

# **NORMA TÉCNICA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

**NOP-PM-DA-029**

**MACROMEDIDORES ULTRASONICOS DE FLUJO FIJOS Y  
PORTATILES**



<b>Código</b>	<b>NOP-PM-DA-029</b>
<b>Estado</b>	<b>VIGENTE</b>
<b>Versión</b>	<b>1.0 – 31/03/2012</b>
<b>Fuente</b>	<b>GUENA – EMCALI EICE ESP – OPERACIÓN</b>
<b>Tipo de Documento</b>	<b>NORMA TÉCNICA DE INSUMOS MATERIALES Y PRODUCTOS</b>
<b>Tema</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE</b>
<b>Comité</b>	<b>TÉCNICO DE APROBACION DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO</b>

<b>Título</b>	<b>MACROMEDIDORES ULTRASONICOS DE FLUJO FIJOS Y PORTATILES</b>
---------------	--

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
1. PROLOGO	<b>5</b>
2. OBJETO	<b>6</b>
3. ALCANCE	<b>6</b>
4. DEFINICIONES	<b>6</b>
5. REFERENCIAS NORMATIVAS	<b>9</b>
6. REQUISITOS	<b>10</b>
6.1 MACROMEDIDORES FIJOS ULTRASONICOS DE FLUJO PARA AGUA CRUDA	10
6.1.1 Características de la Medición	10
6.1.2 Características Electrónicas	10
6.1.3 Características del sensor	11
6.2 MACROMEDIDORES PORTATILES ULTRASONICOS DE FLUJO PARA AGUA CRUDA	11
6.2.1 Características de la Medición	11
6.2.2 Características Electrónicas	11
6.2.3 Características del Sensor	12
6.3 MACROMEDIDORES PORTATILES ULTRASONICOS DE FLUJO PARA AGUA POTABLE	13
6.3.1 Características de la Medición	13
6.3.2 Características Electrónicas	13
6.3.3 Características del Sensor	14
6.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DONDE DEBEN INSTALARSE LOS MACROMEDIDORES	14
6.4.1 Macromedidores Fijos Ultrasónicos de Flujo	14
6.4.2 Macromedidores Portátiles Ultrasónicos de Flujo	14
6.5 SONDAS	14
6.5.1 Sondas Invasivas	14
6.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE MANEJO	14
6.6.1 Macromedidores Fijos Ultrasónicos de Flujo	14
6.6.2 Macromedidores Portátiles Ultrasónicos de Flujo	16
6.7 OTROS REQUISITOS	17
6.8 MUESTREO	17
6.9 EMPAQUE	18

6.10 ROTULADO	18
6.11 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MEDIDORES ULTRASÓNICOS	18
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
8. ANEXOS	20

## **1. PROLOGO**

La Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA ha establecido el Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas para gestionar el desarrollo y la actualización de las normas y especificaciones técnicas a ser utilizadas por el personal de EMCALI EICE ESP, contratistas, consultores, usuarios y otras partes interesadas. La misión principal del área, consiste en la normalización de los procesos, productos y servicios, para estar acorde con el estado del arte tecnológico y las exigencias gubernamentales, en beneficio de los diferentes sectores que participan en el desarrollo de la infraestructura del entorno y de la comunidad en general.

La versión final de esta Norma Técnica fue revisada y aprobada a través de los Comités Técnico y de Aprobación y ordenada su Publicación y Cumplimiento mediante la resolución de Gerencia General de EMCALI EICE ESP No. GG-001255 del 12 de Julio de 2011.

## **2. OBJETO**

Esta norma cubre las características físicas, electrónicas y de operación que deben cumplir los macromedidores fijos ultrasónicos y los macromedidores portátiles ultrasónicos que utiliza EMCALI EICE ESP para medición de flujo de caudales en acueducto y alcantarillado.

## **3. ALCANCE**

Define para este tipo de medidores las características de medición (principio y rango de trabajo, precisión, repetibilidad, memoria, grabación, etc.), características de las tuberías cerradas a presión donde deben instalarse, sondas, características físicas y de manejo, indica las normas para muestreo, los métodos de prueba, empaques y rotulado.

## **4. DEFINICIONES**

### **4.1. CAMPO DE MEDIDA**

Límites superior e inferior de la medida dentro de los cuales va a operar el equipo (0-2.5 m/s)

### **4.2. CODIGO IP (INTERNATIONAL PROTECTION)**

Sistema de codificación para indicar los grados de protección provistos por un encerramiento, que consta de las letras IP seguidas por dos números o letras, conocidos como cifras características. La primera cifra característica puede ser un número entre 0 y 6 ó la letra X; la segunda cifra característica puede ser un número entre 0 y 8 ó la letra X. Se aceptaran equipos con rangos entre IP55 a IP58 de acuerdo a la necesidad de la instalación.

#### **4.2.1 Primera Cifra Característica**

El primer número característico indica que el encerramiento provee protección a personas (alguna parte del cuerpo o un objeto sostenido) contra acceso a partes peligrosas, y del equipo contra el ingreso de cuerpos sólidos extraños.

Cuando un encerramiento cumple un grado dado de protección, debe cumplir con los grados de protección inferiores.

#### **4.2.2 Segunda Cifra Característica**

El segundo número característico indica el grado de protección provisto por el encerramiento en referencia con los efectos perjudiciales causados por la entrada de agua al equipo.

Cuando un encerramiento cumple un grado dado de protección, debe cumplir con los grados de protección inferiores.

### **4.3. EQUIPO MACROMEDIDOR**

Medidor instalado en uno de los componentes de un sistema de acueducto: captación, entrada y salida de plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento, sectores geográficos de distribución, cuyo diámetro sea superior a 10" (pulgadas).

#### **4.4. ERROR ABSOLUTO**

Diferencia entre el valor medido y el valor real de la magnitud medida

#### **4.5. ESTABILIDAD**

Es la capacidad que tiene el instrumento para mantener sus características metrológicas constantes durante su vida útil.

#### **4.6. EXACTITUD DE LA MEDICIÓN**

Grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de la magnitud medida. Se mide en términos de error.

#### **4.7. LINEALIDAD**

Aproximación de una curva de calibración a una línea recta teórica especificada medida con la metodología de mínimos cuadrados.

#### **4.8. MACROMEDICIÓN**

Sistema de medición de grandes caudales. La macromedición está destinada a totalizar la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento y la que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores.

#### **4.9. MEDIDOR ULTRASÓNICO DE CAUDAL**

Equipo de medición que emplea frecuencias ultrasónicas para determinar caudales a partir de la velocidad del flujo en tuberías a presión empleando como técnicas de medición el tiempo de tránsito o el cambio de frecuencia.

##### **4.9.1. Medidor Ultrasónico Fijos**

Caudalímetro ultrasónico apto para instalación permanente. Contiene un alto nivel de procesamiento digital de señales (DSP) y un elevado número de ciclos de medición garantizando una medición estable y fiable inclusive bajo condiciones difíciles.

##### **4.9.2. Medidor Ultrasónico Portátiles**

Caudalímetro ultrasónico apto para diferentes instalaciones no permanentes. Consiste de un par de transductores instalados externamente a la tubería, es decir sin intrusión dentro del fluido, estos transductores están montados sobre un riel o parte externa de la tubería que permite mantenerlos alineados y separados a una distancia que depende del diámetro de la tubería.

#### **4.10. METODO DEL EFECTO DOPLER**

También conocido como corrimiento Doppler, el cual se aprovecha con un procesamiento electrónico para medir caudales. Es el efecto que se produce cuando un frente de ondas se refleja en un objeto en movimiento, por lo tanto es un incremento (o una disminución) de la frecuencia de las ondas sonoras a medida que la distancia entre una fuente sonora y un receptor aumenta o disminuye.

#### **4.11. MÉTODO DEL TIEMPO DE TRÁNSITO**

Método de medición del caudal en tuberías a presión a través de ondas ultrasónicas. Consiste en conocer el tiempo transcurrido entre el envío y la recepción de pulsos en dos puntos de la tubería usando un par de transmisores- receptores instalados en la tubería los cuales establecen una comunicación entre ellos. La diferencia de tiempos entre los dos puntos establece la dirección y la velocidad del fluido.

#### **4.12. PRECISIÓN**

Límite del error cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de operación. El valor de la precisión debe incluir los efectos combinados de linealidad, histéresis, banda muerta y repetibilidad. Se puede expresar como porcentaje de lectura efectuada.

#### **4.13. RANGEABILIDAD**

Relación entre el límite superior e inferior de la capacidad de medida de un instrumento. Se expresa con referencia al número de veces que cabe el valor del límite inferior entre el valor del límite superior.

#### **4.14. RANGO ESPECÍFICO DE TRABAJO**

Es la diferencia entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento.

#### **4.15. RANGO NOMINAL**

Es el conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites inferior y superior de medida o transmisión del instrumento; se expresa en los dos valores extremos.

#### **4.16. REPETIBILIDAD**

Capacidad que tiene un instrumento para obtener una medida en condiciones similares con la misma precisión y exactitud. Se expresa como porcentaje máximo de desviación entre diferentes mediciones de una misma variable en igualdad de condiciones.

#### **4.17. RESOLUCIÓN**

Expresión cuantitativa de la habilidad de un instrumento para distinguir entre valores cercanos adyacentes de la cantidad o magnitud indicada.

#### **4.18. TEMPERATURA DE SERVICIO**

Rango de temperatura en el cual se espera que trabaje el instrumento dentro de los límites de error especificados.

#### **4.19. TIEMPO DE AUTONOMÍA**

La autonomía es el tiempo que un dispositivo con una fuente de alimentación independiente puede permanecer en activo, hasta el agotamiento de la fuente de alimentación. Para el caso de la instalación de estos equipos se debe tener un tiempo de autonomía mínima de 6 horas.



#### **4.20. VIDA ÚTIL DE SERVICIO**

Es el tiempo mínimo especificado durante el cual un instrumento funciona de manera continua o intermitente sin que presenten alternaciones en la medición que vayan más allá de las tolerancias especificadas.

### **5. REFERENCIAS NORMATIVAS**

#### **INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.**

- Dimensiones de cajas para transporte de equipos y materiales. ISO 3394
- Instrucciones sobre manejo y advertencias de equipos y materiales. ISO 780 y 7000.

#### **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.**

- Grados de protección dados por encerramientos de equipo eléctrico (Código IP). Bogotá: ICONTEC (NTC 3279).
- Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración. Bogotá: ICONTEC (NTC-ISO-IEC 17025).
- Sistema de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición. Bogotá: ICONTEC (NTC-ISO 10012).
- Vocabulario de términos básicos y generales en metrología. Bogotá: ICONTEC (NTC 2194).

#### **EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI – EMCALI EICE ESP.**

- Instalación de macromedidores magnéticos y ultrasónicos. EMCALI EICE ESP (NCO-SE-DA-002).
- Instalación de macromedidores. EMCALI EICE ESP (ECO-SE-DA-002).
- Medidores electromagnéticos de flujo. EMCALI EICE ESP (NOP-PM-DA-031).

## **6. REQUISITOS**

### **6.1 MACROMEDIDORES FIJOS ULTRASONICOS DE FLUJO PARA AGUA CRUDA**

Los medidores de flujo fijos por ultrasonido deben cumplir como mínimo con las siguientes características técnicas:

#### **6.1.1 Características de la Medición**

- Principio de trabajo: tiempo de tránsito multicaminos para agua no potable y efecto Doppler para agua potable.
- Rango específico de trabajo: entre 0 y 2.5 m/s, bidireccional y con escala ajustable.
- Precisión:  $\pm 0.25$  % de la lectura efectuada. El valor de la precisión incluye los efectos combinados de linealidad, histéresis, banda muerta y repetibilidad.
- Repetibilidad:  $\pm 0.3$  % de la lectura efectuada.
- Fluido de trabajo: Agua no potable, dependiente del principio de trabajo, el agua requerirá de unas características de concentración de partículas en suspensión especificadas por el equipo, para obtener los niveles de precisión exigidos en esta norma.
- Temperatura de operación de fluido: el equipo debe ser apto para funcionar hasta una temperatura de trabajo máxima de 60°C a presiones hasta de 20 bares.

#### **6.1.2 Características Electrónicas**

- Memoria: Interna o externa (propia del equipo) con capacidad mínima de 1 Mb ó mínimo 30000 registros de medición ajustables entre 1 segundo y 1000 segundos o máximo 24 horas, de fácil intercambio y con posibilidad de lectura o conexión a un PC, o en su defecto un sistema que lo reemplace.
- DataLogger Integrado: El equipo de grabación o logger puede ser adosado o no al equipo, si el logger está incluido dentro de la unidad central de medición debe tener al menos una salida análoga 4-20 mA. En el caso que no esté unido al equipo la unidad central debe disponer de una salida análoga 4-20 mA y en el equipo looger tanto de entrada análoga como de señal pulsos/frecuencia. Debe garantizarse la confiabilidad en la transmisión de los datos del equipo medición al logger.
- Los datos registrados por el equipo deben poder descargarse del equipo mediante la utilización bien sea de un programador portátil, un adaptador serial, un computador portátil o PC. Los datos registrados en el software deben poderse extraer a una hoja electrónica tipo Excel para el manejo y edición de datos.
- No debe existir distorsión entre el almacenador y la unidad central de medición.
- Grabación de los datos de medición de mínimo 1 sitio de instalación, con software que permita su carga o descarga mediante la utilización de un programador portátil, un adaptador serial, de un computador portátil o de un PC.
- Intervalo de tiempo de registro del logger programable entre 5 segundos y 3600 segundos.
- Tiempo de respuesta ajustable entre 1 segundos hasta 60 segundos.

- Autochequeo de la señal: el equipo debe permitir hacer un diagnóstico de la calidad de la señal bien sea mediante información de la distancia de sondas o visualización del eco y potencia del sonido.
- Autoajuste: del coeficiente de flujo o coeficiente hidráulico.
- Relés parametrizables: mínimo dos (2) relés programables para alarmas de caudal alto y bajo o desviaciones o cambio de funcionamiento del aparato.
- Salidas:
  - 1 salida análoga
  - 1 salida digital
  - Puerto de comunicación MODbus.

### **6.1.3 Características del sensor**

- Sin contacto con el medio, no posee riesgo de corrosión cuando se usa con medios agresivos.

## **6.2 MACROMEDIDORES PORTATILES ULTRASONICOS DE FLUJO PARA AGUA CRUDA**

Los medidores de flujo portátiles por ultrasonido deben cumplir como mínimo con las siguientes características técnicas.

### **6.2.1 Características de la Medición**

- Principio de trabajo: tiempo de tránsito multicaminos para agua potable y efecto Doppler para aguas no tratadas
- Rango específico de trabajo: entre 0 y 2.5 m/s, bidireccional y con escala ajustable.
- Precisión:  $\pm 0.25$  % de la lectura efectuada. El valor de la precisión incluye los efectos combinados de linealidad, histéresis, banda muerta y repetibilidad
- Repetibilidad:  $\pm 0.3$  % de la lectura efectuada.
- Temperatura de operación de fluido: el equipo debe ser diseñado para funcionar hasta una temperatura de trabajo máxima de 60°C a presiones hasta de 20 bares.

### **6.2.2 Características Electrónicas**

- Memoria: Interna o externa (propia del equipo) con capacidad mínima de 1Mb ó mínimo 20000 registros de medición.
- Unidad central (transmisor): la unidad central debe ser apta para trabajar a la intemperie. El cerramiento de tipo IP 65 o su equivalente; debe ser en aluminio con pintura epóxica o cualquier otro material de alta resistencia.
- Grabación de los datos de medición de mínimo 10 sitios diferentes de instalación.
- Intervalo de tiempo de registro del logger programable entre 5 segundos y 3600 segundos.

- Tiempo de respuesta ajustable entre 1 segundo hasta 60 segundos, señal de salida damping (medición de la oscilación del rango de medida).
- Tiempo de autonomía: la autonomía es el tiempo que un dispositivo con una fuente de alimentación independiente puede permanecer en activo, hasta el agotamiento de la fuente de alimentación. Para el caso de la instalación de estos equipos se debe tener un tiempo de autonomía mínima de 6 horas.
- Autochequeo de la señal: el equipo debe permitir hacer un diagnóstico de la calidad de la señal bien sea mediante información de la distancia de sondas o visualización del eco y potencia del sonido.
- Autoajuste del coeficiente de flujo o coeficiente hidráulico.
- Relés parametrizables: con mínimo dos (2) relés programables para alarmas de interrupción del eco. El equipo puede tener alarmas sin relés para caudal alto y bajo o desviaciones o cambios de funcionamiento del aparato.
- Salida de interfaces: el equipo debe tener al menos:
  - 1 salida puerto USB o Ethernet.
  - Salida de corriente 0-4-20 mA con aislamiento galvánico
  - Salidas de pulso compatibles entradas de loggers

### **6.2.3 Características del Sensor**

- Se caracteriza por un Display gráfico amplio, de fácil lectura y retroiluminado. Cuenta con un procedimiento de instalación rápido.
- Logger con 112K de memoria
- Salida RS 232
- Salida de pulso
- Salida de 4-20 mA ó 0-20Ma
- Batería para 24 hrs (recargable)
- Recursos de autochequeo
- Monitoreo continuo de la señal

El dispositivo despliega caudal volumétrico en m<sup>3</sup>/hr, m<sup>3</sup>/min, m<sup>3</sup>/seg, g/min, kg/hr, USg/hr, USkg, l/min, l/sec y velocidad lineal en m/sec y ft/sec. Cuando se encuentra en modo flujo se desplegará el volumen total positivo y negativo, con un número de hasta 12 dígitos como máximo.

### **6.3 MACROMEDIDORES PORTATILES ULTRASONICOS DE FLUJO PARA AGUA POTABLE**

Los medidores de flujo portátiles por ultrasonido deben cumplir como mínimo con las siguientes características técnicas.

#### **6.3.1 Características de la Medición**

- Principio de trabajo: tiempo de tránsito multicaminos para agua potable y efecto Doppler para aguas no tratadas
- Rango específico de trabajo: entre 0 y 2.5 m/s, bidireccional y con escala ajustable.
- Precisión:  $\pm 0.25$  % de la lectura efectuada. El valor de la precisión incluye los efectos combinados de linealidad, histéresis, banda muerta y repetibilidad
- Repetibilidad:  $\pm 0.3$  % de la lectura efectuada.
- Temperatura de operación de fluido: el equipo debe ser diseñado para funcionar hasta una temperatura de trabajo máxima de 60°C a presiones hasta de 20 bares.

#### **6.3.2 Características Electrónicas**

- Memoria: interna o externa (propia del equipo) con capacidad mínima de 1Mb ó mínimo 20000 registros de medición.
- Unidad central (transmisor): la unidad central debe ser apta para trabajar a la intemperie. El cerramiento de tipo IP 65 o su equivalente; debe ser en aluminio con pintura epóxica o cualquier otro material de alta resistencia.
- Grabación de los datos de medición de mínimo 10 sitios diferentes de instalación.
- Intervalo de tiempo de registro del logger programable entre 5 segundos y 3600 segundos.
- Tiempo de respuesta ajustable entre 1 segundo hasta 60 segundos, señal de salida damping (medición de la oscilación del rango de medida).
- Tiempo de autonomía: la autonomía es el tiempo que un dispositivo con una fuente de alimentación independiente puede permanecer en activo, hasta el agotamiento de la fuente de alimentación. Para el caso de la instalación de estos equipos se debe tener un tiempo de autonomía mínima de 6 horas.
- Autochequeo de la señal: el equipo debe permitir hacer un diagnóstico de la calidad de la señal bien sea mediante información de la distancia de sondas o visualización del eco y potencia del sonido.
- Autoajuste del coeficiente de flujo o coeficiente hidráulico.
- Relés parametrizables: con mínimo dos (2) relés programables para alarmas de interrupción del eco. El equipo puede tener alarmas sin relés para caudal alto y bajo o desviaciones o cambios de funcionamiento del aparato.
- Salida de interfaces: el equipo debe tener al menos:
  - 1 salida puerto USB o Ethernet.

Salida de corriente 0-4-20 mA con aislamiento galvánico

Salidas de pulso compatibles entradas de loggers

### **6.3.3 Características del Sensor**

- Sin contacto con el medio, no posee riesgo de corrosión cuando se usa con medios agresivos

## **6.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DONDE DEBEN INSTALARSE LOS MACROMEDIDORES**

### **6.4.1 Macromedidores Fijos Ultrasónicos de Flujo**

El equipo debe funcionar en todo tipo de tuberías metálicas, asbesto cemento, PVC, ó tipo CCP (Tubería de concreto reforzado externo, cilindro de acero y recubrimiento interno en mortero); debe poderse utilizar en tuberías con diámetros entre 2 pulg. y 56 pulg. Para el tipo de tuberías CCP debe funcionar con sonda intrusiva exclusivamente.

### **6.4.2 Macromedidores Portátiles Ultrasónicos de Flujo**

El equipo debe funcionar en todo tipo de tuberías metálicas, asbesto cemento, PVC, ó tipo CCP (Tubería de concreto reforzado externo, cilindro de acero y recubrimiento interno en mortero); debe poderse utilizar en tuberías con diámetros internos entre 2 pulg. y 56 pulg. Para el tipo de tuberías CCP y PCCP se debe poder utilizar sondas intrusivas con un ángulo de inserción de 90° en relación con la tubería, el equipo debe suministrarse con abrazaderas o correas para sujeción de los sensores externos a la tubería. El material en el cual están fabricados los sensores debe ser resistente a la humedad y a la corrosión.

## **6.5 SONDAS**

### **6.5.1 Sondas Invasivas**

Las sondas deben tener IP 68. Las sondas invasivas deben penetrar de tal forma que se garantice la comunicación entre emisor - receptor. Se deben incluir todos los accesorios de instalación como cables entre sensor y unidad central en la longitud necesaria, registros, niples, asesoría de instalación que incluya en su momento planos de instalación de las sondas en tuberías del diámetro indicado previa entrega de las estructuras de las mismas a EMCALI EICE ESP para su aprobación. Las piezas externas de la sonda deben tener protección IP 68 o ser capaces de funcionar sumergidos a 4 metros de columna de agua (se requiere que estos datos se especifiquen en detalle uno a uno).

## **6.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE MANEJO**

### **6.6.1 Macromedidores Fijos Ultrasónicos de Flujo**

Los equipos de medición deben cumplir como mínimo con las siguientes características:

- **De la unidad electrónica (convertidor de señal)**

- El medidor debe tener claves de entrada con códigos de acceso para el personal autorizado para efectuar calibraciones, reconfiguraciones, verificaciones y programación del equipo, así como para descarga de datos.

- La unidad electrónica será de manejo remoto y/o local con grado de protección IP68, su encerramiento será en aluminio extruido con recubrimiento de pintura epóxica o en otro tipo de material que asegure la protección IP solicitada. También se aceptan cajas con tapa transparente que tenga el grado de protección solicitado.
- Debe tener un par de terminales que puedan ser programados con entrada de control o como salida de estado. En el primer caso a través de la entrada se podrá cambiar el rango del caudalímetro, borrar sus totalizadores, reconocer errores (incluye interrupción de energía), ajustar las salidas con mínimos valores o retenerlas en sus estados actuales. En el caso de operar como salida de estado debe poder ser configurada para indicar dirección de flujo, errores o alarmas.
- La unidad debe permitir la comunicación en protocolo HART, ver anexo 1 (Protocolo híbrido que mezcla la señal análoga de corriente con la transmisión de datos digitales por la mismos dos cables sin que se distorsionen ningunas de las dos señales), superpuesta a la señal análoga. Adicionalmente debe contar con un puerto de conexión de equipos de verificación y prueba de los parámetros principales del equipo, tales como: resistencia de los electrodos, resistencia de las bobinas de campo, resistencia de aislamiento de las bobinas, corriente y frecuencia de campo, procesamiento de la señal de campo (amplificador de la señal de entrada y convertir A/D a valores de 25, 50, 75 y 100% de plena escala, salida análoga en modo activo y/o pasivo a los puntos de calibración de fábrica, salida de pulso al 50% de la escala voltaje de relajación que permita verificar las condiciones actuales para compararlas contra las condiciones de fábrica, para efectos de trazabilidad..
- El firmware del equipo debe permitir el diagnóstico y prueba del display, el procesador, la memoria EEPROM (memoria para guardar datos de configuración), la salida análoga, la salida en frecuencia, a través del teclado o medio magnético del instrumento. Para estas dos últimas debe ser posible generar porcentajes mínimos del 0, 25, 50, 75 y 100% de los valores de verificación. El equipo debe permitir la verificación de condiciones actuales comparativas con las condiciones de fábrica.
- El equipo debe tener Autolimpieza eléctrica de los electrodos.
- El equipo debe tener la posibilidad de bloquear el acceso de personal no autorizado a los parámetros de programación así como al borrado de los totalizadores.

- **Memoria**

- La entrada al logger debe ser digital. La unidad electrónica debe contar con una memoria logger de por lo menos 30.000 registros de tal manera que los totalizadores de volumen, datos de caudal puedan ser almacenados, conservados y protegidos para seguridad. Esta memoria debe ser integrada a la unidad central de tal manera que no haya partes en movimiento o adosadas y evitar daños en la electrónica.
- Pantalla gráfica e iluminada para despliegue (display) LCD (back lit) o normal/ invertido con protección adicional antirreflejos, con retro iluminación que permita su lectura aún en ambientes oscuros. El operador debe poder realizar la configuración del instrumento sin necesidad de ninguna herramienta o equipo adicional.
- Presentación de datos de calibración o parámetros de diagnóstico, flujo, totalizador de volumen, mensajes de error, atenuación de la señal y curvas de consumo de 24 horas como mínimo bien sea directamente en el transmisor o a través de software de visualización en un computador portátil o PC.
- El display debe presentar de manera cíclica y automática los valores de caudal instantáneo, total positivo, total negativo y total neto así como debe alertar al usuario mediante la intermitencia del display de la presencia de algún error en la medida, alguna falla en el hardware o en el firmware.

- Se debe poder configurar el equipo externamente sin abrirlo y sin equipos adicionales. El equipo debe poder presentar mensajes de error explícito por tipo de error.
- Entrada de datos por teclado y/o desde un programador, computador portátil o PC. Menú de entrada de datos de aplicaciones, calibración y selección de unidades de ingeniería con teclas de selección de los datos por ubicación sobre el valor deseado (preferiblemente ábacos pregrabados con todos los valores para cada parámetro para evitar la entrada de datos no válidos o posibilidad de entrada de datos no pregrabados pero debidamente validos).
- Alimentación con corriente alterna a 110 V o con corriente continua entre 12 V y 36 V.
- El equipo debe ser entregado con el software a utilizar debidamente instalado, con dos licencias como mínimo, para los PC's de EMCALI EICE ESP incluyendo el manual de operación y capacitación en el manejo de dicho software con puerto de comunicación para conectar con el sistema de SCADA de EMCALI EICE ESP.

### **6.6.2 Macromedidores Portátiles Ultrasonicos de Flujo**

Los equipos de medición deben cumplir como mínimo con las siguientes características:

- Pantalla gráfica e iluminada para despliegue (display) LCD (back it), con protección adicional antirreflejos, con retro iluminación que permita su lectura aún en ambientes oscuros. El operador debe poder realizar la configuración del instrumento sin necesidad de ninguna herramienta o equipo adicional.
- Presentación de datos de calibración o parámetros de diagnóstico, flujo, totalizado de volumen, mensajes de error, atenuación de la señal y curvas de consumo de 24 horas como mínimo directamente en el transmisor o a través de software de visualización en un computador portátil o PC.
- Panel de visualización que permite desplegar los datos de calibración, la rata de flujo instantáneo en l/s, l/m, m<sup>3</sup>/s, m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/d, totalizar el volumen, mensajes de error, atenuación de la señal, curvas de flujo, eco de ultrasonido y señales de autochequeo. Además, el equipo debe poder presentar en pantalla los datos numéricos de la medición instantánea y la gráfica de al menos las últimas 50 mediciones realizadas.
- El display debe presentar de manera cíclica y automática los valores de caudal instantáneo, total positivo, total negativo y total neto así como debe alertar al usuario mediante la intermitencia del display de la presencia de algún error en la medida, alguna falla en el hardware o en el firmware.
- Se debe poder configurar el equipo externamente sin abrirlo y sin equipos adicionales. El equipo debe poder presentar mensajes de error explícito por tipo de error.
- Entrada de datos por teclado. Menú de entrada de datos de aplicaciones, calibración y selección de unidades de ingeniería con teclas de selección de los datos por ubicación sobre el valor deseado (valores pregrabados con todos los valores para cada parámetro para evitar la entrada de datos no válidos o posibles de entrada de datos no pregrabados pero debidamente válidos).
- Alimentación: El equipo debe tener respaldo de batería recargable que asegure su funcionamiento durante mínimo 5 horas. En caso de que el equipo no recargue automáticamente la batería, debe proporcionarse cargador de batería o por corriente alterna con un alimentador. El equipo debe tener posibilidad de ser alimentado por baterías externas convencionales, para poder garantizar campañas de medición de larga duración.



- El instrumento debe acompañarse de un cable de conexión para bajar la información a un computador comercial así como de un software para procesar esta información y entregarla en archivo tipo Excel.
- El equipo debe ser entregado con el software a utilizar debidamente instalado, con dos licencias como mínimo, para los PC's de EMCALI EICE ESP incluyendo el manual de operación y capacitación en el manejo de dicho software.

### **6.7 OTROS REQUISITOS**

Por cada equipo suministrado se debe incluir como mínimo la siguiente información, en idioma español e inglés:

- Manual de operación.
- Manual de mantenimiento
- Certificado de calibración requerido por el equipo de acuerdo a los estándares o normas internacionales
- Capacitación en operación e instalación
- Planos
- Manual de operación y capacitación del software
- Lista de repuestos adecuados del equipo y los precios correspondientes.
- Los valores de cada uno de los parámetros indicados en la presente norma deben ser presentados en los manuales del equipo o confirmados directamente por el fabricante.
- El equipo debe presentar en el display el número de Reynolds para garantizar la confiabilidad de la medida.
- Se debe garantizar el servicio posventa en la ciudad de Cali.
- Se debe garantizar un taller homologado por el proveedor en la ciudad de Cali.
- Garantía de suministro de insumos o repuestos no inferior a 10 años.
- Esquemas electrónicos de detalle de las tarjetas del equipo.
- Todos los menús de entrada, datos de salida y manuales deben presentarse en idioma español e inglés.

### **6.8 MUESTREO**

El macromedidor se debe verificar totalmente para comprobar que cumple con lo especificado y que no presenta defectos apreciables en su terminado ni en su construcción.

El equipo debe ser entregado con los certificados de calidad y calibración del fabricante homologado internacionalmente.

Se debe verificar el 100% de los equipos entregados. Junto con la entrega de los equipos se debe anexar el Certificado de calibración directo del fabricante o expedido por un laboratorio acreditado por la Superintendencia de industria y Comercio o acreditado por una autoridad competente del país de origen bajo estándares "NTC ISO IEC 17025 Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración".

Se debe presentar además un certificado de trazabilidad.

### **6.9 EMPAQUE**

El equipo debe entregarse en una caja adecuada para que no sufra daño durante la manipulación y transporte, y si fuera necesario una caja adicional para la entrega de los accesorios.

### **6.10 ROTULADO**

Los macromedidores deben mostrar la siguiente información, contenida en una placa grabada de acero inoxidable:

- Nombre del fabricante o marca registrada
- Referencia del equipo
- Números de serie
- Características eléctricas
- Diámetro del sensor
- Constante del sensor
- Nivel de protección

### **6.11 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MEDIDORES ULTRASÓNICOS**

- Rango de caudales a cubrir
- Precisión requerida (debe especificarse para todo el rango)
- Repetibilidad requerida
- Ambiente en que se realizará la medición
- Fuente de alimentación requerida
- Pérdida de carga aceptable
- Costo del instrumento
- Costo de la energía necesaria para operarlo
- Costo de la instalación (adaptación de sistemas de control, paneles, etc.)
- Costo de mantenimiento
- Tipo de fluido a medir
- Linealidad
- Nivel de Protección del equipo

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sistema de Normas Técnicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SISTEC), 2006.

Normas de Diseño y Construcción de Acueducto y Alcantarillado de Empresas Municipales de Cali, 1999.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A. ESP, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena, 2005.

Normas de Diseño de Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) ,2006.

Tópicos de control, "PROTOCOLO HART" Universidad Santiago de Chile, Profesor Gonzalo Reyes M. 2005

## 8. ANEXOS

## **ANEXO 1 PROTOCOLO HART**

### **Introducción**

En el medio altamente competitivo de hoy en día, todas las compañías buscan reducir los costos de operación, entregar sus productos rápidamente, y mejorar la calidad de estos. El Protocolo HART contribuye directamente con estas metas de producción, permitiendo ahorrar gastos en:

- Comisionamiento e Instalación.
- Operaciones de planta y mejoramiento de la calidad.
- Mantenimiento.

El Protocolo HART fue desarrollado por Rosemount a finales de los años `80. HART es la sigla de "Highway Addressable Remote Transducer". El protocolo fue abierto para que otras compañías pudieran usarlo en 1990, ese mismo año fue creado un Grupo de Usuarios.

En Marzo de 1993, el grupo votó para la creación de una organización independiente y sin fines de lucro, para un mejor soporte del Protocolo HART. En Julio de ese mismo año, la "HART Communication Foundation" (HCF) fue establecida para proveer soporte a escala mundial para la aplicación de esta tecnología.

Diseñado para complementar la tradicional señal análoga de 4-20 mA, el Protocolo HART soporta las comunicaciones digitales por dos cables para medición de procesos y dispositivos de control. Sus aplicaciones incluyen interrogación remota y acceso cíclico a variables de proceso, definición de parámetros y diagnósticos. Además es soportado por los proveedores más grandes de instrumentación y dispone de cobertura para productos de todo el rango de medición de procesos y aplicaciones de control.

### **Concepto del Protocolo HART**

El método tradicional de transmisión de datos con 4-20 mA, solo se limita a transmitir la magnitud de la medición. Con la evolución en los procesos y la aparición de la instrumentación de campo inteligente, se hizo necesario encontrar nuevas formas de transmisión, en este marco se desarrolla el Protocolo HART, un protocolo híbrido, que mezcla la señal análoga de corriente con la transmisión de datos digitales por los mismos dos cables sin que se distorsionen ninguna de las dos señales. Este tipo de comunicación trae dos grandes ventajas, primero el cableado existente y las estrategias de control actualmente utilizadas, no deberán ser totalmente reemplazados al momento de implementar HART, y segundo toda la información adicional que se puede transmitir (tags, datos de rango y span, información del producto y diagnósticos etc.), la cual puede permitir ahorrar mucho tiempo y dinero a la hora de la mantención, y además mejora el manejo y la utilización de las redes de instrumentos inteligentes.

HART es un protocolo que puede funcionar como Maestro-Eslavo (un dispositivo de campo solo responde cuando se le a pedido algo previamente). Así como también puede funcionar en modo Ráfaga. Puede haber hasta dos maestros y hasta 15 dispositivos esclavos se pueden conectar en configuración multipunto.

Cabe destacar que HART posee una arquitectura abierta, disponible para cualquier proveedor y para cualquier usuario.

### Método de Operación

HART opera usando el principio de modulación por desplazamiento en frecuencia (FSK), el cual esta basado en el estándar de comunicación Bell 202. La señal digital se construye a través de un ciclo 1200 Hz, para representar el bit 1 y aproximadamente dos ciclos de 2200 Hz que representan el bit 0. La tasa de transmisión de datos es de 1200 baudios. Lo que significa que los dígitos binarios se transmiten a 1200 bits por segundo. Las señales sinusoidales son sobrepuestas a las señales de corriente, a un bajo nivel, logrando así que las dos señales se transmitan por los mismos dos cables, gracias a que el valor promedio de la señal FSK es siempre cero, la señal de 4-20 mA nunca se verá distorsionada. Esto produce una comunicación simultanea con un tiempo de respuesta aproximado de 500 ms para cada dispositivo de campo, sin que ninguna de las señales análogas sean interrumpidas.

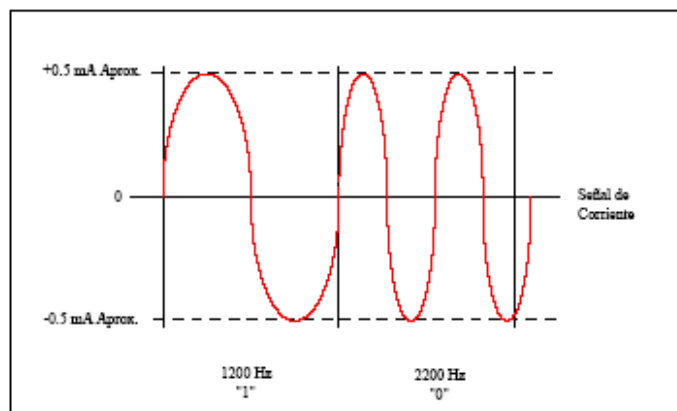


Figura 1 – Señal HART.

### Esquema Maestro – Esclavo

Como se dijo anteriormente HART funciona a través del sistema Maestro -Esclavo. Como su nombre lo dice este sistema consta de dos tipos de dispositivos, uno al que llamamos Maestro, el cual esta encargado de iniciar las comunicaciones y es el que pide la información. Los dispositivos Esclavos, en tanto, solo envían información cuando se les solicita. El proceso por el cual el Maestro envía un mensaje y recibe una respuesta (en caso de haberla) se denomina Transacción. Existiendo dos tipos de Transacción.

### Comunicación Punto a Punto

Como se puede apreciar en la figura 2, que es el lazo más simple, en el cual tenemos un maestro primario (PC), y uno secundario (HART communicator), así como un esclavo (Transmisor de presión).

En las operaciones punto a punto el dispositivo de campo tiene la dirección 0 y su salida de corriente es de 4-20 mA.

En el caso de los instrumentos pasivos, es decir que obtienen alimentación del lazo se dispone una fuente que alimentará al lazo. Esta se conectará en serie al instrumento y a una resistencia de carga, los estándares HART permiten resistencias de 230 a 1100  $\Omega$ .

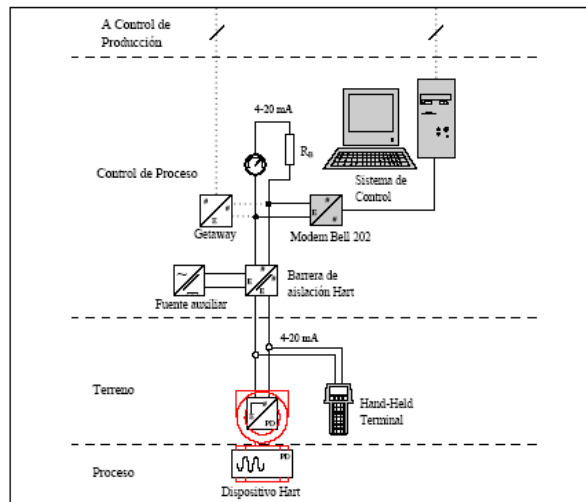


Figura 2 – Conexión punto a punto.

La señal HART debe introducirse y leerse desde el lazo de corriente, la fuente se encuentra casi en corto circuito para las frecuencias HART, por esto los dispositivos maestros deben ir en paralelo al instrumento o a la resistencia de carga. Además un equipo HART no debe contribuir con ninguna carga DC al lazo. Para esto se conectan a través de un condensador de 5  $\mu\text{F}$  o más. Para instrumentos activos, es decir que alimentan al lazo, no se necesita una fuente de poder y esta es eliminada de la conexión.

### Comunicación Multipunto

En este modo se pueden conectar hasta 15 instrumentos en paralelo, usando un par de cables, y una fuente en caso que se requiriera, como se ve en la figura 3. A diferencia del modo punto a punto las direcciones de los dispositivos van del 1 al 15 y las salidas de corriente de cada uno se fijan en 4 mA. Para este modo de operación los controladores e indicadores deben contar con un HART modem. Las consecuencias más destacables de este modo de transmisión son dos, retardo en la comunicación Maestro - Esclavo, y pérdida de la señal analógica, ya que, como se dijo anteriormente, la corriente de salida de cada instrumento se fija en 4 mA.

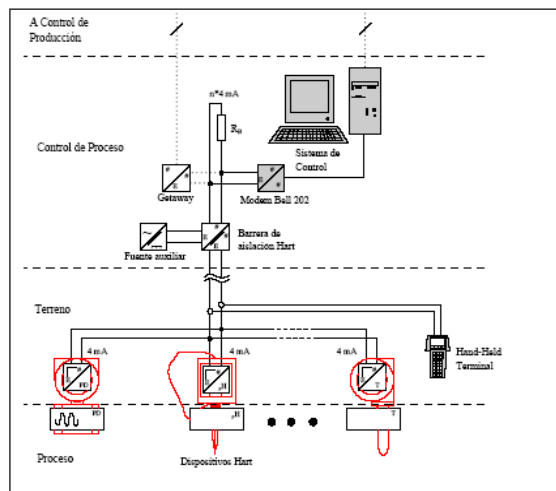


Figura 3 – Conexión Multipunto.