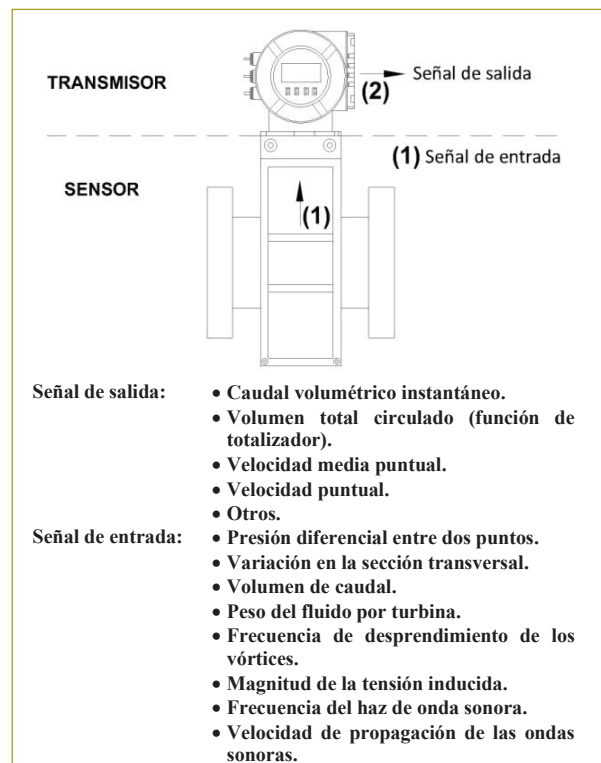
**Flujograma 2.** Construcción de un sistema de macromedición.

### Comunicaciones digitales

El diseño y la implantación de las comunicaciones digitales en un sistema de macromedición (señaladas en los flujogramas 1 y 2) conciernen a un sistema de transmisión de datos, alarmas y salidas que se pueden manejar de manera remota y permiten contar con la información centralizada en un punto de control u operación por intermedio de una plataforma (*software*) o un sistema Scada, Supervisory Control and Data Acquisition (supervisión, control y adquisición de datos).

El desarrollo de un sistema de transmisión de datos o comunicaciones digitales en cualquier sistema de macromedición le permite al operador reducir costos y mejorar la calidad para controlar cualquier proceso.

Las comunicaciones digitales y, por consiguiente, el sistema de transmisión de datos es posible gracias a los transmisores de los equipos de macromedición, que convierten la señal de entrada que genera el sensor en una señal de salida equivalente a una corriente eléctrica transmisible (figura 1).



Fuente: Autor.

**Figura 1.** Tipos de señales de entrada y salida. Sensor y transmisor.

La comunicación de los transmisores de los equipos de macromedición al sistema de automatización o Scada, y de éste a los actuadores, se puede efectuar mediante señales analógicas 4-20 mA o digitales por medio de cables o red inalámbrica, en este último caso por *bluetooth* para distancias cortas (menores de 200 metros) o utilizando la red de telefonía celular de tecnología GPRS (*General Packet Radio Service*), enlaces de bandas del espectro electromagnético VHF (*Very High Frequency*) o UHF (*Ultra High Frequency*).

### METODOLOGÍA PARA EL MANTENIMIENTO Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN DE LA MACROMEDICIÓN

El plan de mantenimiento en un sistema de macromedición implica garantizar la seguridad permanente y el funcionamiento fiable de los instrumentos de medida, que varía en su diseño por la definición de la periodicidad de las tareas de mantenimiento, dependiendo del tipo de tecnología instalada en campo y de los planes detallados por cada operador en aspectos como seguridad, procesos en la operación, continuidad del servicio, planes de trabajo, disponibilidad de personal técnico, registros históricos, aspectos ambientales, entre otros, que cambian con el tiempo y afectan directamente las lecturas de los equipos de medición.

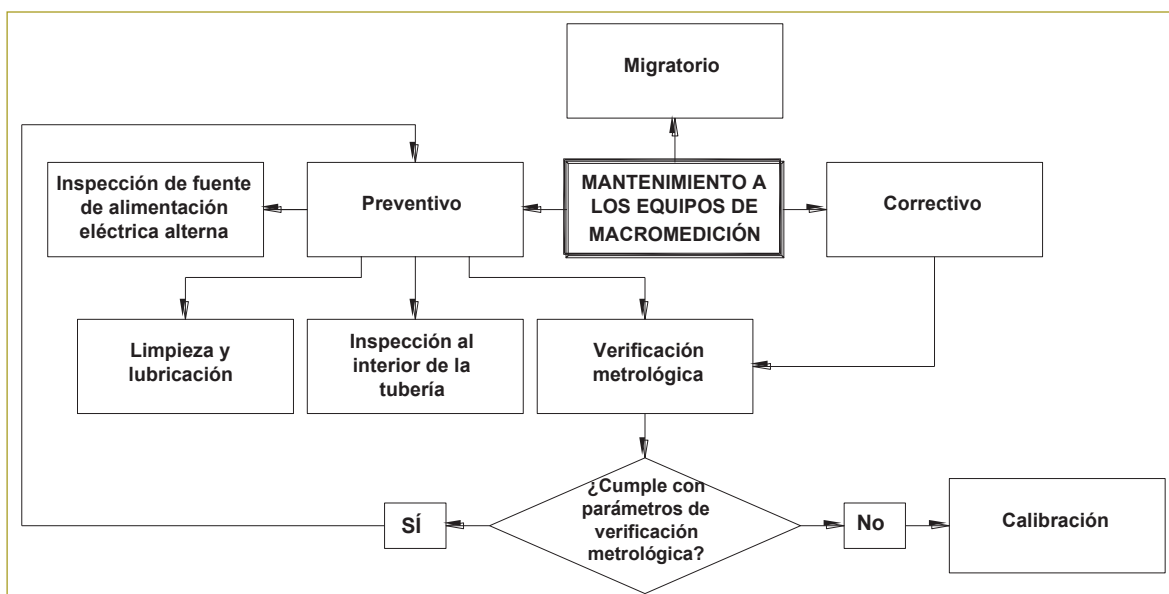
Todas las tareas de mantenimiento son esenciales para garantizar un funcionamiento óptimo y fiable de los instrumentos de medida. Esto se puede volver una práctica básica teniendo en cuenta las tareas esenciales que se relacionan posteriormente (flujograma 3).

#### Mantenimiento preventivo

Hace referencia a la inspección periódica de los dispositivos de medición para evitar tareas de mantenimientos correctivos e innecesarios, lo cual reduce costos en el proceso de operación y evita el riesgo de paralizar en el proceso de producción.

#### Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento se presenta en los casos en los que se identifica discontinuidad en la medición o ausencia de datos, fallas técnicas, evidencia de una señal inestable o desviaciones en el desarrollo de una verificación metrológica, problemas de descargue de datos; incluso durante el desarrollo de mantenimientos preventivos, cuando el dispositivo no funciona correctamente y es necesario sustituirlo o retirarlo y reparar alguna de sus partes.



Fuente: Autor.

**Flujograma 3.** Metodología para el mantenimiento de los equipos de macromedición.

## Mantenimiento migratorio

El mantenimiento migratorio hace referencia a la necesidad de renovar el equipo de medición existente por uno de nueva generación o la implementación de otra tecnología, por cumplimiento de su vida útil o para mejorar las condiciones operativas, tales como la precisión en las lecturas, reducción de costos en el mantenimiento al no disponer fácilmente de las piezas de repuesto, disminución de costos en el consumo eléctrico, que con

las nuevas tecnologías podría implicar reducción en el consumo eléctrico, o por innovación.

## Plan de mantenimiento

A continuación se muestra una comparación de los tipos de tecnología y equipos de macromedición frente a los tiempos recomendados en periodos de mantenimientos preventivos, correctivos o migratorios, lo cual ayuda

**Tabla 2**  
Plan de mantenimiento de equipos de macromedición

Tipo de mantenimiento		Grupos (caudal)								Grupos (presión)	
		A	B	C	D	E	F	G		H	I
								G1	G2		
Preventivo	Verificación metrológica	Cada año	Cada año	Cada año	Cada año	Cada año	Cada 2 años	Cada año	Cada año (*)	N/A	N/A
	Calibración	Cada 3 años o cuando amerite	Cada 3 años o cuando amerite	Cada 5 años o cuando amerite	Cada 5 años o cuando amerite	Cada 7 años o cuando amerite	Cada 7 años o cuando amerite	Cada 7 años o cuando amerite	Cada 7 años o cuando amerite	Cada año	Cada 5 años
	Inspección al interior de la tubería	Cada año	N/A	Cada año	Cada año	Cada año	Cada 2 años	Cada 2 años	Cada 2 años	N/A	N/A
	Limpieza o lubricación	Cada año	Cada año	Cada año	Cada año	Cada año	Cada 2 años	Cada año	Cada 2 años	N/A	Cada año
	Inspección de fuente de alimentación eléctrica alterna	Cada año	Cada año	Cada año	Cada año	Cada año	Cada año	Cada año	Cada 3 meses	N/A	Cada año
Correctivo	Mantenimiento por fallo completo del equipo o reparación de alguna de sus partes o piezas	Cuando amerite	Cuando amerite	Cuando amerite	Cuando amerite	Cuando amerite	Cuando amerite	Cuando amerite	Cuando amerite	Cuando amerite	Cuando amerite
	Verificación metrológica	Se debe efectuar cada vez que aplique el mantenimiento correctivo									
Migratorio	Renovación de equipo por nueva generación	Se debe evaluar la renovación del equipo entre los 5 y 10 años de funcionamiento									
	Implementación de otra tecnología	Se debe justificar después de los 10 años de uso o funcionamiento del equipo									
	Actualización de software	Cada 6 meses									

### Convenciones

N/A	No Aplica
-----	-----------

Grupo A: equipos de presión diferencial (PD)	Grupo F: equipos electromagnéticos
Grupo B: equipos de sección variable (rotámetros)	Grupo G1: equipos ultrasónicos método Doppler
Grupo C: equipos volumétricos o de desplazamiento positivo (PD)	Grupo G2: equipos ultrasónicos método tiempo de tránsito
Grupo D: equipos de turbina	Grupo H: manómetros
Grupo E: equipos vórtex	Grupo H: data logger de presión

Fuente: Autor.

para el desarrollo de una primera versión del diseño de un plan de mantenimiento para los equipos de macromedición dispuestos en terreno (tabla 2).

**Plan de aseguramiento de la calidad de la información**

A renglón seguido se muestran los periodos recomendados para garantizar que las unidades de distribución macromedidas sean hidráulicamente estancas y de esta forma se aumente la confiabilidad de las lecturas transmitidas por el sistema de macromedición (tabla 3).

**Tabla 3**  
Plan de aseguramiento de calidad de información macromedida

Actividad	Recomendación
Pruebas de aislamiento preliminar	Revisión bimestral de las válvulas de cierre permanente (VCP) de la unidad de distribución medida o cuando el análisis a las desviaciones presentadas en las macromediciones lo amerite.
Pruebas de aislamiento total	Ejecución bianual de pruebas de aislamiento total de la unidad de distribución medida o cuando el análisis a las desviaciones presentadas en las macromediciones lo amerite.

Fuente: Autor.

**METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MACROMEDICIÓN**

**Selección de un equipo de medición de caudal**

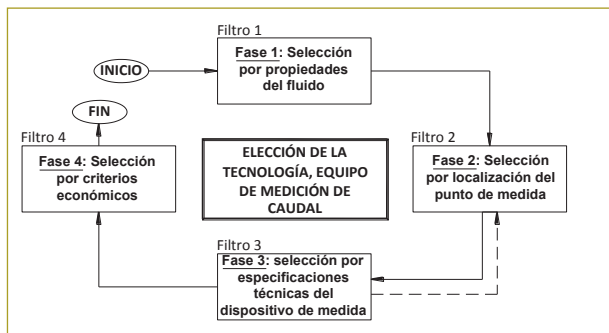
Los equipos de medición en tuberías cerradas y a presión de última generación permiten desarrollar un nuevo tema, encaminado a establecer una metodología para la selección de equipos o tecnologías de macromedición en un sistema de acueducto urbano.

La metodología propuesta está definida por las siguientes fases:

- Fase 1. Selección por propiedades del fluido.
- Fase 2. Selección por localización del punto de medida.
- Fase 3. Selección por especificaciones técnicas del dispositivo de medida.
- Fase 4. Selección por criterios económicos.

El proceso de selección está definido por las fases que se relacionan más adelante (flujograma 4), donde cada una representa un filtro en la selección de la tecnología de un equipo de medición de caudal.

La fase 1, “Selección por propiedades del fluido”, como primer filtro en la selección de un equipo de medición de caudal, depende de las siguientes variables:



Fuente: Autor.

**Flujograma 4.** Metodología para la selección de equipos de medición de caudal.

- Tipo de fluido que se va a medir.
- Porcentaje de aire o burbujas en volumen presente en el sistema.
- Porcentaje de partículas sólidas en suspensión en volumen presente en el sistema.
- Tipo de escenario de trabajo requerido.
- Temperatura y presión máxima de trabajo.
- Número de Reynolds mínimo de trabajo.
- Conductividad presente en el sistema.

La fase 2, “Selección por localización del punto de medida”, depende de los siguientes requerimientos y recomendaciones:

- Tramos de entrada y salida rectos y libres de accesorios.
- Orientación del equipo de caudal.
- Dirección de flujo (unidireccional/bidireccional).
- Diámetro nominal.

La fase 3, “Selección por especificaciones técnicas del dispositivo de medida”, depende de las siguientes características:

- Precisión.
- Repetibilidad.
- Rangeabilidad o rango dinámico.
- Pérdidas de carga.
- Señal de entrada.
- Normas estándares.

Finalmente, la fase 4, “Selección por criterios económicos”, cierra el ciclo de selección de un equipo de medición de caudal para el uso en un sistema de acueducto urbano, y depende de la evaluación de los siguientes parámetros:

- Costo de adquisición del equipo.
- Costos de instalación.
- Costos de funcionamiento.
- Costos de mantenimiento.
- Costos de calibración.
- Costos de incertidumbre en la medición.

## METODOLOGÍA PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE DATOS

El procesamiento de la información de datos, producto de los resultados de los equipos de macromedición, comprende los siguientes aspectos:

- Registros de datos brutos.
- Consolidación de datos.
- Identificación de datos atípicos.
- Análisis y validación de datos atípicos, anómalos o extraños.
- Indicadores de gestión.

Las principales recomendaciones, que dependen de los anteriores aspectos, son las siguientes:

- Se recomienda llevar una estructura de almacenamiento sistemática de los datos brutos por cada mes de operación y para cualquier tipo de medida, caudal, presión o calidad de agua.
- Con los registros de la información captada en terreno es fácil que el operador o supervisor del sistema de macromedición en el área de control identifique la ausencia de datos o vacíos de información, producto de errores en el sistema de comunicación, interferencia en las mediciones causada por robos, fallas

en la alimentación eléctrica principal y alterna o por actividades de mantenimiento, entre otros, y proceda a la completitud de datos faltantes, de acuerdo con métodos estadísticos o con *softwares* especializados.

- Depurada la información de datos brutos con la completitud de datos faltantes, el procedimiento que se recomienda para la identificación de datos atípicos, anómalos o extraños en cualquier serie de medición de caudal, presión o calidad de agua es por medio de la utilización de la herramienta estadística denominada “Diagrama de cajas”. Este diagrama es una presentación visual que describe al mismo tiempo varias características importantes de un conjunto de datos, tales como el centro, la dispersión, la simetría o asimetría, y la identificación de observaciones atípicas.
- Identificada las lecturas de medición atípicas, anómalas o extrañas con este método estadístico, se sugiere un proceso de análisis para la validación o no de un dato atípico, con el análisis de cada uno de los puntos que se exponen a continuación:
  - Análisis operacional por compensación.
  - Análisis operacional por cambios en los límites de la sectorización.
  - Análisis operacional por ocurrencia de daños.
  - Análisis operacional por aumento en consumos técnicos.
  - Revisión de actividades sistemáticas.
- Para controlar la gestión de la producción de la información macromedida en un sistema de acueducto urbano es necesario que el operador establezca y cumpla ciertos indicadores de gestión, en los que pueda evaluar, por ejemplo, la variación de la medición por unidad de distribución y de unidades más grandes hasta toda la producción del sistema, la continuidad de la medición para cada punto de macromedición, el tiempo promedio de atención y reparación de daños a puntos de macromedición, el porcentaje de cumplimiento de las actividades de aseguramiento de la calidad de la información macromedida, entre otros.

## CONCLUSIONES

La metodología desarrollada es una valiosa herramienta para implementar la macromedición en acueductos urbanos. Presenta procesos y procedimientos de man-



tenimiento y aseguramiento de la calidad de la información, plantea procedimientos de selección del tipo de equipo que se debería utilizar en el punto de medición particular de la red y propone una metodología para el procesamiento de la información de datos.

Esta metodología facilita la elección del equipo de macromedición, ya que analiza los avances tecnológicos en el diseño de estos aplicativos, lo cual permite observar la evolución que se presenta en el mercado para hacer menos compleja la elección del equipo adecuado.

La metodología desarrollada incluye recomendaciones para la implementación de la macromedición, teniendo en cuenta los procesos de diseño de la sectorización, la definición de características y particularidades de la infraestructura y la instrumentación que se requieren para la instalación *in situ* de un equipo, así como el diseño e implantación de las comunicaciones digitales.

El plan de mantenimiento recomendado para los equipos de macromedición es correctivo, preventivo y migratorio, que en conjunto garantiza la seguridad permanente y el funcionamiento fiable de los instrumentos de medida, el cual varía en la definición de la periodicidad de las tareas, dependiendo del tipo de tecnología instalada en campo y que, de acuerdo con los planes detallados por cada operador, se pueden modificar en aspectos como seguridad, procesos en la operación, continuidad del servicio, planes de trabajo y disponibilidad del personal técnico.

Para asegurar la calidad de la información de la macromedición, además del cumplimiento de las actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y migratorio, es necesario garantizar que las unidades de

distribución macromedidas cumplan la condición de ser hidráulicamente estancas, razón por la cual el operador del sistema de acueducto debe realizar periódicamente pruebas de aislamiento preliminar y total.

El procesamiento de la información de datos desarrollado contempla el registro de datos brutos, la consolidación, identificación y validación de datos atípicos, anómalos o extraños, y recomendaciones para los indicadores de gestión. Con este último proceso el usuario puede evaluar comportamientos, tendencias y desviaciones de los registros históricos en la toma de acciones o correctivos en el sistema, lo cual repercute en su optimización.

## REFERENCIAS

- Altendorf, M. et al. (2005). *Medición de caudal*. Barcelona, España: Endress + Hauser.
- Barreto, G. (2002). Diseño de sectorización para los sectores de La Grama, Triunfo, Centro y Barzal, e hidráulica para la ciudad de Villavicencio, y verificación de esquinas límites de los sectores Esperanza, Popular y Parque La Llanura. Villavicencio, Colombia: Aquadatos Ltda. - Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio, EAAV ESP.
- Biosciences Ltda. (2009). Medición ultrasónica de caudal y efectos de las distorsiones sobre la medida. Bogotá, Colombia.
- Cruz, M. (2009). Protocolo de informes de aprobación de la macromedición mensual de la sectorización. Bogotá, Colombia: Unión Temporal Aqua 2008 – Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, EAAB ESP.
- Exemys (2013). *Sistema de telemetría*. Buenos Aires, Argentina.
- Jiménez, M. (2003). *La sectorización hidráulica como estrategia de control de pérdidas en sistemas de acueducto*. Bogotá, Colombia: Grafiq Editores Ltda.
- Ministerio de Desarrollo Económico (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. RAS-2000. Título D. Bogotá, D.C.