



*Al servicio  
de las personas  
y las naciones*

# GUÍA BÁSICA PARA LA REDUCCIÓN DEL AGUA NO CONTABILIZADA

Mejoramiento del sistema de medición en los  
acueductos administrados por ASADAS

# EQUIPO DE TRABAJO

## **Comité Directivo:**

Yamileth Astorga Espeleta  
Presidenta Ejecutiva del AYA

Alice H. Shackelford  
Representante Residente del PNUD

Kryssia Brade Jiménez  
Representante Residente Auxiliar del PNUD

## **Elaboración:**

Darío Rodríguez García, Consultor de PNUD  
María de los Ángeles Abarca Álvarez, UEN Gestión de ASADAS – AyA

## **Revisión:**

Diana Ramírez Chaves, Asesora de Comunicación PNUD  
Franklin Chavarría Chang, Ingeniero, Dirección de Desarrollo Tecnológico AyA  
Gabriela Mata Marín, Desarrollo Humano PNUD  
Gerardo Quirós Cuadra, Gestión del Riesgo de Desastres PNUD  
Rosa María Gómez Arce, Dirección de Sostenibilidad del Servicio, UEN Gestión de ASADAS  
Rodolfo Ramírez Villalba, Director UEN ASADAS AYA

Guía básica para la reducción del agua no contabilizada  
Derechos de propiedad intelectual © 2017  
Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-Costa Rica (PNUD-Costa Rica)

**Diseño Gráfico:** Oscar Rosabal Ross

**Fotografías:** AYA

Impreso en Grupo Nación

Está autorizada la reproducción total o parcial de esta publicación con propósitos educativos y sin fines de lucro, sin ningún permiso especial del titular de los derechos, con la condición de que se indique la fuente.

PNUD-Costa Rica agradecerá que se le remita un ejemplar de cualquier texto elaborado con base en la presente publicación.

El contenido de esta publicación no refleja, necesariamente, las opiniones o políticas del PNUD-Costa Rica, o de sus organizaciones contribuyentes.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo Costa Rica  
Informe Nacional de Desarrollo Humano  
Dirección: Oficentro La Virgen #2, de la Embajada Americana  
300m sur y 200m sureste. Pavas, San José, Costa Rica.  
Teléfono: (506) 2296-1544

<http://www.pnud.or.cr> – Email: [registry.cr@undp.org](mailto:registry.cr@undp.org)





# PRESENTACIÓN

Mejorar el suministro de agua y promover prácticas sostenibles relacionadas con el uso del agua por parte de los usuarios finales y de los sectores productivos mediante el avance de medidas basadas en la comunidad y los ecosistemas en las ASADAS es uno de los principales objetivos del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades de Asociaciones de Acueductos Rurales (ASADAS) para enfrentar riesgos del Cambio Climático en comunidades con estrés hídrico en el Norte de Costa Rica".

Costa Rica ya está experimentando los efectos del cambio climático que repercutirán enormemente en la disponibilidad del recurso hídrico. De acuerdo a los escenarios de cambio climático, en el corto plazo, se prevé que en algunas regiones de Costa Rica disminuya la precipitación en un 15% al 2020 y en un 35% al 2050.

Debido a estas proyecciones, es preciso que las ASADAS cuenten con sistemas eficientes de suministro de agua potable y disminuyan el agua no contabilizada. Esto está relacionado con el agua que es extraída de las fuentes y entregada a la red, pero no es facturada; este es un problema frecuente que puede asociarse a fugas en las tuberías, conexiones ilegales, e incluso mala medición o inadecuada recolección de datos. En todos los casos representa un problema tanto para el operador del sistema de acueducto como para los consumidores.

Se estima que las ASADAS tienen pérdidas de agua de hasta el 60% del total de agua que producen sus fuentes. Dicho de otra manera, por cada litro de agua que consume un usuario, más de un litro de agua se pierde y no es contabilizado. Para poder reducir esta situación, las ASADAS deben comprender y capacitarse sobre estos temas, contar con las herramientas para cuantificar el problema e implementar medidas para reducir el agua no contabilizada.

Esta publicación pretende facilitar a las ASADAS una mejor comprensión de los aspectos básicos del funcionamiento y la importancia de la micro medición y macro medición en los sistemas de agua potable.

Este proyecto es una colaboración entre el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) con el apoyo del El Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF).

Yamileth Astorga Espeleta  
Presidenta Ejecutiva  
AYA

Alice H. Shackelford  
Representante Residente  
PNUD



# CONTENIDO

	<b>Introducción</b>	8
1	<b>Micromedición</b>	10
1.1	¿Para qué sirve la micromedición?	10
1.2	Aspectos legales que debemos tomar en cuenta	11
1.2.1	Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos 7593	11
1.2.2	Reglamento para la Prestación de los Servicios de AyA	12
1.3	Aspectos técnicos del medidor	13
1.3.1	Partes del medidor	13
1.3.2	Partes de un sistema de instalación del medidor	15
1.4	Tipos de medidores	16
1.5	Instalación de un medidor	16
1.5.1	Principios a tomar en cuenta para la instalación de un medidor	17
1.6	Lectura de medidores	18
1.7	Mantenimiento de los medidores	19
1.8	Compra de medidores	19

<b>2</b>	<b>Macromedición</b>	20
2.1	¿Para qué sirve la macromedición?	20
2.2	¿Qué tipos de macro medidores existen?	20
2.2.1	Macro medidores de velocidad	20
2.2.2	Macro medidores electromagnéticos	22
2.2.3	Macro medidores ultrasónicos	24
2.3	Ejercicios para la comprensión de la lectura de un macro medidor	29
2.3.1	Ejemplo 1, macro medición	29
2.3.2	Práctica 1, macro medición	30
<b>3</b>	<b>Agua no contabilizada</b>	32
3.1	Importancia de reducir el agua no contabilizada	33
3.2	El balance hídrico y sus conceptos	34
3.3	Principales causas de las pérdidas reales	36
3.4	¿Cómo se calcula el Agua No Contabilizada?	37
3.5	¿Cuánto es mucho? ¿Cuánto es poco?	37
3.6	Reducción del agua no contabilizada	37
3.6.1	Reducción de pérdidas aparentes	38
3.6.2	Reducción de pérdidas reales	38
3.7	Ejercicios para la determinación del ANC	40
3.7.1	Ejemplo 1, cálculo del ANC	40
3.7.2	Ejemplo 2, cálculo del ANC	41
3.7.3	Ejemplo 3, cálculo del ANC	43
3.7.4	Práctica 1, cálculo del ANC	46
<b>4</b>	<b>Bibliografía</b>	49

# INTRODUCCIÓN

## Contexto

El agua no contabilizada es el valor más utilizado a nivel mundial para determinar la eficiencia de los sistemas de abastecimiento. Este valor indica la cantidad de agua que produce un sistema pero que se pierde o no es contabilizada.

Los valores del agua no contabilizada son muy variables dependiendo de los sistemas. Se estima que a nivel mundial un 40% de toda el agua se pierde o no es contabilizada (Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, 2014). A nivel latinoamericano, el agua no contabilizada alcanza valores más altos aún. Debido a los escenarios de cambio climático, la escasez de las fuentes de agua potable y el crecimiento poblacional, la reducción del agua no contabilizada es una prioridad para los sistemas de abastecimiento.

A nivel mundial se han realizado esfuerzos que han permitido la reducción de este indicador. En Costa Rica, diferentes instituciones como Acueductos y Alcantarillados (AyA) y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) realizan fuertes campañas para reducir este indicador que en algunos sectores supera el 50%. Estas campañas han repercutido positivamente aumentando la disponibilidad de agua potable, reduciendo los costos de producción, mejorando la eficiencia operativa, entre otros.



Como parte del conocimiento del tema, se busca que las ASADAS comprendan conceptos a partir de acciones recomendadas, por lo que se desarrolla esta guía, con el fin que se pueda implementar en sus sistemas acciones que mejoren las condiciones de sus acueductos. Esto para dar cumplimiento al requerimiento de la Contraloría General de la República DFOE-AE-IF-08-2012 y que es ratificado en el Acuerdo de Junta Directiva de AyA 2014-206, el cual establece que se debe informar a todos los operadores los rangos de calificación establecidos por ARESEP para la reducción del agua no contabilizada, así mismo dar a conocer

el porcentaje óptimo de 33%, al que pueden llegar a tener los acueductos en lo que se refiere a pérdidas de agua reales (fugas) y aparentes (gestión administrativa y económicas).

Es importante comprender que cada uno de los operadores que administran acueductos tienen condiciones diferentes tanto en infraestructura, como de gestión administrativa, la importancia radica en que esta guía busca la comprensión de términos y que al mismo tiempo y dependiendo de las condiciones del sistema, puedan implementar sus propias técnicas y puedan enfrentar la resolución de situaciones diarias.

---

### Los principales objetivos de este manual son:

1. Desarrollar los aspectos básicos de los componentes: micro medición y macro medición, para comprender su funcionamiento en los sistemas de agua potable.
  2. Describir el concepto y la importancia de la reducción de agua no contabilizada, para hacer conciencia de las principales causas de las pérdidas reales y aparentes que se dan en los sistemas de agua potable.
  3. Plantear algunas opciones que puedan ayudar al operador a controlar las pérdidas de agua en los sistemas de agua para lograr optimizar a un 33% o menos el indicador de Agua No Contabilizada.
  4. Desarrollar ejercicios básicos para que los miembros de la Junta Directiva y personal de las ASADAS conozcan el procedimiento para cuantificar el agua no contabilizada y puedan aplicarlo en sus sistemas.
-

# MICRO MEDICIÓN<sup>1.</sup>

La micro medición comprende medidas que permiten conocer el volumen de agua consumida por los usuarios. Se consigue a través de la instalación de medidores y lecturas mensuales; donde exista una prevista o paja de agua (casas de habitación, comercios, instituciones, zonas comunales; entre otras). La micro medición, está asociada a la facturación que hace el ente administrador para obtener recursos económicos.

## 1.1 Funciones de la micro medición

Algunas funciones de la micro medición son:

### 1. Cobro justo y real del agua consumida.

Para los usuarios: pago correcto del agua consumida, según las tarifas establecidas de acuerdo al uso del agua.

Para el operador: Ingresos financieros de acuerdo al cobro justo del servicio brindado a los usuarios.

### 2. Cumplimiento de la Legislación de la Autoridad Reguladora de Servicio Público: Basada en la Norma técnica de ARESEP Hidrómetros AR-HSA-2008.

ARESEP establece que todo servicio público que se brinde, debe ser medido, y además deberá garantizar el buen funcionamiento de dicho medidor, para el cobro justo y real del servicio prestado.

### 3. Control, reducción del desperdicio y gasto inútil del agua.

Los usuarios al contar con medidor, consumen menos agua ya que lo ven reflejado en su facturación. Se estima que un usuario sin medidor consume el doble de agua que otro con medidor.

#### 4. El medidor es la caja recaudadora de los acueductos.

Los medidores permiten conocer el consumo real del agua suministrada y es la fuente principal de ingresos de la ASADA. En otras palabras: más medición, más ingresos.

#### 5. El medidor como vigilante de los usuarios.

Es una herramienta que permite a la ASADA conocer el consumo de los clientes y la aplicación oportuna de acciones correctivas.

#### 6. El medidor permite determinar la existencia de fugas dentro de la propiedad del abonado.

Las fugas visibles o no visibles dentro de la propiedad (responsabilidad del abonado) pueden ser determinadas mediante el medidor.

#### 7. Cambio en los hábitos de consumo en un abonado.

La instalación de medidores, modifica los hábitos de consumo de los abonados, en beneficio del control del desperdicio de agua que se da en muchos de los servicios fijos.

## 1.2 Aspectos legales que debemos tomar en cuenta

El tema de medición obedece a una recomendación técnica de la ARESEP y de la Sala Constitucional, si las ASADAS no acatan estas disposiciones se verán expuestos a sanciones y multas por parte de la ARESEP.

### 1.2.1 Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos 7593

#### 1.2.1.1 Artículo 38.- Multas

La Autoridad Reguladora sancionará, cumpliendo con el procedimiento administrativo previsto en la Ley General de la Administración Pública, con multa de cinco a diez veces el valor del daño causado que ella determine, a quien suministre un servicio público que incurra en cualquiera de las circunstancias siguientes:

- Cobro de precios, tarifas, tasas o contribuciones distintas de los señalados por la Autoridad Reguladora.
- Uso fraudulento de bienes y servicios públicos para evadir el pago regulado.

#### 1.2.1.2 Artículo 41.- Revocatoria de concesión o permiso

Sin perjuicio de las sanciones y responsabilidades que corresponda aplicar de acuerdo con la ley, serán causales de revocatoria de la concesión o el permiso, declarable mediante el proceso administrativo, por la Autoridad Reguladora. Algunas de ellas son:

- La falta grave o la prestación deficiente del servicio, según las normas establecidas en el artículo 25 de esta ley.
- La alteración de instrumentos, sistemas de medición, fiscalización y conteo.

## 1.2.2 Reglamento para la Prestación de los Servicios de AyA<sup>1</sup>

El acuerdo de la Junta Directiva N° 2015-115 establece:

### 1.2.2.1 Artículo 69: De la conexión no autorizada

Cuando se detecte una conexión no autorizada, el AyA (Junta Directiva de ASADA) notificará al interesado para que, en el plazo de diez días hábiles, proceda a normalizar su situación conforme a lo dispuesto en los artículos 25, 26 o 27 de este reglamento, según sea el caso. Además, se incluirá para su cobro los siguientes conceptos:

- El importe de agua y / o saneamiento de al menos seis meses como servicio fijo de la tarifa correspondiente.
- El importe de daños causados.

### 1.2.2.2 Artículo 70: De la conexión fraudulenta

Cuando se determine conexión fraudulenta en los servicios de agua y saneamiento, el AyA la suspenderá siguiendo el debido proceso e incluirá a la facturación el cobro del servicio, desde la fecha de suspensión y / o verificación hasta la fecha de determinación de la fraudulencia, como servicio fijo en la tarifa correspondiente y podrá iniciar la acción penal que corresponda.

Cuando determine que se haya utilizado un medio para falsear el consumo real del servicio, AyA procederá a rectificar las facturaciones afectadas de al menos las últimas seis facturaciones, al consumo obtenido una vez eliminada dicha anomalía.

---

<sup>1</sup> Este reglamento también debe ser acatado por las Juntas Directivas de las ASADAS.

### 1.3 Aspectos técnicos del medidor

**Medidor:** Aparato destinado a medir e indicar el volumen de agua que pasa por él en un tiempo determinado.

**Figura 1** Hidrómetro de chorro múltiple.

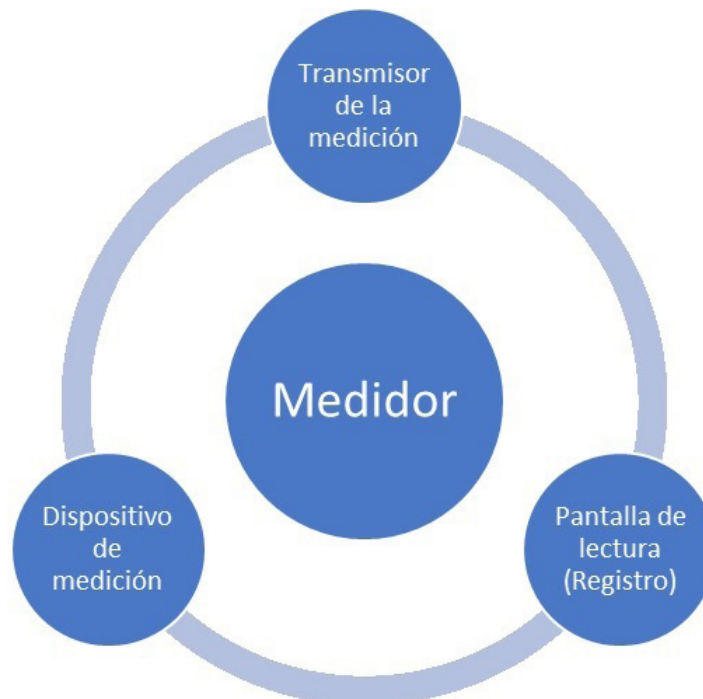


Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Laboratorio de Medición, 2017.

#### 1.3.1 Partes del medidor

En general un medidor se compone de tres partes:

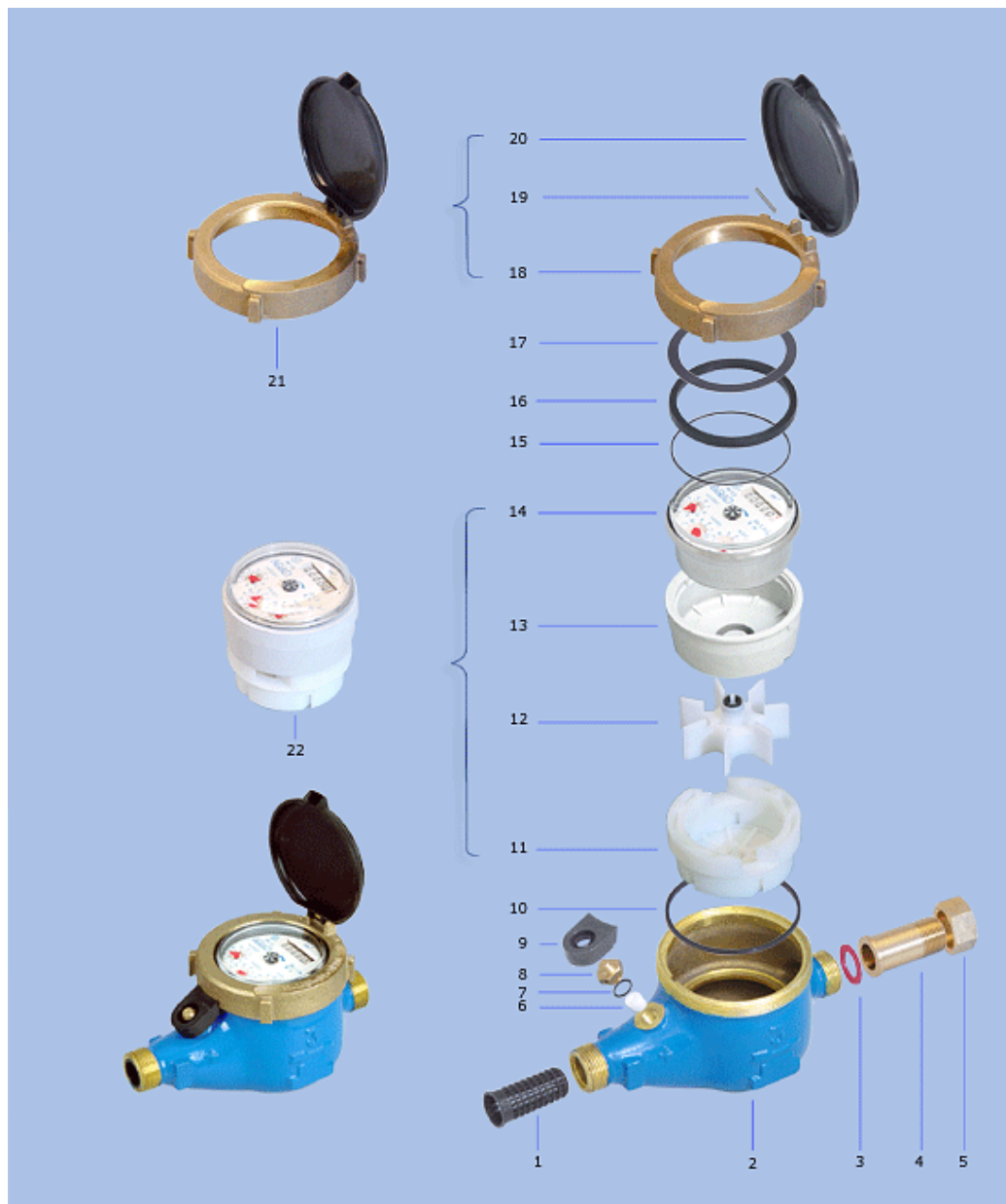
**Figura 2** Partes fundamentales de un medidor.



Fuente: Elaboración propia.

El detalle de los componentes de un micro medidor se puede apreciar en la siguiente figura:

**Figura 3** Componentes internos de un micro medidor particular de chorro múltiple.



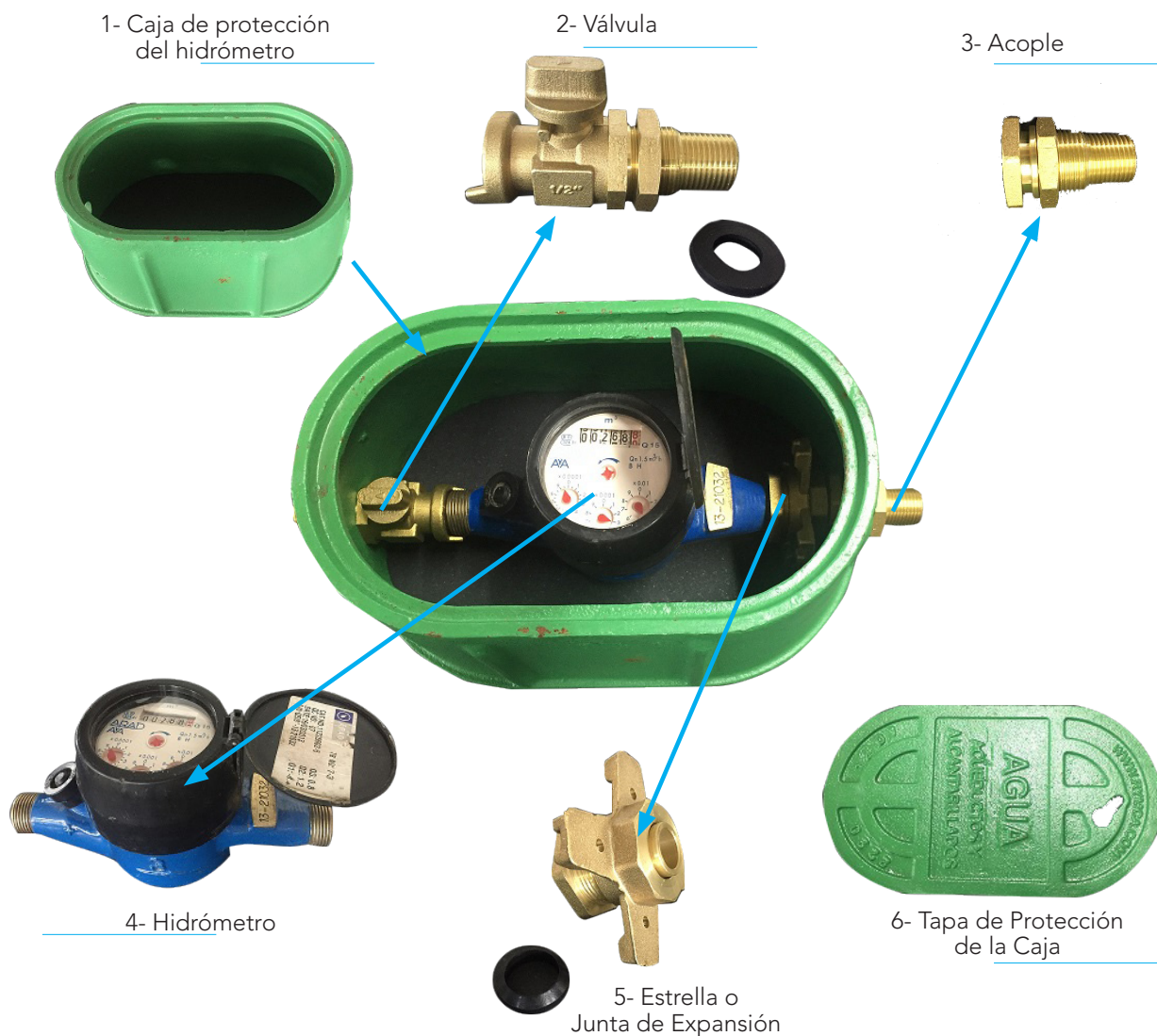
Fuente: ARAD, 2016.

El nombre de los componentes se detalla a continuación:

- |     |                                  |     |                             |
|-----|----------------------------------|-----|-----------------------------|
| 1.  | Filtro                           | 12. | Aspas de medición           |
| 2.  | Carcasa                          | 13. | Compartimento para registro |
| 3.  | Empaque de unión                 | 14. | Registro                    |
| 4.  | Conexión tipo macho              | 15. | O-Ring del cuerpo           |
| 5.  | Tuerca de unión                  | 16. | Anillo de presión           |
| 6.  | Tornillo regulador               | 17. | Anillo deslizable           |
| 7.  | O-Ring (empaqué) regulador       | 18. | Cubierta de bronce          |
| 8.  | Tapa reguladora                  | 19. | Eje de la cubierta          |
| 9.  | Sello plástico                   | 20. | Cubierta plástica           |
| 10. | Empaque de la cámara de medición | 21. | Cubierta de registro armada |
| 11. | Cámara de medición               | 22. | Unidad de medición          |

### 1.3.2 Partes de un sistema de instalación de un medidor

**Figura 4** Componentes presentes en una instalación con caja de protección.



Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Laboratorio de Medición, 2017.

## 1.4 Tipos de medidores

Hoy en día existen diversos tipos de tecnologías que mejoran la precisión y vida útil de los medidores. Algunos tipos de medidores son: velocidad, volumétrico, ultrasónico, electromagnético.

Producto de su uso generalizado, bajo costo y facilidad de reparación, el tipo recomendado para ASADAS es el de velocidad. Especialmente porque su mecanismo da menos problemas de funcionamiento a pesar de la presencia de partículas en el agua. Algunas de sus características se muestran a continuación:

- Arranque 8-10 l/h
- Poco sensible a impurezas
- Se debe instalar únicamente de forma horizontal
- Cumple con normativa técnica de medidores y con un precio accesible comparado con otras tecnologías.
- Costo de reparación es accesible (se debe analizar si el costo de compra de uno nuevo resulta más rentable).

## 1.5 Instalación de un medidor

Para realizar una correcta instalación, el fontanero deberá contar con las siguientes herramientas:

- Cinta métrica
- Llave francesa N° 12
- Llave de cañería N° 10 y 12
- Lima plana
- Pala Pico
- Mazo pequeño
- Barra

Adicionalmente, deberá contar con los siguientes materiales:

- Caja de protección
- Marchamos de seguridad
- Accesorios (acople, junta de expansión y válvula).
- Otros accesorios como: codo, te, unión liza, unión de transición.
- Tubería
- Adaptador tipo "macho hembra"

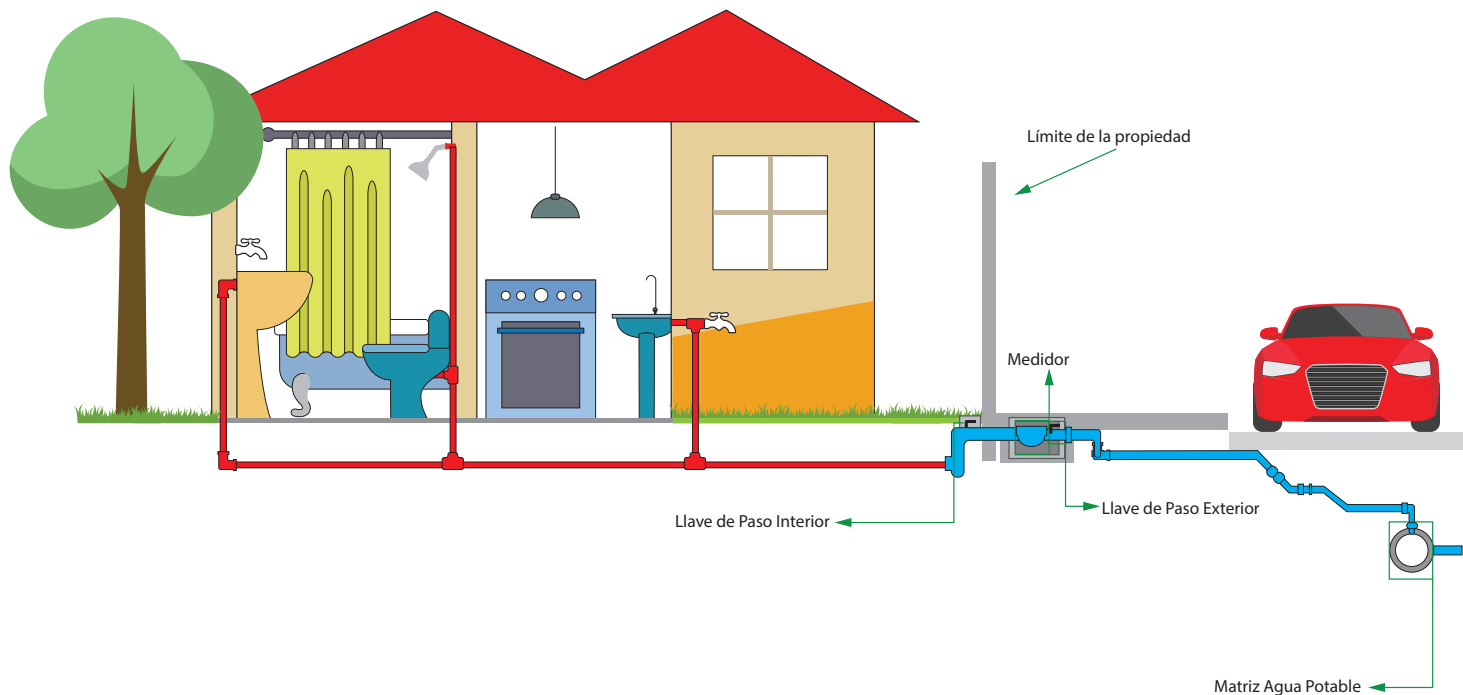
Importante: Según la normativa vigente, a partir del año 2001, toda nueva conexión (de la línea de distribución a la caja de la prevista), debe ser instalada en polietileno.



### 1.5.1 Principios a tomar en cuenta para la instalación de un medidor

- No se debe instalar hidrómetros en áreas o pasos de vehículos. Por ejemplo: parqueos o entradas de garaje.
- Se debe verificar que la tubería de ingreso a la propiedad, esté protegida o taponada para evitar el ingreso de sedimentos o partículas ejemplo: barro o piedras.
- Siempre instalar el hidrómetro en una superficie plana y dura o un poste alto chorreado.
- Asegurarse que el medidor se encuentre en posición horizontal.
- Instalar válvula "check", para evitar el flujo inverso (el agua se puede devolver de la propiedad al tubo madre, cuando hay menos presión de agua).
- Se debe verificar que las conexiones presenten el diámetro adecuado, para evitar cambios bruscos de presión.
- Instale una válvula de cierre entre el medidor y la tubería madre y recomiende al abonado la instalación de una válvula de cierre entre el medidor y la vivienda.

**Figura 5** Condición recomendada de instalación.

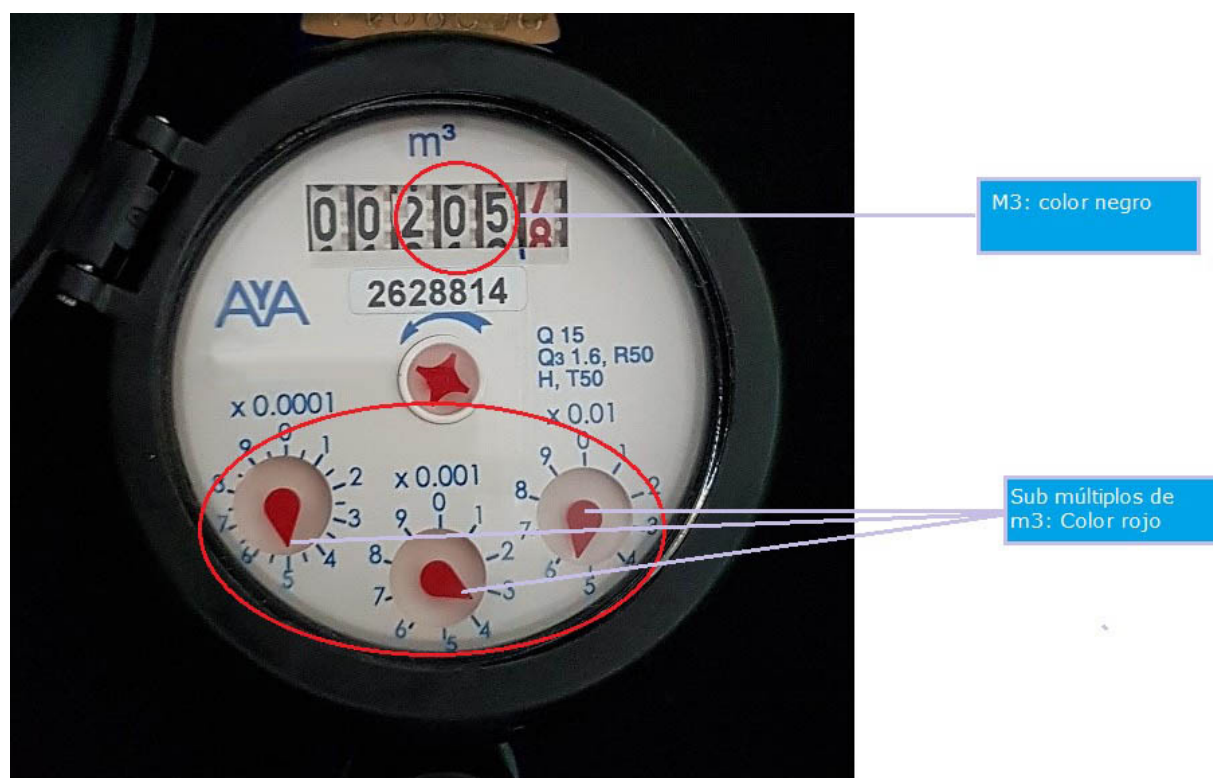


Fuente: Elaboración propia.

## 1.6 Lectura de medidores

El medidor presenta en su registro la opción de leer metros cúbicos ( $m^3$ ) y sub múltiplos de  $m^3$ . Para efectos de la lectura que se toma mensualmente, para el cobro de consumo, se leen los  $m^3$ . Los submúltiplos se leen únicamente para pruebas de verificación de exactitud que se le realice al medidor (pruebas de laboratorio).

**Figura 6** Interfaz típica de un micro medidor.



Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Laboratorio de Medición, 2017.

Por ejemplo, en la Figura 6, se observa una lectura de  $205 m^3$ . En la parte de submúltiplos, se tiene 753,50 L. Es decir:  $205 m^3$  y 753,50 L.

Mensualmente, la ASADA toma el registro de los metros cúbicos que indica el medidor y le resta lo leído el mes anterior. Éste será el consumo de metros cúbicos durante el mes, valor que le será cobrado en su cuenta mensual.

## 1.7 Mantenimiento de los medidores

El mantenimiento de los medidores depende principalmente de la cantidad de agua que pasa por él y la calidad de la misma. En el siguiente cuadro se puede apreciar en la columna "Consumo acumulado para cambio m<sup>3</sup>" la cantidad de metros cúbicos máxima que debe tener un medidor sin revisión. En la columna denominada "Periodo estimado de vida útil en años" se puede identificar el tiempo máximo que debe tener un medidor sin realizar una revisión de mantenimiento.

**Figura 7** Tiempo y volúmenes recomendados para dar mantenimiento a los medidores de hasta 50mm tipo velocidad chorro múltiple y volumétricos.

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS					
DIRECCIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO					
RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS MEDIDORES AGOSTO 24 DE 2016					
Tabla N°1 Medidores de velocidad tipo chorro múltiple o volumétricos					
Diámetro		Capacidad máxima m <sup>3</sup> /hr	Consumo mensual recomendado m <sup>3</sup>	Consumo acumulado para cambio m <sup>3</sup>	Periodo estimado vida útil en años
Milímetros mm	Pulgadas				
15	1/2"	3	< ó = a 100	3,000.00	7 años
19	3/4"	5	< ó = a 500	10,000.00	6 años
25	1"	7	< ó = a 1000	25,000.00	5 años
38	1 1/2"	20	< ó = a 1800	40,000.00	5 años
50	2"	30	< ó = a 2500	80,000.00	5 años
Nota 1: El mantenimiento preventivo aplica cuando ocurra lo primero: acumulado o años de uso.					
Nota 2: Medidores de conexión roscada y cuerpo de bronce					

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Laboratorio de Medición, 2016.

## 1.8 Compra de medidores

En el mercado existen diversas marcas y calidades. A la hora de comprar un medidor, la ASADA debe tomar en cuenta:

- El medidor debe cumplir con la Norma Técnica de Hidrómetros para el Servicio de Acueducto: AR-HSA-2008 o su última versión.
- La ASADA debe verificar que los repuestos sean fáciles de conseguir y que los medidores se puedan eventualmente reparar.
- Cumplimiento de la Norma Nacional INTE / ISO 4064. "Medidores de agua potable fría y agua caliente"

## 2. MACROMEDICIÓN

La macro medición es un sistema de medición de grandes caudales en un punto específico. Tiene como objetivo medir un proceso de producción de agua en el acueducto.

### 2.1 ¿Para qué sirve la macromedición?

Las principales funciones de la macro medición son:

- Conocer el caudal en un momento específico o el volumen en un lapso de tiempo.
- Crear datos necesarios para identificar pérdidas de agua como fugas y otros, por medio del agua no contabilizada.
- Conocer la cantidad de agua que la ASADA está distribuyendo.
- Registrar los caudales de las fuentes.
- Proyectar el consumo mediante los registros de caudal históricos.
- Conocer el comportamiento de consumo, horario, diario, semanal o mensual de los usuarios.

### 2.2 ¿Qué tipos de macro medidores existen?

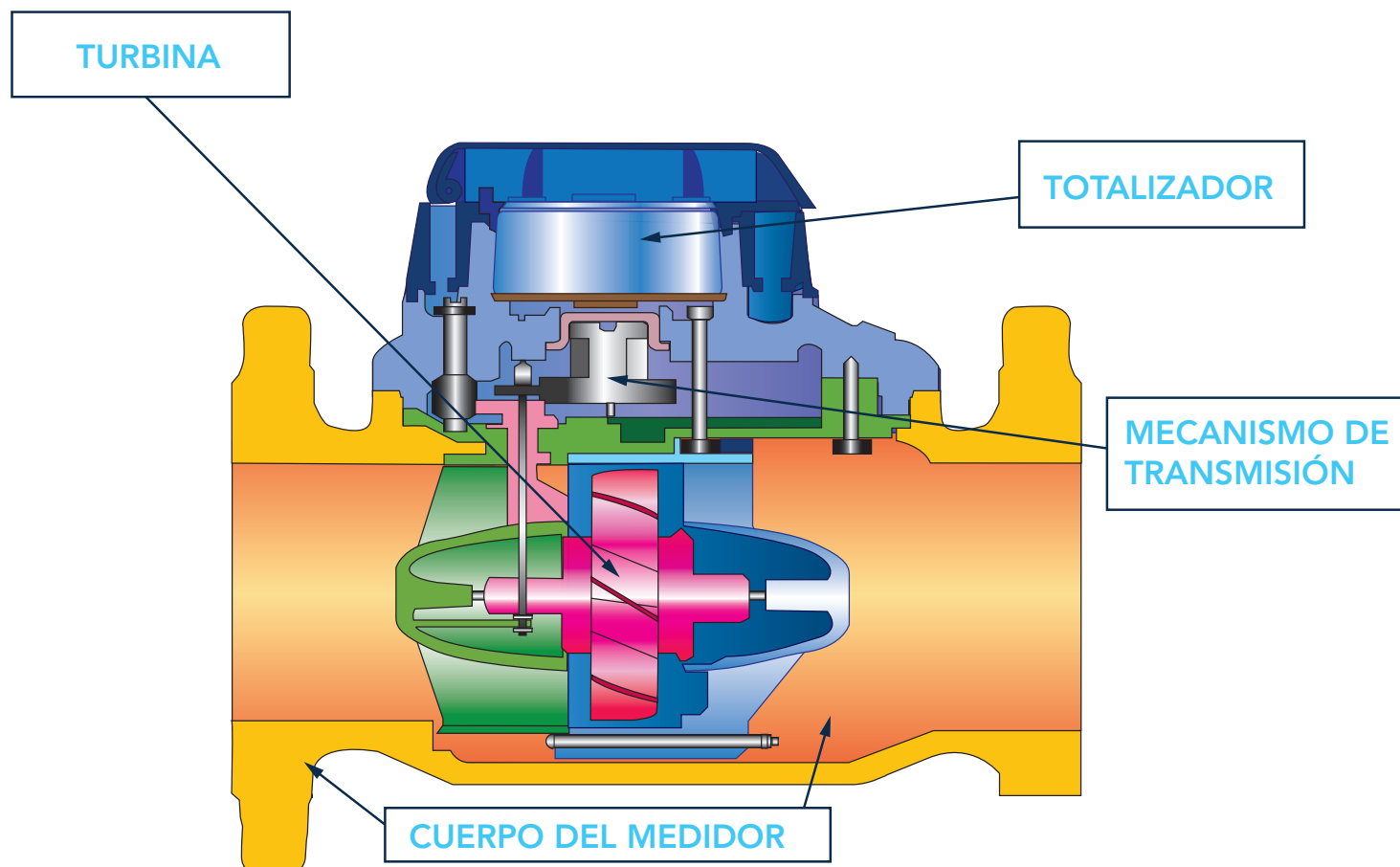
Una de las consideraciones que se debe tomar en cuenta una vez que se adquiere un macro medidor es la revisión de las especificaciones y la conservación de la ficha técnica para consulta, con el fin de conocer el funcionamiento y características más importantes.

Los macro medidores más utilizados son:

#### 2.2.1 Macro medidores de velocidad

Este tipo de medidor utiliza como elemento de medición una turbina o hélice, que gira con el flujo del agua. Uno de los medidores más conocidos es el Woltmann.

**Figura 8** Componentes de un macro medidor tipo Woltmann.



Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Laboratorio de Medición, 2016.

Su principal desventaja es que cuenta con piezas móviles propensas al desgaste, a descalibrarse y trabarse.

#### 2.2.1.1 Recomendaciones de instalación

- Debe colocarse de forma horizontal (lugar plano).
- Instalar un tramo de tubería antes y después con el mismo diámetro del medidor.
- Revisar la recomendación del fabricante en cuanto a las distancias libres antes y después del medidor.
- Medidor debe estar en un lugar seguro con una caja de protección, que permita tomar lecturas y ser manipulado para las labores de mantenimiento.

### 2.2.1.2 Mantenimiento

Para un correcto mantenimiento se recomienda respetar lo indicado en la siguiente figura:

**Figura 8** Tiempo y volúmenes recomendados para dar mantenimiento a los hidrómetros de 50mm a 150mm tipo velocidad chorro múltiple y volumétrico.

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS					
DIRECCIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO					
RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS MEDIDORES AGOSTO 24 DE 2016					
Tabla N°1 Medidores de velocidad tipo chorro múltiple o volumétricos					
Diámetro		Capacidad máxima m <sup>3</sup> /h	Consumo mensual recomendado m <sup>3</sup>	Consumo acumulado para cambio m <sup>3</sup>	Período estimado vida útil en años
Milímetros mm	Pulgadas				
50	2"	30	< ó = a 6000	250,000,00	5 años
75	3"	80	< ó = a 18000	600,000,00	5 años
100	4"	120	< ó = a 30000	1,500,000,00	4 años
150	6"	300	< ó = a 70000	3,000.00	4 años
Nota 1: El mantenimiento preventivo aplica cuando ocurra lo primero: acumulado o años de uso.					
Nota 2: Medidores de conexión bridada y cuerpo de hierro fundido.					

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Laboratorio de Medición, 2016

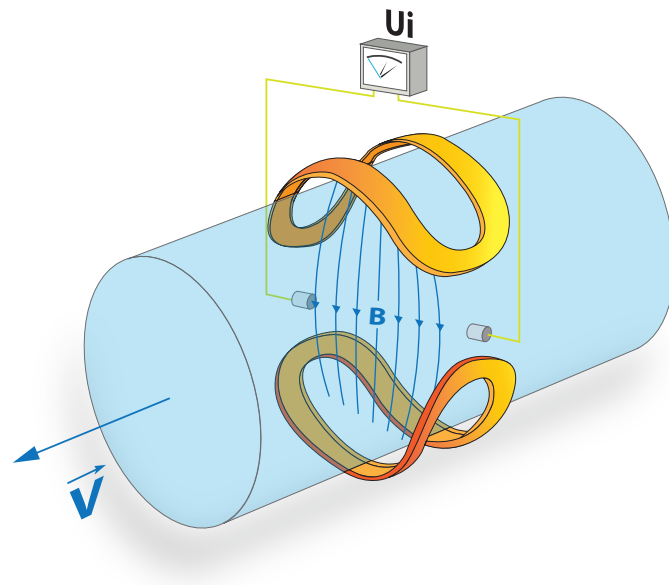
Además, se debe estar al pendiente que realmente esté registrando el agua, ya que, al ser un medidor mecánico, está propenso a trabarse con partículas que arrastre el agua (piedras, ramas, basura) y mantener un control de limpieza en el sitio de instalación del medidor, con el fin de mantener una lectura periódica.

### 2.2.2 Macro medidores electromagnéticos

La operación de este medidor está basada en el principio de inducción, por lo que no existen partes móviles. En el interior del medidor se ubican bobinas, que generan un campo eléctrico. Dependiendo de la velocidad del flujo, se genera una magnitud de corriente eléctrica la cual es transformada mediante el registro a un caudal y/o volumen.

Para este tipo de medidor, es importante considerar que dependiendo de la dureza del agua (altas concentraciones de magnesio y calcio), se podrían formar incrustaciones que afectan el funcionamiento de los sensores ocasionando que el medidor no realice el registro. Debe considerarse para estos casos, un mantenimiento preventivo de limpieza de dichas incrustaciones.

**Figura 9** Principio de inducción.



Fuente: flowmeet.com.

**Figura 10** Macro medidor electromagnético.

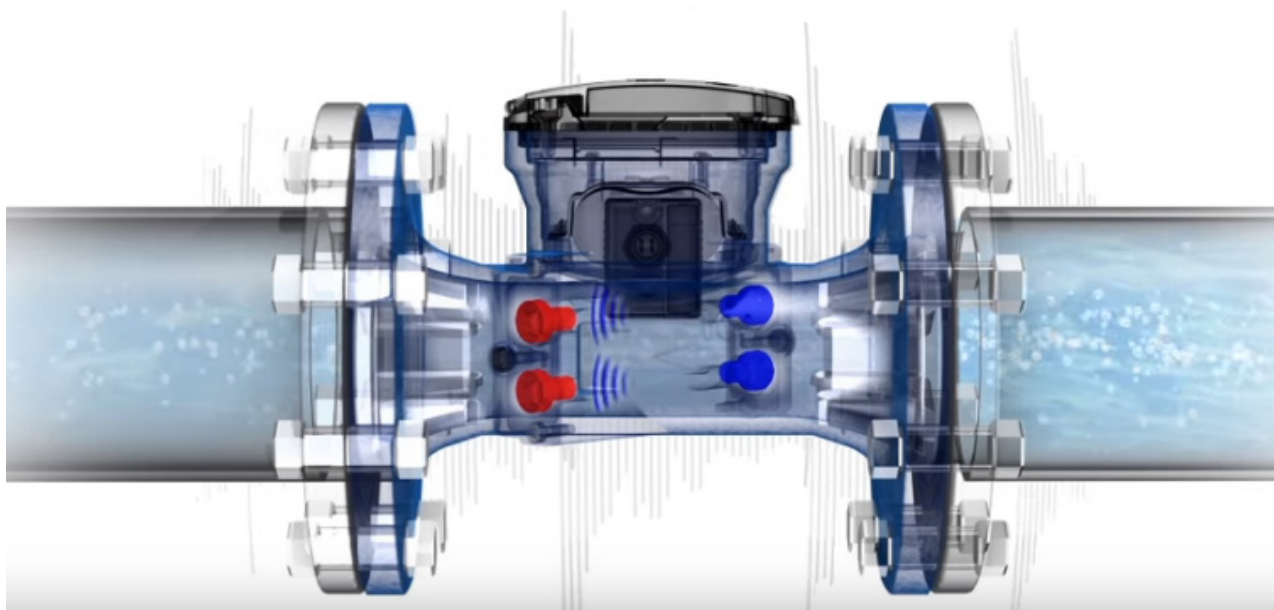


Fuente: sotermic.cl, 2017

### 2.2.3 Macro medidores ultrasónicos

Este tipo de medidor posee al menos un transmisor y un receptor de ondas. El transmisor emite una señal sónica diagonalmente por el tubo hasta llegar al receptor. Según la velocidad del líquido, esta señal dura más o menos tiempo lo que permite calcular el caudal. Al igual que el medidor electromagnético, no contiene partes móviles.

**Figura 11** Medidor ultrasónico. Receptores y transmisores en azul y rojo.



Fuente: arad.com.li, 2017

Para este tipo de medidor, es importante considerar que, dependiendo de la dureza del agua, se podrían formar incrustaciones que afecten el funcionamiento de los sensores ocasionando que el medidor no registre. Debe considerarse para estos casos, un mantenimiento preventivo de limpieza de dichas incrustaciones.

A manera de ejemplo, se describe uno de los tipos de macro medidor existentes en el mercado.



### 2.2.3.1 Macro medidor Ultrasónico Arad Octave

Para determinar las características de cualquier medidor, siempre es recomendable revisar la ficha técnica del mismo. Sin embargo, algunas de las características más importantes son:

- No tiene partes móviles
- Duración estimada de la batería más de 10 años.
- Garantía de la batería 10 años (verificar con el proveedor).
- Garantía contra defectos de fábrica 1 año (verificar con el proveedor).

**Figura 12** Macro medidor Octave.



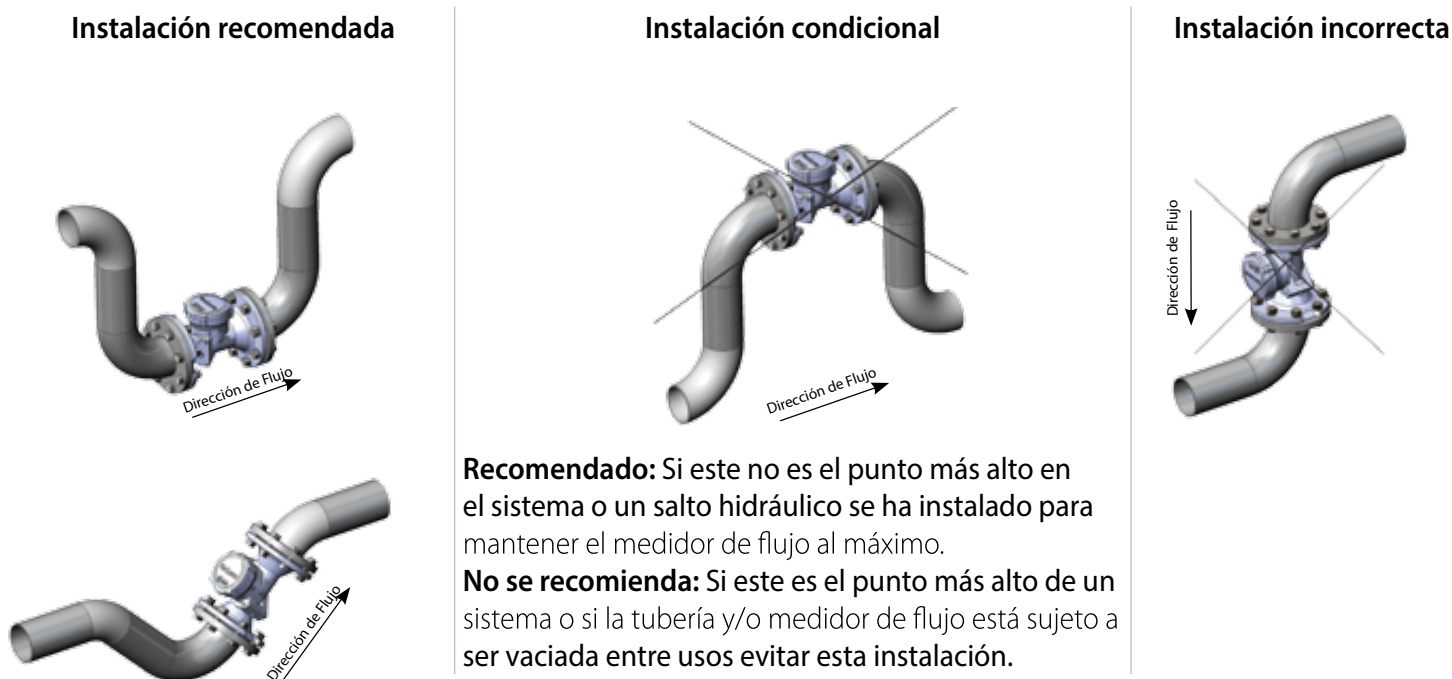
Fuente: arad.com.li, 2017

### 2.2.3.1.1 Guía básica de instalación

Los principales cuidados que se debe tener en la instalación son:

1. Leer cuidadosamente el manual desarrollado por el fabricante.
2. Instalarlo en una caja de válvulas para impedir la manipulación indeseada y proteger el macro medidor.
3. Evite que el macro medidor quede expuesto al sol.
4. Si la tubería tiende a transportar aire, realice un sifón para su colocación.
5. Respete las distancias entre accesorios y válvulas para impedir errores en la medición.
6. No realice soldaduras cuando el medidor está conectado a la tubería.
7. Es recomendable que un extremo del medidor sea flexible o se una a una tubería plástica.

**Figura 13** Recomendación de la instalación.



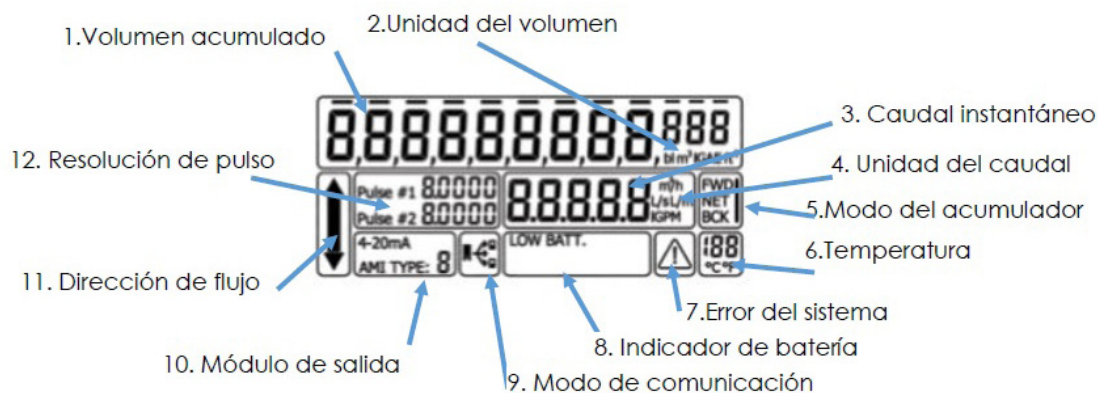
Fuente ARAD, 2016.

### 2.2.3.1.2 Lectura

La lectura de este medidor se puede realizar en diferentes intervalos según se necesite. Como mínimo, se deberá hacer mensualmente en un tiempo que coincida con la lectura de los medidores de los usuarios.

La pantalla del macro medidor tiene los siguientes elementos:

**Figura 14** Pantalla de lectura.



Fuente ARAD, 2016

#### 1. Volumen acumulado

De la misma manera que los micro medidores, el valor presentado indica el volumen que ha pasado por el macro medidor. Para conocer el volumen que pasó en un periodo determinado se debe restar el volumen del periodo anterior.

#### 2. Unidad de volumen

En este campo se muestran las unidades del volumen acumulado. El medidor está configurado para mostrar metros cúbicos ( $m^3$ ), puede configurarse para galones (gal) o pies cúbicos ( $ft^3$ ).

#### 3. Caudal instantáneo

Muestra el caudal que está pasando por el macro medidor en ese momento. Es útil para determinar el caudal que se está produciendo en ese momento (similar a un aforo).

#### 4. Unidad de caudal

En este campo se muestran las unidades del caudal instantáneo. El medidor está configurado para mostrar litros por segundo (l/s), puede configurarse para litros por minuto (l/m), metros cúbicos por hora ( $m^3/h$ ) o galones por minuto (gpm).

#### 5. Modo del acumulador

Indica el modo de acumulación que puede ser:

- FWD: Contabiliza el flujo solamente que pasa en la dirección de la flecha grabada en el medidor.
- NET: Contabiliza el flujo en ambas direcciones, es decir el flujo que se "devuelve" también es contabilizado.
- BCK: Contabiliza solamente el flujo en sentido contrario a la flecha grabada en el medidor.

#### 6. Temperatura

Indica la temperatura del agua. Sus unidades pueden ser grados centígrados ( $^{\circ}C$ ) o Fahrenheit ( $^{\circ}F$ ).

#### 7. Error del sistema

Indica que hay un mal funcionamiento del sistema. Contacte al proveedor para su reparación.

#### 8. Indicador de batería

Si el campo presenta la indicación LOW BATT., implica que la batería y por tanto el medidor dejarán de funcionar pronto. Se debe contactar al proveedor para sustituir la batería.

#### 9. Modo de comunicación

Indica si está conectado el cable transmitiendo información según la programación que tenga el mismo en el puerto de comunicación.

#### 10. Módulo de salida

Indica cual es la programación para el módulo de salida solo cuando va a comunicar mediante algún protocolo.

#### 11. Dirección del flujo

Indica la dirección de flujo en un instante específico.

#### 12. Resolución de pulso

Se activa solo cuando el protocolo de comunicación está programado para pulso, el mismo indica según la unidad de volumen de medidor qué valor tiene cada pulso en volumen según la salida de cable de comunicación.

### 2.2.3.1.3 Mantenimiento

Se deben realizar ensayos de laboratorio que permitan conocer la dureza del agua. Si las aguas se encuentran por encima de la normativa nacional, se deberá realizar un mantenimiento constante. Se debe verificar que los dispositivos no cuenten con incrustaciones.

Cuando el indicador de batería indique, cambie la batería o reemplace el macromedidor.

Se recomienda que cada 5 años se realice una prueba en campo con un macro medidor portable, verificar que el macro medidor indique un caudal correcto.

## 2.3 Ejercicios para la comprensión de la lectura de un macro medidor

### 2.3.1 Ejemplo 1, macro medición

Queremos conocer la producción mensual en metros cúbicos y su equivalente en litros por segundo.

Información necesaria:

1. Volumen acumulado inicial: \_\_\_\_\_ 10 080 m<sup>3</sup>
2. Fecha de la medición inicial: \_\_\_\_\_ 17 de enero de 2017
3. Volumen acumulado final: \_\_\_\_\_ 17 586 m<sup>3</sup>
4. Fecha de la medición final: \_\_\_\_\_ 16 de febrero de 2017

Cálculos necesarios

1. Cálculo del volumen del intervalo:

$$\text{Volumen} = \text{Volumen final} - \text{Volumen Inicial}$$

$$\text{Volumen} = 17586 - 10080 = \mathbf{7776 \text{ m}^3}$$

2. Cálculo de días del intervalo:

Necesitamos conocer la cantidad de días entre el 17 de enero y 16 de febrero. Se pueden contar uno a uno con la ayuda de un calendario (no contar el último día de medición) o de acuerdo a la siguiente explicación:

En enero tenemos 31 días (total del mes) menos 17 (día de la medición)

$$31 - 17 = 14 \text{ días de enero}$$

En febrero tenemos 16 días.

$$\text{Por lo tanto: } 14 + 16 = 30 \text{ días}$$

Luego le restamos **1 día** suponiendo que las mediciones se realizaron al medio día. Lo que implica que el día inicial ni el final no están completos.

$$30 \text{ días} - 1 \text{ día} = \mathbf{29 \text{ días.}}$$

3. Con los dos datos podemos calcular diferentes relaciones:

- Volumen en el intervalo: 7 776 m<sup>3</sup> en 29 días
- Volumen promedio diario:
- Litros promedio por segundo:

$$\frac{\text{volumen (m}^3\text{)}}{\text{días}} = \frac{7776}{29} = 268,13 \text{ m}^3/\text{ día}$$

$$\frac{\text{volumen (m}^3\text{)}}{\text{días} \times 86,4} = \frac{7776}{29 \times 86,4} = 3,1 \text{ l/s}$$

### 2.3.2 Práctica 1, macro medición

¿Cuál es el **volumen**<sup>1</sup> producido por la ASADA en febrero? ¿cuántos **litros promedio por segundo**<sup>2</sup> se producen? Suponga que las mediciones se hicieron al medio día.

**Datos:**

1. Volumen acumulado inicial: \_\_\_\_\_ 10 000 m<sup>3</sup>
2. Fecha de la medición inicial: \_\_\_\_\_ 1 de febrero de 2017
3. Volumen acumulado final: \_\_\_\_\_ 16 000 m<sup>3</sup>
4. Fecha de la medición final: \_\_\_\_\_ 1 de marzo de 2017

---

1 La respuesta equivale a 6000 m<sup>3</sup>  
2 La respuesta es 2,48 l/s

## Práctica

---

Página intencionalmente en blanco para realizar la práctica.

# 3. AGUA NO CONTABILIZADA

El agua no contabilizada, se entiende como **el agua que ingresa a un sistema de distribución pero que no es contabilizada** (medida). Está asociada a varios factores como conexiones ilícitas, fugas en las tuberías, o una mala medición y recolección de datos.

Como parte de la cultura del agua, es necesario la implementación de herramientas que contribuyan a la disminución del desperdicio del agua en los sistemas de agua potable, para lo cual es fundamental hacer algunas preguntas importantes que determinen las razones por las cuales existen pérdidas de agua en un acueducto.

¿Dónde está perdiendo agua el sistema?, ¿cómo se pierde agua?, ¿por qué se pierde agua?, ¿cuánta agua se pierde?

Este tipo de preguntas guían a las personas que están en contacto con la operación y mantenimiento de los sistemas, para que se puedan dar una idea de la situación del sistema y cuáles son los posibles problemas que se presentan.

De ahí nace la importancia de recuperar el agua perdida a través de mecanismos y metodologías que pueden contribuir al ahorro no solo en agua, sino económica y socialmente, al mismo tiempo preservando el medio ambiente a través del desarrollo sostenible.



### 3.1 Importancia de reducir el agua no contabilizada

La reducción del agua no contabilizada, debe ser considerada dentro del plan de trabajo de cualquier ente operador, para mantener una mayor eficiencia económica y ecológica, así como brindar una mejor gestión administrativa, de operación y mantenimiento de la infraestructura.

A continuación, se mencionan algunas razones que demuestran la importancia de la disminución del agua no contabilizada y las pérdidas.

**Ahorro de dinero de operación:** Se reducen los costos eléctricos en los sistemas que trabajan con bombeo. Se disminuyen los costos de tratamiento, ya sea de plantas potabilizadoras o cloración.

**Ahorro en la inversión:** Al controlar las pérdidas, la infraestructura (tanques, tuberías, entre otros) aumenta su vida útil debido a la capacidad. También las nuevas obras podrán ser más pequeñas.

**Disminución de la demanda de agua:** Al disminuir la demanda de agua, la producción de las fuentes alcanza para más usuarios. Se evita la búsqueda de nuevas fuentes.

**Eficiencia en el costo operativo:** Dar al sistema un buen mantenimiento, requiere menos reparaciones y los costos de producción son más bajos.

**Menos riesgos en la salud:** Si el sistema no tiene fugas, disminuyen las probabilidades de que el agua externa se filtre en el sistema, y por consiguiente hay menos riesgo de enfermedades provocadas por el agua.

**Menos daños en infraestructura:** Con menos fugas existen menos daños en edificaciones y vías públicas.

**Mayor satisfacción de los usuarios:** Menos interrupciones en el servicio, mejoramiento de las presiones, lo que contribuye a que haya menos quejas y una buena gestión administrativa, así como una mejor relación entre el ente operador y el cliente.

### 3.2 El balance hídrico y sus conceptos

“Un balance hídrico tiene como objetivo rastrear y contabilizar cada componente de agua que se añade y se deduce de un sistema de abastecimiento de agua dentro de un periodo definido. Busca identificar todos los componentes de consumo y pérdidas en un formato estandarizado, es el primer paso en evaluar el agua no facturada y en manejar las fugas en las redes de distribución de agua.” (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Vag Armaturen, University of Applied Sciences Northwestern Switzerland, Karlsruhe Institute of Technology, 2011).

El balance hídrico, está compuesto por los siguientes parámetros.

**Cuadro 1** Componentes del balance hídrico.

Volumen de entrada al sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado medido	Agua exportada medida	Agua contabilizada	
			Consumo medido		
	Consumo autorizado	Consumo autorizado no medido	Agua exportada no medida	Agua no contabilizada	
			Consumo no medido		
	Pérdidas de agua	Pérdidas aparentes	Consumo no autorizado		
			Errores de los medidores		
			Errores de lectura y manejo de datos		
		Pérdidas reales	Fugas visibles		
			Fugas no visibles		
			Fugas pequeñas		
			Fugas y reboses en tanques		

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se conceptualizan los parámetros que se contemplan en el balance hídrico.

**Volumen de entrada al sistema:** es el volumen de agua inyectado en el sistema, que fue producida por las fuentes (nacientes, pozos, toma superficial) o importado de otra ASADA.

**Consumo autorizado:** Es el volumen de agua autorizado por el ente administrador. Es la utilizada por los usuarios en regla, incluye el agua utilizada contra incendios, en el mantenimiento del sistema, limpieza de alcantarillado y agua exportada a otra ASADA. Este consumo puede ser medido o no medido (por ejemplo, los servicios fijos).

**Pérdidas de agua:** Es el agua que se pierde del volumen de agua producido, toma en cuenta las pérdidas reales (pérdidas físicas del agua) y las pérdidas aparentes (imprecisiones de medida y fraudes).

**Pérdidas aparentes:** Son pérdidas que no se deben a fugas físicas en la infraestructura, sino que están causadas por factores externos como: inexactitud en la medición (medidores en mal estado), errores en la contabilidad, mala rendición de cuentas, consumo no autorizado por el robo de agua y conexiones ilegales.

**Pérdidas reales:** Son volúmenes de agua perdidos dentro de un determinado periodo a través de todo tipo de fugas, estallidos y rebalses.

**Errores en los medidores:** son las más comunes de las pérdidas aparentes. Hay un porcentaje de agua que no es medido ya sea por errores de lectura o por pérdidas ocasionadas por el desgaste en los medidores. Afectan la micro medición y macro medición.

**Errores de lectura y en el manejo de datos:** El personal que lee medidores puede cometer errores de lectura, pérdida o cambio de datos en el sistema.

**Consumo no autorizado:** se da en las conexiones ilegales o en los medidores alterados o manipulados por los mismos clientes, extracción de agua directamente de las tuberías, entre otros aspectos.

**Fugas y rebalses de tanques de almacenamiento:** Causadas por un control de nivel (boya) deficiente o dañado. Puede ocurrir filtración de las paredes. Algunas veces se subestiman las pérdidas de agua desde tanques y aunque son fáciles de detectar, la reparación es complicada y cara.

**Fugas visibles:** provienen de estallidos o rupturas de uniones en grandes interconexiones o tuberías de distribución. El agua que fuga aparecerá rápidamente sobre la superficie dependiendo de la presión del agua y el tamaño de la fuga, así como las características del suelo y la superficie.

**Fugas no visibles (ocultas):** No aparecen en la superficie, se pueden identificar a través del comportamiento del consumo de agua dentro de una zona definida de suministro de agua.

**Fugas en accesorios:** Fugas pequeñas (filtración o goteo de uniones, válvulas o accesorios no herméticos). Muchas de estas fugas nunca se detectan ni reparan sino hasta que se reemplaza la parte defectuosa. Las fugas en accesorios a menudo causan una buena parte de las pérdidas reales.

### 3.3 Principales causas de las pérdidas reales

A continuación, se presentan algunas de las causas más comunes de las pérdidas reales:

**Cuadro 2** Factores que producen pérdidas reales en los sistemas de acueductos.

Causas	Detalle
Materiales:	Fallas en el material de la tubería (espesor de la pared).
Longitud de la tubería	Cuanto más larga sea la tubería, mayores serán las posibilidades de tener pérdidas
Edad:	Las tuberías más viejas tienden a presentar mayores fugas.
Almacenamiento de tuberías:	El almacenamiento inadecuado, puede ocasionar daños en la tubería antes de su instalación, la exposición al sol tiende a degradar la tubería.
Lecho:	Las camas inadecuadas donde se instala la tubería, puede ocasionar rajaduras.
Uniones:	Unir la tubería de manera inadecuada es una razón para la aparición de fugas indistintamente del sistema de unión.
Presión:	Las presiones altas o bajas afectan la aparición de fugas reales en forma de estallido o por el contrario complicar la detección de fugas porque no alcanzan llegar a la superficie.
Tráfico:	El tránsito de vehículos ocasiona un peso extra para las tuberías instaladas debajo de las carreteras, lo que ocasiona en estas una carga extra.
Influencia de terceros:	Ausencia de información sobre el acueducto (planos, censo, año de construcción), o bien daños que las personas ocasionen en el sistema en tuberías o accesorios expuestos.
Válvulas y accesorios defectuosos:	Incluyen rupturas, deformaciones o fallas materiales en las válvulas.
Bombas y tanques de almacenamiento:	Las fugas en los tanques de almacenamiento se dan por daños estructurales o fallas operativas. Para el caso de las bombas, el fallo se da en los sellos defectuosos.

Fuente: Modificado de Guía para la reducción de las pérdidas de agua, 2011.

### 3.4 ¿Cómo se calcula el Agua No Contabilizada?

Resumiendo, el agua no contabilizada corresponde al agua que se produce pero que no se contabiliza.

Por lo tanto, la manera de calcularla depende de dos factores:

1. El agua que se produce (generalmente macro medidores).
2. El agua que se contabiliza (generalmente micro medidores).

El agua no contabilizada se calcula de esta manera:

$$\begin{aligned} & \text{Índice de agua no contabilizada (IANC)} \\ & = \frac{\text{Volumen de agua entrada al sistema} - \text{Volumen de agua contabilizada}}{\text{Volumen de entrada al sistema}} \times 100 \end{aligned}$$

### 3.5 ¿Cuánto es mucho? ¿cuánto es poco?

El índice de agua no contabilizada en un sistema es muy variable. A continuación, se presenta un cuadro con diferentes rangos de comparación para la ASADA establecidos por el AyA.

**Cuadro 3** Rangos del índice de agua no contabilizada.

Índice	Rango
Menos o igual a 33%	Ideal
34%- 41%	Bajo
41%-46%	Medio
46%-52%	Alto
Mayor al 52%	Muy alto

Fuente: Acuerdo de Junta Directiva, AyA 2014-206.

### 3.6 Reducción del agua no contabilizada

La ASADA siempre deberá velar por la optimización de sus sistemas y trabajar para reducir al máximo el agua no contabilizada independientemente del rango en el que se encuentre.

### 3.6.1 Reducción de pérdidas aparentes

#### Consumos no autorizados (conexiones ilícitas):

Tener actualizado el catastro de usuarios lo que permitirá al ente operador contar con controles para conocer el estado de las conexiones.

#### Errores en la medición de los hidrómetros:

Según la Norma Técnica AR-HSA-2008, el ente operador, debe realizar muestreos al menos una vez cada 2 años para asegurarse que sus medidores tengan la exactitud adecuada.

Para el caso de los medidores ultrasónicos, se recomienda revisarlos una vez cada 5 años o cuando se detecte alguna anomalía.

#### Errores de lectura y manejo de datos:

Es conveniente que la ASADA cuente con programas computacionales que manejen la información registrada por los medidores. Esto con el fin de que la información sea lo menos manipulada posible.

### 3.6.2 Reducción de pérdidas reales

#### Pérdidas en tanques de almacenamiento:

Se debe dar seguimiento a los sistemas de cierre de tanques para evitar el desperdicio por rebalse. También es vital reparar todas las fugas internas de los tanques con materiales impermeables.

#### Fugas visibles:

La ASADA deberá realizar inspecciones a toda la red al menos una vez a la semana. Los usuarios son los mejores inspectores. Asegúrese de que los abonados cuenten con el número de teléfono de la ASADA para reportar las fugas y realice campañas para informar sobre la importancia de los reportes.

#### Fugas no visibles:

**Presiones:** Para asegurar un servicio óptimo, la ASADA debe asegurarse que las presiones se encuentren en el rango máximo de 70 m.c.a (100 psi) y un mínimo de 10 m.c.a. (14 psi) en las redes de distribución.

Cuanta más presión haya en la red, mayor será el agua que se va a perder debido a las fugas y se fomentarán las rupturas de las tuberías. Es recomendable que la ASADA instale válvulas reguladoras de presión o tanques quiebra gradientes en los sectores de alta presión, para disminuir las pérdidas. También se pueden programar válvulas que bajen la presión en la noche o de acuerdo al consumo para disminuir las pérdidas durante el tiempo que la presión sea más elevada.

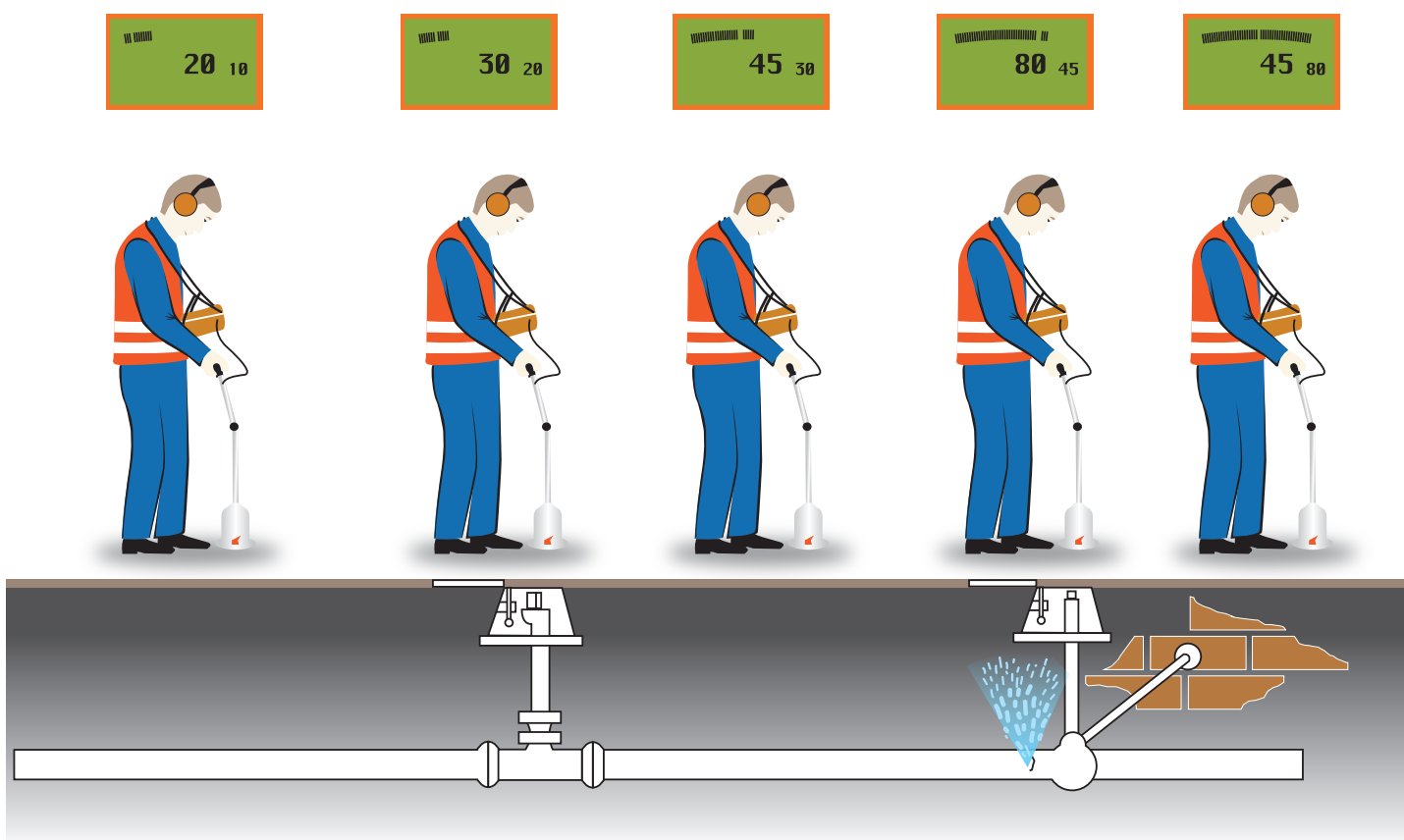
**Cambio de tuberías:** La ASADA deberá cambiar las tuberías que han sobrepasado su vida útil.

**Sectorización:** Una buena práctica es siempre comparar los porcentajes de ANC mes a mes para detectar anomalías y la otra es realizar al menos una vez a la semana lecturas nocturnas del macro medidor para detectar variaciones.

**Modelos hidráulicos:** Mediante el uso de herramientas computacionales, un profesional puede modelar el sistema y complementarlo con información de caudales y presiones de la red para determinar el punto aproximado de la fuga.

**Tecnología para detectar fugas:** La tecnología más usada consiste en el uso de geófonos. Tiene como función detectar el sonido que producen las fugas en una tubería:

**Figura 15** Uso de geófono para detectar fugas.



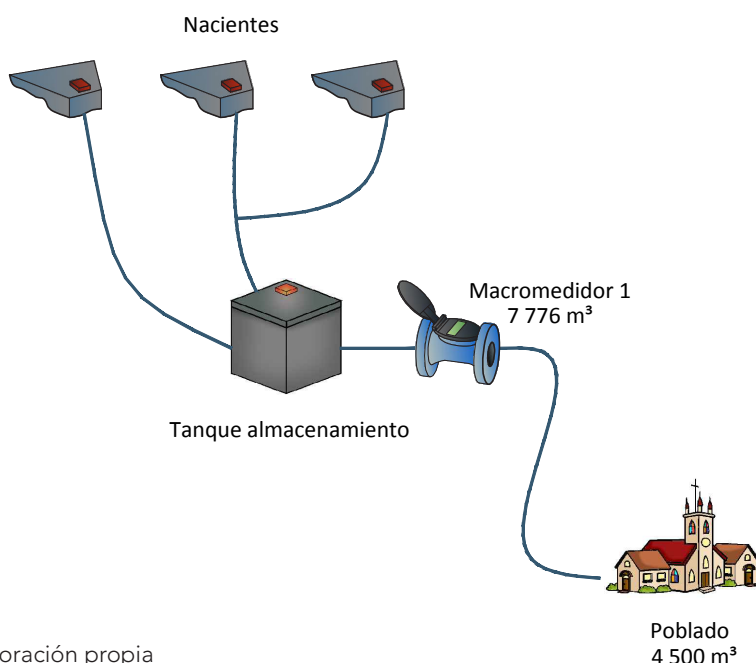
Fuente gimateg.com

### 3.7 Ejercicios para la determinación del ANC

#### 3.7.1 Ejemplo 1, cálculo del ANC

Una ASADA tiene tres nacientes que llevan sus aguas a un tanque de almacenamiento. De ese tanque de almacenamiento, se abastece toda la comunidad. Existe un macro medidor a la salida de ese tanque de almacenamiento y todos los usuarios tienen medidores.

**Figura 16** Configuración ASADA Ejemplo 1.



Fuente: Elaboración propia

En el mes de enero, el macro medidor midió una producción de 7 776 m<sup>3</sup> y durante la misma época, la suma del consumo de sus usuarios fue de 4 500 m<sup>3</sup>.

¿Cuánto fue el porcentaje de agua no contabilizada? ¿Cómo se encuentra el sistema en relación al ANC?

Primero calculamos el ANC con la fórmula general:

$$I_{ANC} = \frac{\text{Volumen de entrada al sistema} - \text{Volumen de agua contabilizada}}{\text{Volumen de entrada al sistema}} \times 100$$

$$I_{ANC} = \frac{7\,776 - 4\,500}{7\,776} \times 100 = \mathbf{42,13\%}$$

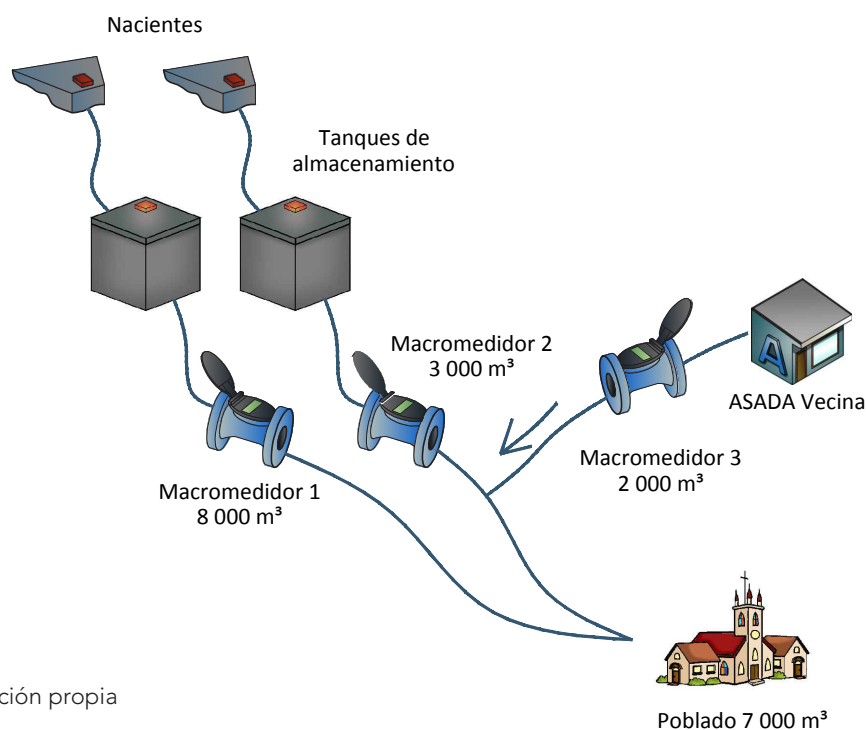
El porcentaje de agua no contabilizado es de **42,13%**. De acuerdo al Cuadro 3, es un índice **medio**. Por lo tanto, la ASADA debería implementar medidas para reducirlo.



### 3.7.2 Ejemplo 2, cálculo del ANC

La ASADA cuenta con dos nacientes separadas que llevan sus aguas a dos tanques independientes. Cada tanque tiene un macro medidor a la salida. Debido a que verano las fuentes bajaron la producción, se le tuvo que comprar agua a la ASADA vecina.

**Figura 17** Configuración ASADA Ejemplo 2.



Fuente: Elaboración propia

#### Datos iniciales:

- El macro medidor 1 midió 8 000 m<sup>3</sup>
- El macro medidor 2 midió 3 000 m<sup>3</sup>
- La ASADA vecina (macro medidor 3) midió 2 000 m<sup>3</sup>
- Los usuarios consumieron 7 000 m<sup>3</sup>.

¿Cuánto fue el porcentaje de agua no contabilizada? ¿Cómo se encuentra el sistema en relación al ANC?

Primero calculamos el ANC con la fórmula general:

$$IANC: \frac{\text{Volumen de entrada al sistema} - \text{Volumen de agua contabilizada}}{\text{Volumen de entrada al sistema}} \times 100$$

$$IANC: \frac{\text{Vol Macro 1} + \text{Vol Macro 2} + \text{Vol comprado} - \text{Vol registrado por usuarios}}{\text{Vol Macro 1} + \text{Vol Macro 2} + \text{Vol comprado}} \times 100$$

$$IANC: \frac{(8000 + 3000 + 2000) - 7000}{8000 + 3000 + 2000} \times 100$$

$$IANC: \frac{13000 - 7000}{13000} \times 100$$

$$IANC: \frac{6000}{13000} \times 100 = \mathbf{46,15\%}$$

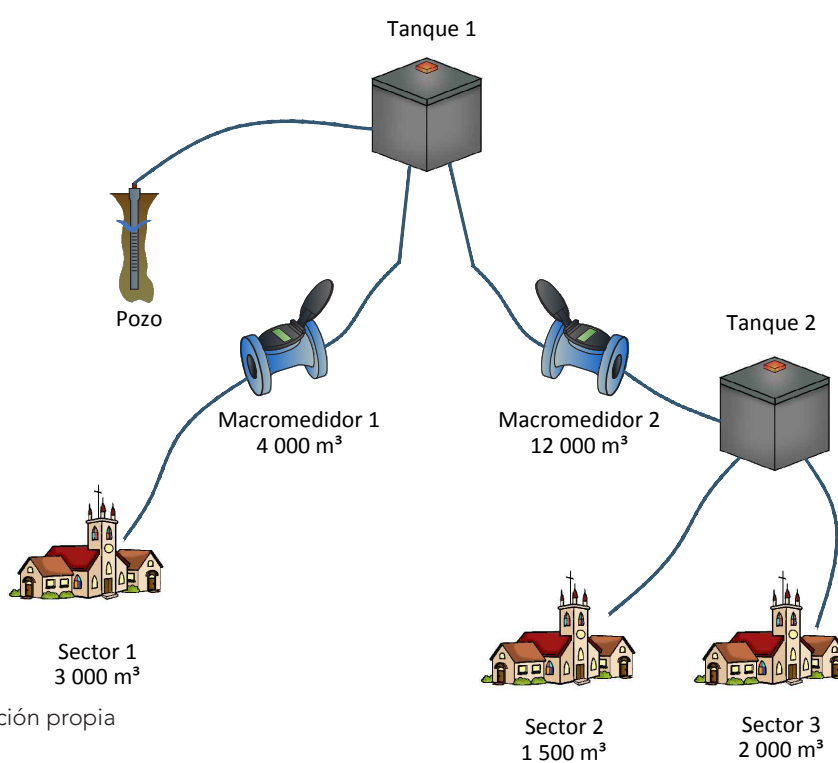
El porcentaje de agua no contabilizada es de **46,15%**. De acuerdo al Cuadro 3, este porcentaje es **alto**. Por lo tanto, la ASADA debería implementar medidas para reducirlo.

Es interesante notar que el agua que los usuarios consumieron fue de 7000 m<sup>3</sup> y que la ASADA por si sola produce 11000 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, si la ASADA invirtiera en disminuir su ANC podría abastecer a sus usuarios sin tener que comprarle agua a nadie.

### 3.7.3 Ejemplo 3, cálculo de ANC

La ASADA cuenta con un pozo que bombea agua a un tanque de almacenamiento principal. De este tanque salen dos tuberías que tienen macro medición. Una de estas tuberías abastece el sector 1, la otra va hacia un tanque de almacenamiento secundario que abastece los sectores 2 y 3. La ASADA está muy bien organizada y conoce el consumo de sus abonados por sector.

**Figura 18** Configuración de ASADA ejemplo 3.



Fuente: Elaboración propia

#### Datos iniciales:

- El macro medidor 1 midió 4 000 m<sup>3</sup>
- El macro medidor 2 midió 12 000 m<sup>3</sup>
- Los usuarios del sector 1 consumieron 3 000 m<sup>3</sup>
- Los usuarios del sector 2 consumieron 1 500 m<sup>3</sup>
- Los usuarios del sector 3 consumieron 2 000 m<sup>3</sup>

¿Cuánto fue el porcentaje de agua no contabilizada? ¿Cómo se encuentra el sistema en relación al ANC? ¿Cuáles pueden ser los principales motivos de estos resultados?

Primero calculamos el ANC con la fórmula general:

$$IANC: \frac{\text{Volumen de entrada al sistema} - \text{Volumen de agua contabilizada}}{\text{Volumen de entrada al sistema}} \times 100$$

$$IANC: \frac{\text{Vol Macro 1} + \text{Vol Macro 2} - \text{Vol sector 1} - \text{Vol sector 2} - \text{Vol sector 3}}{\text{Vol Macro 1} + \text{Vol Macro 2}} \times 100$$

$$IANC: \frac{(4000 + 12000) - 3000 - 1500 - 2000}{8000 + 12000} \times 100$$

$$IANC: \frac{16000 - 6500}{16000} \times 100$$

$$IANC: \frac{9500}{16000} \times 100 = \mathbf{59,37\%}$$

El porcentaje de agua no contabilizada es de **59,37%**. De acuerdo al Cuadro 3, este porcentaje es **muy alto**.

Dado que la ASADA cuenta con varios sectores y más de un macro medidor, se realizará un análisis específico para cada uno.

Primero calculamos el ANC correspondiente al Sector 1:

$$IANC_1: \frac{\text{Volumen de entrada al sistema} - \text{Volumen de agua contabilizada}}{\text{Volumen de entrada al sistema}} \times 100$$

$$IANC_1: \frac{\text{Volumen de macromedidor 1} - \text{Volumen contabilizado en el sector 1}}{\text{Volumen de agua producido}} \times 100$$

$$IANC: \frac{4000 - 3000}{4000} \times 100$$

$$IANC: \frac{1000}{4000} \times 100 = \mathbf{25\%}$$

En el Sector 1 el índice de agua no contabilizada es de **25%**. De acuerdo al Cuadro 3, se considera **ideal**. Debido a que en este sector el IANC es bajo, los problemas deben estar en el Sector 2 y 3. Vamos a calcularlo:  
 IANC del Sector 2 y 3

$$IANC_{2,3}: \frac{\text{Volumen de agua producido} - \text{Volumen de agua contabilizada}}{\text{Volumen de agua producido}} \times 100$$

$$IANC_{2,3}: \frac{\text{Volumen de macromedidor 2} - \text{Volumen contabilizado en el sector 2 y 3}}{\text{Volumen de agua producido}} \times 100$$

$$IANC: \frac{12000 - 1500 - 2000}{12000} \times 100$$

$$IANC: \frac{8500}{12000} \times 100 = \mathbf{70,83\%}$$

En el Sector 2 y 3 el agua no contabilizada es de 70,83% que de acuerdo al Cuadro 3 se considera muy alto. Hay que tomar una acción inmediata para reducirla.

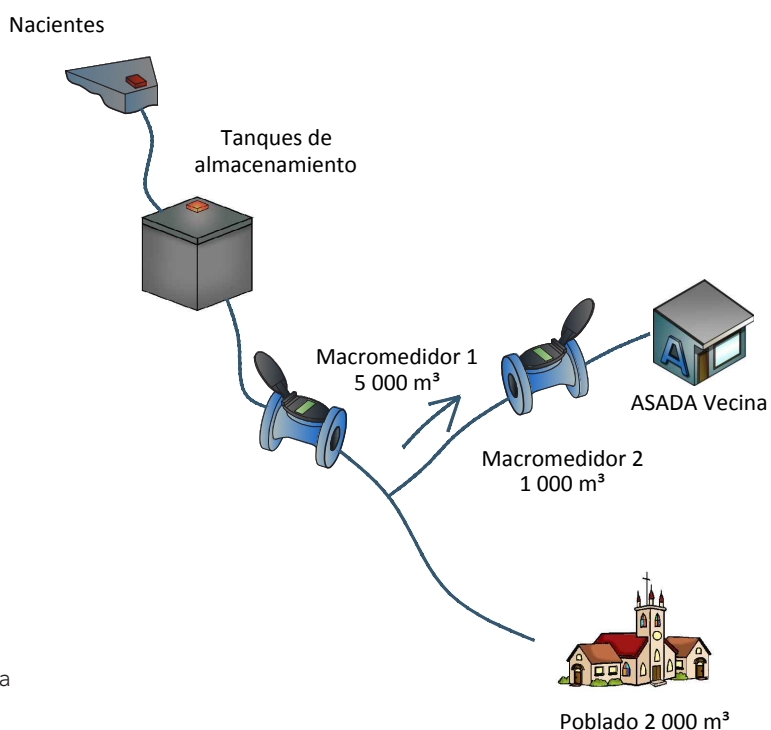
¿Cuáles son las causas más probables?

- Lo más probable es que el Tanque 2 no tenga una boya o se haya dañado y este rebalsando en las noches.
- Pudo haber habido una mala lectura del macro medidor o un error en el consumo del sector 2 y 3.
- Existe una fuga muy grande en los sectores 2 y 3.

### 3.7.4 Práctica 1, cálculo del ANC

La ASADA cuenta con una naciente que lleva el agua a un tanque que tiene un macro medidor a la salida. En verano a la ASADA vecina se le secó la naciente entonces la ASADA decidió **venderle** agua por lo que decidió instalar un macro medidor para saber el volumen vendido.

Figura 19 Configuración ASADA de Práctica 1.



Fuente: Elaboración propia

#### Datos iniciales:

El macro medidor 1 midió  $5\,000\text{ m}^3$

El macro medidor 2 midió  $1\,000\text{ m}^3$

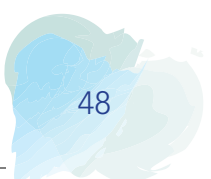
Los usuarios del sector 1 consumieron  $2\,000\text{ m}^3$

¿Cuánto fue el porcentaje de agua no contabilizada<sup>1</sup> ? ¿Cómo se encuentra el sistema en relación al ANC?

## Práctica

---

Página intencionalmente en blanco para realizar la práctica.





# BIBLIOGRAFÍA

- ARAD. (2016). Despiece Multi Jet Water Meter. ARAD, Water Measuring Technologies.
- ARAD. (2016). Ficha técnica Medidor de agua ultrasónico Octave 4.01. ARAD, Integrated Metering Technologies.
- ARAD. (2016). Ficha técnica Modelo M medidor de chorro múltiple. ARAD, Water Measuring Technologies.
- ARAD. (n.d.). Manual de instalación Octave. ARAD, Integrated Metering Technologies.
- ARESEP. (2008). Norma técnica: Hidrómetros para el servicio de acueducto AR-HSA-2008. Costa Rica.
- Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento. (2014). Control del agua no registrada, metodología para una correcta implementación. Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Vag Armaturen, University of Applied Sciences Northwestern Switzerland, Karlsruhe Institute of Technology. (2011). Guía para la reducción de las pérdidas de agua. Eschborn: Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, Alemania.
- Escuela de Fontanería, A. (2009). Insitituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Material de apoyo, curso de introducción a la fontanería para ingenieros. San José: AyA.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2001). Normas de diseño de agua potable y no autorización para el uso de tuberías de PVC-SDR-41. San José: AyA.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTEC). (2015). Medidores de agua potable y agua fría. Norma Internacional ISO 4064. Costa Rica: INTECO.



[www.aya.go.cr](http://www.aya.go.cr)



*Al servicio  
de las personas  
y las naciones*

[www.cr.undp.org](http://www.cr.undp.org)