



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



# **MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA**

---

## **TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA**

---

**Gestión de Agua No Contabilizada en Empresas de  
Servicios Públicos de Agua Potable.**

---

**AUTOR: MATÍAS PEREZ DE LA TORRE**

**TUTOR: LUIS URBANO JAUREGUI**

[MARZO 2018]

---

***8 datos que ponen de manifiesto la necesidad de una correcta gestión y aprovechamiento del agua potable, aún hoy inaccesible en muchos lugares del mundo:***

- 1. El 70% de la Tierra está cubierto de agua. Sin embargo sólo un 3% es agua dulce y la mayoría de esa agua dulce está congelada.*
- 2. Cerca de 783 millones de personas en el mundo no tienen acceso al agua potable.*
- 3. Dos tercios de la población mundial vivirán en condiciones de disponibilidad limitada de agua en 2025, según la ONU.*
- 4. El agua supone el 55% del peso de un humano adulto. Y necesitamos ingerir en torno a dos litros de agua al día.*
- 5. Una persona puede sobrevivir un mes sin alimentarse, pero sólo siete días como máximo sin beber agua.*
- 6. Se necesitan 450 litros de agua para producir un huevo de gallina, 7.000 litros para refinar un barril de petróleo crudo, 15.500 litros para producir 200 kg de carne, 20.000 litros para producir un kilo de algodón ó 148.000 litros para fabricar un automóvil.*
- 7. El uso de la cisterna del retrete es una actividad que consume mucha agua. Cada vez que la utilizamos gastamos entre 10 y 15 litros según la capacidad de la misma.*
- 8. Se gastan 90 litros de agua por término medio en un lavarropas normal y los expertos calculan que una familia de 4 personas tiene que lavar unos 600-700 kilos/ropa/año.*

*(Datos extraídos de <http://www.ocu.org>)*

## Resumen

El Agua No Contabilizada (ANC) es el agua que una Empresa Prestadora de Agua Potable produce y no comercializa (o no pone a disposición de los Usuarios). Ésta se manifiesta a lo largo de toda la cadena de producción y de distribución de la red de agua. El ANC se compone de “Pérdidas Comerciales o Aparentes” y “Pérdidas Reales o Físicas”, ésta distinción se realiza según el área de la empresa involucrada.

Se observa que en Argentina, en general, las Empresas Prestadoras de Servicio de Agua Potable no han desarrollado una Gestión integrada de prácticas o políticas de Reducción de Agua No Contabilizada (RANC) más allá de algunas actividades de índole comercial y algunas intervenciones en la búsqueda y reparación de Pérdidas Físicas (Fugas de Agua). En el Contexto nacional sólo AySA y algunas pequeñas Empresas locales evalúan la aplicación de prácticas para mejorar la eficiencia de sus servicios, sin embargo en ninguna de ellas se trata el tema en forma integrada y con un nivel dentro de la organización de la empresa que permita su independencia en relación con las áreas de producción, distribución y comercialización.

El propósito de este trabajo comienza por identificar todos los componentes que generan el ANC. Una vez expuestos, se procede a evaluar prácticas y herramientas que se enmarcarán en el concepto de un Gerenciamiento hacia la RANC.

Dentro del alcance de éste trabajo, se evalúan dos Empresas Prestadoras de Servicios latinoamericanas utilizando una “Matriz de Evaluación de Prácticas de RANC” que aún se encuentra en desarrollo por el BID (Banco Interamericano de Desarrollo). Estas evaluaciones se realizan en forma retrospectiva mediante documentación emitida por las Empresas, y con un enfoque cualitativo y cuantitativo de las diferentes variables identificadas para la gestión hacia la Reducción de ANC.

Como conclusión de mayor relevancia de éste trabajo, resulta que el ANC constituye un problema transversal a toda la Empresa, el área Técnica y Comercial deben unirse en el objetivo de controlarla y reducirla.

## INDICE

<b>Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Planteamiento del tema/problema .....</b>	<b>8</b>
2.1 <i>La gestión del Agua No contabilizada como un problema transversal.....</i>	<i>8</i>
2.2 <i>Objetivos .....</i>	<i>9</i>
2.2.1 <i>Objetivo general: .....</i>	<i>9</i>
2.2.2 <i>Objetivos específicos: .....</i>	<i>9</i>
2.3 <i>Hipótesis.....</i>	<i>10</i>
<b>3. Metodología y técnicas a utilizar .....</b>	<b>11</b>
<b>4. Aspectos Generales del análisis de la Gestión de Agua No Contabilizada.....</b>	<b>14</b>
4.1 <i>Gestión de las Pérdidas Aparentes (Comerciales).....</i>	<i>18</i>
4.2 <i>Gestión de las Pérdidas Reales (físicas).....</i>	<i>19</i>
4.3 <i>Sistemas de Información .....</i>	<i>21</i>
4.4 <i>El Balance de Agua .....</i>	<i>22</i>
4.5 <i>Las Estructuras Tarifarias y su incidencia en la Gestión del Agua No Contabilizada .....</i>	<i>23</i>
<b>5. Identificación y evaluación de etapas de desarrollo respecto a la gestión y actividades en la reducción y control de pérdidas aparentes. ....</b>	<b>25</b>
5.1 <i>Identificación de variables que intervienen en las Pérdidas Aparentes o Comerciales.....</i>	<i>25</i>
5.1.1 <i>Desactualización o Inexistencia de Catastros de los Usuarios.....</i>	<i>27</i>
5.1.2 <i>Problemas relacionados con la medición de los volúmenes de agua entregados: .....</i>	<i>28</i>
5.1.3 <i>Consumos Ilícitos y Conexiones Ilegales .....</i>	<i>31</i>
5.1.4 <i>Falta de políticas sobre la desconexión por falta de pago .....</i>	<i>31</i>
5.1.5 <i>Pérdidas Intradomiciliarias y Educación sobre el Uso del Agua .....</i>	<i>33</i>
5.2 <i>Tipos de Intervenciones para Reducción de Pérdidas Aparentes.....</i>	<i>34</i>
5.2.1 <i>Catastro de Usuarios actualizado .....</i>	<i>34</i>
5.2.2 <i>Parque de Micromedición adecuado.....</i>	<i>36</i>
5.2.3 <i>Dimensionamiento de los Micromedidores .....</i>	<i>36</i>
5.2.4 <i>Sustitución de los medidores .....</i>	<i>40</i>
5.2.5 <i>Control de Lectura de los Micromedidores.....</i>	<i>41</i>
<b>6. Identificación y evaluación de etapas de desarrollo respecto a la gestión y actividades en la reducción y control de Pérdidas Físicas.....</b>	<b>42</b>
6.1 <i>Identificación de variables que intervienen en las Pérdidas Reales o Técnicas.....</i>	<i>42</i>

6.1.1	Ubicación: .....	43
6.1.2	Tamaño de las fugas: .....	44
6.1.3	Presión en la Red donde se produce la Rotura.....	45
6.1.4	Tiempo de Reparación .....	48
6.2	<i>Tipos de Intervenciones para Reducción de Pérdidas Reales</i> .....	49
6.2.1	Sectorización - (Sector Hidráulico de Medición – SHM).....	49
6.2.2	Control activo de fugas ALC (Active Leakage Control) .....	55
6.2.3	Reparación de fugas .....	58
6.2.4	Gestión de presiones: .....	59
6.2.5	Gestión de Activos .....	62
<b>7.</b>	<b>Identificación y evaluación de etapas de desarrollo sobre los sistemas de información. ....</b>	<b>65</b>
7.1.	<i>Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA)</i> .....	67
7.2.	<i>Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS).</i> .....	67
<b>8.</b>	<b>Identificación y Evaluación de Etapas de desarrollo en relación al Balance de Agua. ....</b>	<b>71</b>
8.1.	<i>PÉRDIDAS DE AGUA Y SU CUANTIFICACIÓN</i> .....	71
8.2.	<i>BALANCE DE AGUA (IWA)</i> .....	72
8.2.1.	<i>Componentes del Balance de Agua</i> .....	74
8.3.	<i>Metodologías para la cuantificación de Agua Producida.</i> .....	76
8.3.1.	<i>Evaluación de metodologías para la cuantificación de Agua consumida.</i> .....	76
8.3.2.	<i>Evaluación de metodologías para la cuantificación de consumos no autorizados</i> .....	77
8.3.3.	<i>Evaluación de metodologías para la cuantificación de Pérdidas Aparentes</i> .....	77
8.3.4.	<i>Evaluación de metodologías para la cuantificación de Pérdidas Reales</i> .....	78
<b>9.</b>	<b>Gerenciamiento del ANC</b> .....	<b>79</b>
9.1.	<i>BENCHMARKING</i> .....	79
9.1.1.	<i>Necesidad del Benchmarking para favorecer la RANC</i> .....	80
9.2.	<i>La Aplicación de Indicadores de Desempeño para la RANC</i> .....	82
i.	<i>Gestión de pérdidas aparentes</i> .....	82
ii.	<i>Gestión de pérdidas reales</i> .....	83
iii.	<i>Gestión de los Sistemas de Información</i> .....	84
iv.	<i>Gestión de los Balances de Agua</i> .....	84
9.3.	<i>Diagrama Ishikawa “Causa y Efecto del ANC”</i> .....	85
9.4.	<i>Evaluación Interna y proceso de BENCHMARKING hacia la mejora en la RANC.</i> .....	90

9.4.1.	<i>Estado de Situación en la Pérdidas Aparentes</i> .....	93
9.4.2.	<i>Estado de Situación en la Pérdidas Reales</i> .....	94
9.4.3.	<i>Estado de Situación en los Sistemas de Información</i> .....	95
9.4.4.	<i>Estado de Situación en la confección de un Balance de Agua</i> .....	97
<b>10.</b>	<b>Análisis de dos Empresas Prestadoras de Servicio</b> .....	<b>98</b>
10.1	<i>Matriz de Evaluación de Prácticas para la RANC (en desarrollo por el BID)</i> .....	98
10.1.1	Interagua Ltda (IA) – Ecuador, Guayaquil .....	99
10.1.2.	Aguas Santafesinas S.A. (ASSA) – Distrito Rosario.....	102
10.2	<i>Matriz calificada</i> .....	105
10.2.1	Pérdidas Aparentes .....	105
10.2.2	Pérdidas Reales. ....	108
10.2.3	Sistemas de Información .....	110
10.2.4	Balance de Agua.....	114
10.3	<i>Calificación General</i> .....	116
<b>11.</b>	<b>Conclusiones/reflexiones finales</b> .....	<b>118</b>
<b>12.</b>	<b>Referencias bibliográficas</b> .....	<b>123</b>
<b>13.</b>	<b>Anexos</b> .....	<b>127</b>

## 1. Introducción

Este trabajo se centra en la Gestión del Agua No Contabilizada (ANC) como herramienta para responder a problemáticas actuales en lo referido a la mejora en la eficiencia de una Empresa Prestadora de Servicio de Agua Potable, la sustentabilidad ambiental, y el crecimiento de cobertura de abastecimiento.

El banco de Desarrollo de América Latina (CAF) estimó que los países latinoamericanos pierden US\$5.780 al año debido a altos niveles de morosidad, sobreempleo en la industria y agua perdida por tuberías rotas o mal utilizadas, cifra que sobrepasa los US\$4.400mn que la industria invierte anualmente. La ineficiencia llega a tales niveles que, mientras que la ONU sugiere que cada persona necesita entre 20lts. y 50lts. de agua al día para atender sus necesidades básicas para beber, cocinar y limpiar, en Buenos Aires se consumen entre 500lts. y 600lts. diarios per cápita. (miya, Latinoamerica debe combatir la ineficiencia hídrica, 2013).

La elección de la temática “Gestión del Agua No Contabilizada (ANC) en Empresas Prestadoras de Servicios Públicos” radica en la importancia actual que adquiere a nivel mundial para el buen aprovechamiento del recurso del agua, optimización de energía, Eficiencia empresarial (beneficios económicos), posibilidad de brindar un mejor servicio y expandir las áreas de cobertura. La mayoría de las empresas Latinoamericanas que brindan un servicio de abastecimiento de Agua Potable no gestionan el ANC, y las empresas que realizan algún tipo de práctica para reducirla lo hacen desde los intereses de las Direcciones Técnicas y/o Comerciales, que suelen ser solo un eslabón de la cadena de producción y distribución. La tendencia internacional es que las empresas dispongan de un departamento específico independiente del área de Producción y de Comercialización que se ocupe de fiscalizar el ANC y responda directamente a la Dirección General de la Empresa.

Se intenta implementar un modo de Gestión integral del ANC direccionado hacia acciones que permitan su reducción.

Las Empresas Prestadoras de Servicio no son todas iguales, cada una tiene sus características para cumplir con las tareas de abastecimiento. Estas características dependen de las posibilidades y dificultades mayormente dadas por las diferentes situaciones geográficas que presenta cada región, disponibilidad de agua, tipo de suelo, y topografía. Para llevar adelante éste trabajo se investigó sobre las prácticas y acciones

que realizan algunas Empresas y que proponen ciertos Organismos tales como el Banco Mundial y el BID con el fin de reducir el ANC.

Se espera que éste trabajo sea de utilidad para dar soluciones a una problemática transversal a todos los sectores de una Empresa Prestadora de Servicio e impacte directamente en los usuarios finales disminuyendo las tarifas y expandiendo la cobertura, ya que cuanto menor sea la cantidad de ANC, menor será la cantidad de agua que habrá que producir y transportar, lo que redundará en una disminución de costos de producción y operación. Además, el ANC presenta aspectos negativos en relación a la eficiencia energética, a la eficiencia de la empresa en general, al uso racional de los Recursos Naturales, y a la preservación del Medio Ambiente. Por lo que, una Gestión direccionada a la Reducción de Agua No Contabilizada (RANC) también traería beneficios en cuanto a éstos aspectos.

La Gestión de ANC demanda esfuerzos por parte de las Empresas Prestadoras de Servicio, las que deberán invertir en la implementación y desarrollo de tecnologías que permitan un gerenciamiento direccionado a la RANC, ésta tesis se fundamenta en el marco teórico-conceptual y metodológico recibido y aprendido durante el transcurso de los estudios del programa de la Maestría Administración de Empresas de Base Tecnológica (MBA-BT) con los cuales me es posible reconocer los problemas existentes, logrando a contribuir a la búsqueda de soluciones a las problemáticas planteadas.

El Trabajo Final de Maestría se divide en once capítulos, los cuales pueden segmentarse en tres partes:

1. Parte uno:

De los capítulos 1 al 3 se plantea el problema, se exponen las diferentes hipótesis, se determinan objetivos, y se proponen las técnicas y metodologías a utilizar.

2. Parte dos:

De los capítulos 4 al 9 se identifican todas las componentes del ANC y herramientas para su reducción (Pérdidas Aparentes, Pérdidas Físicas, Sistemas Informáticos, Balances de Agua, y Benchmarking).



3. Parte tres:

Los capítulos 10 y 11 fueron destinados al análisis de dos casos de Empresas. Implementando una herramienta de evaluación para prácticas hacia la RANC, calificándolas y exponiendo una serie de conclusiones y reflexiones finales.

## 2. Planteamiento del tema/problema

### 2.1 La gestión del Agua No contabilizada como un problema transversal.

El presente trabajo tiene la intención de responder una pregunta que compete a cualquier Empresa Prestadora de Servicios de Agua Potable que desee mejorar su eficiencia y obtener beneficios: ¿Qué se puede hacer para reducir el Agua No Contabilizada?

Se observa que en Argentina, en general, las Empresas prestadoras de servicio de Agua Potable no han desarrollado una Gestión integrada de prácticas o políticas de Reducción de Agua No Contabilizada (RANC) más allá de algunas actividades de índole comercial y algunas intervenciones en la búsqueda y reparación de pérdidas físicas (Fugas de Agua).

En el Contexto nacional sólo AySA y algunas pequeñas empresas de servicios locales evalúan la aplicación de prácticas para mejorar la eficiencia de sus servicios, sin embargo en ninguna de ellas se trata el tema en forma integrada y con un nivel dentro de la organización de la empresa que permita su independencia en relación con las áreas de producción, distribución y comercialización.

El planteo del tema del Trabajo Final de Maestría corresponde al análisis y evaluación de la Gestión de la RANC en Empresas de Servicios, con la participación de los diferentes sectores, entre ellos:

**Alta Dirección:** De ella deben provenir las directrices que permitan delinear, incentivar y motivar la RANC, mostrando un compromiso permanente ante la problemática.

**Producción / Operación:** Las áreas de producción y operación deberían encargarse de realizar controles de fugas / actualización de medidores / reparaciones, manteniendo los registros actualizados.

**Comercial:** Ésta área debería investigar el error en las mediciones de los pequeños y grandes clientes, además el número y el uso del agua por las conexiones sin medidor

y conexiones clandestinas. Debe investigar cuidadosamente los consumos no facturados autorizados, tales como el uso del agua por las agencias del gobierno y la lucha contra incendios.

**Sistemas:** Un sistema informático actualizado compatible entre todas las áreas de la Empresa, que haga el seguimiento permanente de las redes de agua mediante mapas digitales con información de la condición y edad de los caños / válvulas / bombas / medidores.

**Área Comercial y Área de Producción frente al Balance de Agua:** El Balance de Agua es la diferencia entre lo que se produce y lo que se cobra. Es normal la existencia de conflictos de intereses sobre este tema entre las dos áreas. Es por este motivo que resultaría necesario contar con directrices desde la Dirección que determinen la periodicidad de auditorías sobre el balance de agua que cruce las dos áreas.

## 2.2 Objetivos

### 2.2.1 Objetivo general:

El objetivo general será identificar los posibles lineamientos que una Empresa Prestadora de Servicios de Agua Potable podría incorporar con el fin de favorecer a la gestión de la Reducción del Agua No Contabilizada.

### 2.2.2 Objetivos específicos:

Dentro de los diferentes Objetivos específicos que irán apareciendo en la investigación y la implementación de una herramienta de evaluación podrían enumerarse los siguientes:

- **Objetivo Específico 1:** Identificación y evaluación de etapas de desarrollo respecto a la gestión y actividades en la reducción y control de pérdidas aparentes.
- **Objetivo Específico 2:** Identificación y evaluación de etapas de desarrollo respecto a la gestión y actividades en la reducción de pérdidas físicas.
- **Objetivo específico 3:** Identificación y evaluación de etapas de desarrollo sobre los sistemas de información.

- **Objetivo Específico 4:** Identificación y evaluación de Etapas de desarrollo en relación al Balance de Agua.
- **Objetivo Específico 5:** Identificación de mejoras en la organización de las Empresas sobre la gestión de la RANC.

### 2.3 Hipótesis

En el siguiente apartado se presentarán anticipos de acuerdo a los objetivos específicos planteados en el punto anterior:

- **Hipótesis general:** La necesidad de mejoras organizacionales y de la gestión en las empresas para la Reducción de Agua No Contabilizada.
- **Hipótesis 1:** Los valores de acuerdo a las actividades en la reducción y control de la “pérdida aparente” o “comerciales” (errores del medidor, consumo no autorizado, consumo de bomberos, etc.).
  - *Nada:* No existe intención por parte de la Dirección de la Empresa para verificar / actualizar la base de datos del cliente, salvo en el caso de quejas, o la adición de nuevas cuentas de clientes.
  - *Excelente:* La base de datos de clientes es auditado de forma independiente sobre una base anual para eliminar cuentas inactivas, verificar nuevas cuentas y llevar a cabo estudios sobre el terreno para garantizar la integridad y exactitud de base de datos.
- **Hipótesis 2:** Los valores de acuerdo a las actividades en la reducción y control de la “pérdida Real” o “física” (Fugas en la red).
  - *Nada:* La empresa no dispone de equipos ni sistemas para detección de fugas y desconocen su potencial beneficio.
  - *Excelente:* Existe un sistema permanente de un gran número de sensores de flujo / presión y de ruido que supervisa constantemente ayudando a detectar fugas físicas invisibles y otras anomalías.
- **Hipótesis 3:** Los valores de acuerdo a las prácticas sobre el establecimiento de sistemas de información tiene los siguientes extremos:
  - *Nada:* No existe un plan de desarrollo ni mejora de los sistemas de información, y tampoco se contempla la posibilidad.

- *Excelente*: Existe un modelo hidráulico totalmente desarrollado que proporciona información sobre el flujo y la presión. Se actualiza periódicamente.
- **Hipótesis 4**: Los valores de acuerdo a las prácticas de la Empresa en relación al Balance de Agua determinado por la International Water Association tiene los siguientes extremos:
  - *Nada*: No existen auditorías técnicas de gestión de ANC o los Balances no se hacen.
  - *Excelente*: Se prepara un balance hídrico anual de acuerdo con el formato IWA utilizando límites confiables.
- **Hipótesis 5**: Los valores sobre la gestión en la RANC de parte de la Empresa prestadora tiene los siguientes extremos:
  - *Nada*: La dirección no tiene entendimiento, información o preocupación por la RANC.
  - *Excelente*: Toda la organización y el personal tiene una amplia experiencia, se capacita externamente en las actividades de RANC, sabe tomar buenas decisiones sobre qué actividades externalizar y cuáles no, también sabe los mejores métodos para obtener los servicios.

### 3. Metodología y técnicas a utilizar

Las prácticas y herramientas a analizar y evaluar en el Trabajo Final de Maestría se enmarcarán en el concepto de Gerenciamiento para la Reducción de Agua No Contabilizada.

El logro del objetivo general y de los objetivos específicos planteados se alcanzará mediante el desarrollo de un Plan de Trabajos que incluya las siguientes actividades:

- **Objetivo Específico 1**: identificación y evaluación de etapas de desarrollo respecto a la gestión y actividades en la reducción y control de pérdidas aparentes.
  - *Actividad 1.1*: Identificación de variables que intervienen en la gestión de reducción de pérdidas comerciales.
  - *Actividad 1.2*: Evaluación de planes de actualización y verificación de datos de clientes.

- *Actividad 1.3:* Evaluación del seguimiento del control de estado de micromedidores.
- *Actividades 1.4:* Evaluación de programas de reducción de conexiones no autorizadas y fraudes.
- *Actividad 1.5:* Evaluación de programas de legitimación de conexiones clandestinas.
  
- **Objetivo Específico 2:** Identificación y evaluación de etapas de desarrollo respecto a la gestión y actividades en la reducción de pérdidas físicas.
  - *Actividad 2.1:* Identificación de variables que intervienen en la gestión de reducción de pérdidas físicas.
  - *Actividad 2.2:* Evaluación de programas de reparación de fugas.
  - *Actividad 2.3:* Evaluación de programas de mejoramiento de la gestión de redes (sectorización, control de presiones, etc.).
  - *Actividad 2.4:* Evaluación de programas de renovación y rehabilitación de tuberías.
  
- **Objetivo específico 3:** Identificación y evaluación de etapas de desarrollo sobre los sistemas de información.
  - *Actividad 3.1:* Identificación de tecnologías de Sistemas de Información empleados en la gestión de la RANC. Bases de Datos – Planos de Redes – Catastros (censos) de Usuarios – GIS (Sistemas de Información Geográfica).
  - *Actividad 3.2:* Evaluación de disponibilidad de sistemas Informáticos. Empleo de información para el análisis de tendencias e indicadores sobre el ANC.
  
- **Objetivo Específico 4:** Identificación y evaluación de Etapas de desarrollo en relación al Balance de Agua.
  - *Actividad 4.1:* Identificación de los componentes e indicadores del Balance de Agua.
  - *Actividad 4.2:* Evaluación de metodologías para la cuantificación de Agua Producida.

- *Actividad 4.3:* Evaluación de metodologías para la cuantificación de Agua consumida.
- *Actividad 4.4:* Evaluación de metodologías para la cuantificación de consumos no autorizados.
  
- **Objetivo Específico 5:** Identificación de mejoras en la organización de las Empresas sobre la gestión de la RANC.
  - *Actividad 5.1:* Interés y conocimiento de la Dirección.
  - *Actividad 5.2:* Comunicación y coordinación entre los sectores de la Empresa.
  - *Actividad 5.3:* Desarrollo de un área específica para la gestión de la RANC

Estos aspectos se analizarán en forma retrospectiva mediante análisis conceptuales de Documentación Emitida por Empresas Prestadoras de Servicios, y como mínimo en dos estudios de caso en Empresas Latinoamericanas, con un enfoque cualitativo y cuantitativo de las diferentes variables identificadas en la gestión para la RANC.

**Tabla 3.1: Tabla de síntesis en función de cada objetivo específico.**

Evaluaciones sobre	Variables	Población /muestra
Definir mejoras en los aspectos organizacionales de las empresas sobre la gestión de Reducción de Agua No contabilizada en la Empresa: organización, planificación, presupuesto, recursos humanos y materiales, los incentivos, y la utilización de recursos externos.	Interés y conocimiento de la dirección	Análisis de recursos.
	Existencia de un área específica para la gestión de ANC	
	Comunicación y coordinación entre los departamentos respecto al RANC	
	Planificación y Presupuesto para la RANC	
	Capacitación de Personal	
	Recursos técnicos disponibles	
Definir etapas de desarrollo y valores de acuerdo a las prácticas sobre el establecimiento de sistemas de información, Actualización, precisión de datos.	Existencia de un sistema informático	Sistemas informáticos empleados. Alcances – fiabilidad.
	Existencia de información con Indicadores y tendencias sobre el ANC	
	Existencia de información sobre la cantidad de agua producida	
	Existencia de información sobre tipo de cliente y consumo	
	Existencia de Mapas de distribución de agua y de la Red.	
	Existencia de información del mantenimiento de la Red. Reparaciones.	
Definir etapas de desarrollo y valores de acuerdo a las prácticas en el régimen de tarifas	Confeción de los balances de agua	Análisis de regímenes tarifarios en relación al
	Mediciones de producción de agua	
	Medición de consumo de los usuarios	

Evaluaciones sobre	VARIABLES	Población /muestra
de la empresa en relación al balance de agua determinado por la International Water Association: Terminología y métodos, Precisión y validez.	Estimación del consumo autorizado no facturado (ej. Bomberos)	balance de agua.
	Estimación del consumo no autorizado (conexiones ilegales)	
	Estimación de errores de medición	
Definir etapas de desarrollo y valores de acuerdo a las políticas y actividades en la reducción y control de la pérdida aparente.	Existencia de un plan de actualización y verificación de datos de clientes	Gerenciamiento de la pérdida comercial o Aparente
	Seguimiento y control de la edad y el estado de los medidores domiciliarios	
	Interés en la reducción del número de conexiones sin medidor	
	Programa para reducir las conexiones no autorizadas y la manipulación de medidores	
	Programa para legitimar conexiones clandestinas	
	Políticas de desconexión por falta de pago	
Definir etapas de desarrollo y valores de acuerdo a las políticas y actividades en la reducción y control de la pérdida Real (físicas).	Capacidad para la reparación de fugas	Gerenciamiento de la pérdida Física o Real
	Tiempo de reparación de fugas	
	Análisis de la presión en la red	
	Control de fugas	
	Implementación de la Sectorización	
	Programas de reemplazo de tuberías	
	Programas vecinales para informar la importancia de la notificación rápida de fugas	

#### 4. Aspectos Generales del análisis de la Gestión de Agua No Contabilizada

Contar con el servicio de Agua Potable es un derecho de toda comunidad, pero a la par es obligación de los usuarios hacer el uso racional de este servicio. Es propósito de éste Trabajo dinamizar la generación de oportunidades e instrumentos para el abastecimiento universal y racional de agua potable, en la creencia que su provisión es un derecho humano más que un problema de oferta y demanda de un determinado bien.

El Agua No Contabilizada (ANC) es el agua que una Empresa de Servicios Públicos de abastecimiento de Agua potable produce y no comercializa (o no pone a disposición de los Usuarios).

El Agua no contabilizada se manifiesta a lo largo de toda la cadena de producción y de distribución en la red. Las Empresas prestadoras de servicios de Agua Potable identifican al agua que se produce y no se comercializa como “Pérdidas Comerciales” o “Aparentes” y “Pérdidas Técnicas” o “Físicas”, ésta distinción se realiza según el área de la empresa involucrada.

De acuerdo con la “guía para la reducción de las pérdidas de agua” (2011) elaborado en una alianza estratégica por el Ministerio Federal para la Cooperación y el Desarrollo Económico (BMZ), y la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (ZIG): *“En los países desarrollados, las pérdidas reales representan usualmente el componente más importante de pérdidas de agua. Sin embargo, en los países en desarrollo y emergentes debido a las conexiones ilegales, a menudo los errores de medición y contabilidad pueden ser de gran importancia para las empresas de agua.”*

No existe una razón única por la cual sea necesario reducir el Agua No Contabilizada. Ésta problemática es transversal a todos los sectores de una Empresa Prestadora de Servicio e impacta directamente en los usuarios finales, cuanto mayor sea la cantidad de Agua No Comercializada, mayor será la cantidad de agua que habrá que producir y transportar, por lo que aumentan los costos de producción y operación. Además, el Agua No Contabilizada presenta aspectos negativos en relación a la eficiencia energética, a la eficiencia de la empresa en general, al uso racional de los Recursos Naturales, y a la preservación del Medio Ambiente.

Asimismo, en la escasez de recursos, el tema presenta connotaciones sociales adicionales, por cuanto las pérdidas influyen en no lograr la universalización de los servicios, dejando en general sin cobertura a los sectores de menores recursos ( Ballesterro, Arroy, & Mejía, 2015).

En los últimos años, se ha dado énfasis a los problemas relacionados con el uso indebido del agua, actualmente se gasta de manera ineficiente una gran cantidad del recurso, la demanda aumenta más rápido de lo que la naturaleza puede abastecer (Fernandez Cirelli, Alicia y du Mortier, Cecile, 2005). La pérdida de agua es un tema de relevancia ya que se trata de un recurso limitado y no siempre disponible en actividades y calidades necesarias, por ende, en el futuro, será cada vez más difícil equilibrar la demanda con la oferta (Cabrera Marcet, Enrique; Cobacho Jordán, Ricardo; Almandoz Berrondo, Javier; Cabrera Rochera, Enrique; Arregui de la Cruz, Francisco., 2002).

La reducción de un porcentaje del agua perdida representa a menudo una alternativa más económica que explotar nuevos recursos a través de medidas de gran costo, como nuevas represas, ampliación de la producción con nuevas plantas potabilizadoras y/o pozos profundos, extensos transportes de agua, o la desalinización del agua de mar. El Banco Mundial estima que el volumen anual de ANC (o de Agua No Facturada) en los



países en desarrollo está en el rango de 26,7 mil millones de m<sup>3</sup>, lo cual representa aproximadamente USD 5,9 mil millones que pierden las empresas de agua cada año. La reducción de esta cantidad de pérdida de agua a la mitad generaría ganancias considerables y suficiente agua para suministrar agua a 90 millones de personas más en los países en desarrollo ((GIZ) GmbH y VAG-Armaturen GmbH. El Institute for Ecopreneurship (IEC) de la University of Applied Sciences Northwestern Switzerland (FHNW), enero 2011).

Según el documento técnico del Banco Mundial (Número 72S), los esfuerzos por reducir una cantidad excesiva de Agua No Contabilizada (ANC) pueden verse dificultados por diferentes factores: El desconocimiento por parte de la Alta Dirección de las Empresas, de las posibilidades prácticas y de los beneficios potenciales a nivel financiero y operativo; la falta de motivación del nivel operacional y, particularmente, la escasez de Recursos.

Resulta claro que tomar acción contra las pérdidas de agua es crucial. No solamente es esencial por razones éticas para suministrar agua potable segura a más gente y para reducir la expansión de enfermedades provenientes del agua, sino que también mitigaría problemas ambientales y aliviaría la presión sobre fuentes de agua escasas. Además, esta acción ahorraría energía para el tratamiento del agua y el bombeo. Por último, la reducción de pérdidas de agua incrementará los ingresos generados por los servicios públicos de agua privados o estatales (nacionales, provinciales, municipales).

Un tema de discusión de prioridades de intervención en la reducción del Agua No Contabilizada resulta de la visión econométrica que las empresas (o las Direcciones Financieras de ellas) realizan sobre los costos de intervención y sus beneficios puramente económicos:

Según un estudio realizado en 2014 por ECONESSA (Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios S.A.) de Chile, *“una diferencia fundamental que existe entre pérdida física y comercial consiste en que la recuperación de 1 m<sup>3</sup> de pérdidas físicas permite recuperar el costo marginal de producción, mientras que la recuperación de 1 m<sup>3</sup> de pérdida comercial permite recuperar el valor de la tarifa completa (producción, distribución, recolección y disposición final)”*.

Siguiendo el mismo informe: *“La diferencia entre la tarifa y el costo marginal de producción puede ser de 1 a 40 veces. Además, la recuperación de 1 m<sup>3</sup> de pérdida*

*comercial ingresa al mes siguiente en la caja de la empresa, mientras que la recuperación de pérdidas físicas es más lenta.” (A&S Consultores Ltda., Marzo 2014)*

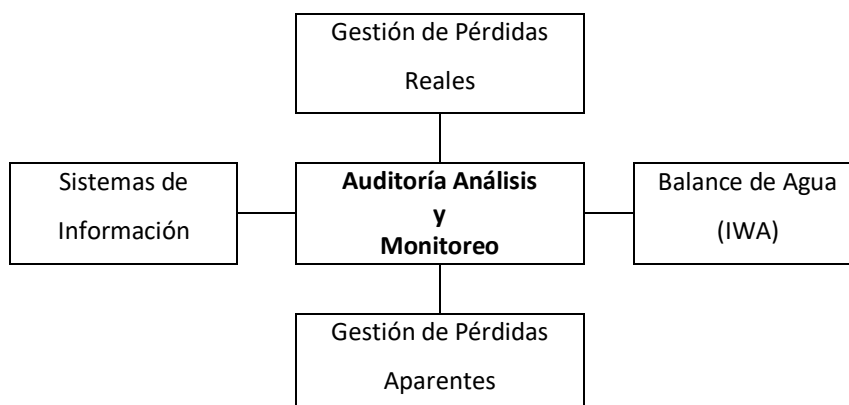
Cuando se repara una pérdida física, suele perdurar en el tiempo mientras permanezca la acción que logró recuperarla, en cambio, la pérdida comercial recuperada puede no permanecer, ya que el cliente puede ajustar su consumo en los períodos posteriores a su detección.

Si se quisiese reducir la diferencia entre la tarifa y el costo marginal de producción, sería primordial realizar todos los esfuerzos necesarios en reducir las pérdidas Aparentes o Comerciales. En cambio, si el objetivo es recuperar el máximo volumen de agua (debido a la escasez del recurso), los esfuerzos deberían ir direccionados a buscar soluciones a las pérdidas físicas.

#### ***Auditoría, Análisis y Monitoreo.***

Según Michel Vermersch y Alex Rizzo (Vermersch, Michel y Rizzo, Alex., 2007) la auditoría es el componente más importante para analizar el funcionamiento y la organización de las Empresas de Servicio de Agua Potable en todos sus aspectos. Gracias a ella se podrán entender las causas de las pérdidas de agua y la evolución de los últimos años. En alineamiento a éste concepto en éste Trabajo se expone la importancia de la existencia de un Área o Sector dedicado al Análisis y Monitoreo y que reporte de forma directa a la Dirección de la Empresa.

Figura 4.1



De esta forma, el Trabajo Final de Maestría se enmarca en el enfoque metodológico precedente.

#### 4.1 Gestión de las Pérdidas Aparentes (Comerciales)

La gestión de las Pérdidas Aparentes, muchas veces denominadas "Comerciales", se corresponde con los volúmenes de agua que son entregados a la Red de distribución y son aprovechados por "alguien" sobre el que la Empresa prestadora no tiene control, o no lo cuantifica correctamente.

La gestión de las Pérdidas Aparentes se relaciona con las siguientes causas (Cepal - Naciones Unidas - Gobierno de Chile, 2012):

- **Desactualización o inexistencia de catastros de usuarios:** La base de datos de usuarios posee cuentas inactivas, no suele verificar la existencia de nuevas cuentas.
- **Problemas relacionados con la medición de los volúmenes entregados:**
  - **Conexiones sin medidor:** Al no medirse no puede facturarse lo consumido.
  - **Renovación de los medidores:** Luego que cierto tiempo, los medidores quedan obsoletos y no funcionan adecuadamente, deben ser reemplazados por nuevos.
  - **Sub-medición:** El medidor no es capaz de registrar todos los consumos, especialmente los de menor caudal, al no ser registrados no son facturados pero sí son consumidos.
  - **Consumos Ilícitos:** Los medidores son manipulados mediante "puentes" o "bypass" con la intención de evitar el medidor.

- **Errores en la lectura y transcripción:** De los datos desde el medidor al sistema de facturación.
- **Pérdidas Intradomiciliarias:** Son las pérdidas que los Usuarios tienen dentro de las propiedades y no son reparadas, éstas generan un consumo que puede no ser registrado por el medidor debido a que el poco caudal de agua que pasa por él es imperceptible.
- **Falta de Políticas sobre la desconexión por falta de pago:** La cobrabilidad de los servicios de Agua potable y Saneamiento es uno de los problemas más serios que tienen que enfrentar las Empresas de Prestadoras de Servicio. El sistema de corte del servicio luego de haberse realizado intimaciones debidas a los usuarios por falta de pago, es algo que se utiliza en todo el mundo. (Minaverri, 2013)

Las pérdidas comerciales o aparentes son las que producen la recuperación más rápida del ANC, y por lo general, son las más económicas de solucionar, por lo que son preferidas como prioridad de intervenciones con el fin de crear fondos para recuperar las pérdidas físicas. Frecuentemente, las pérdidas físicas a nivel de cantidad de m<sup>3</sup> varían entre el 70% y 80%, y las pérdidas comerciales en m<sup>3</sup> son de 20% al 30%. No obstante, el valor de las pérdidas comerciales representa el 80% del total. (Constante, 2013)

#### 4.2 Gestión de las Pérdidas Reales (físicas)

La gestión de las Pérdidas Reales, muchas veces denominadas "Físicas", se corresponde con los volúmenes de agua que son entregados a la Red de distribución pero no llega a los usuarios debido a que en algún punto de la distribución se escapa por alguna falla estructural.

La gestión de las Pérdidas Reales se relaciona con:

- Recursos Humanos (Aptitudes/Equipo/formación)
- Equipamiento (Sistemas detectores de Fugas/ medidores de presión)
- Análisis de los materiales (Calidad/durabilidad)
- Sectorización de la Red
- Mediciones (Macromedidores)
- Tamaños y tiempos de fugas
- Presiones

### *Sectorización de la Red*

Un Programa de Control de Pérdidas Reales y Aparentes en sistemas de distribución de agua potable, debe ser el resultado de controlar la infraestructura física y comercial de la entidad prestadora del servicio. Para fraccionar geográficamente el problema de controlar la infraestructura y reducir las pérdidas, se conforman unidades operativas (Sectores Hidráulicos) donde se controlan el suministro de caudales, las presiones de entrega, la macromedición y la micromedición. La Sectorización de la Red es una herramienta de control de la infraestructura, que optimiza la operación del sistema, y sirve como estrategia de seguimiento y control de pérdidas a nivel de sectores (Jimenez Aldana, 2002, pág. 11).

### *Macromedición*

La macromedición es el proceso mediante el cual se obtienen, procesan, analizan y divulgan los datos de producción, conducción y distribución, relativos a caudales, presiones y niveles de los puntos significativos del acueducto.

La macromedición posee objetivos operativos (determinar los caudales entregados) y comerciales (para controlar las actividades de lectura y facturación), ésta información es necesaria para lograr reducir el ANC.

Las inversiones en macromedición deben responder a una racionalidad económica, dado que no genera un beneficio distinto al control del sistema, el análisis económico debe ser del tipo costo/beneficio (Jimenez Aldana, 2002, pág. 136).

Los Macromedidores son diseñados para manejar caudales mayores a los que proporcionan el diámetro de los micromedidores. Se utilizan para determinar los caudales entregados por los sistemas de producción a los sistemas de transporte y a los diferentes Sectores Hidráulicos.

De ésta manera encontramos la instalación de macromedidores en los sistemas de captación de Agua Cruda para tratamiento de plantas potabilizadoras y en las distintas salidas de las plantas, con los cuales por diferencias se determinan las pérdidas de producción en las plantas y complementariamente la eficiencia productiva.

Seguidamente se instalan Macromedidores en las grandes líneas de transporte mediante los cuales, de la misma forma se determinan las pérdidas de transporte y eficiencia. En

general las pérdidas de transporte resultan a causa de importantes roturas y rápidamente se tornan visibles. Por lo cual la tendencia es de telegestionar (mediante software específico) los registros de macromedición con el propósito de disponer de información a tiempo cuasi real a efectos de adelantar en lo posible las intervenciones de reparación.

Por último encontramos los macromedidores instalados en las mallas de las redes de agua, los que determinan su Sectorización Hidráulica permitiendo así un adecuado seguimiento de los registros de entrada a cada uno de los Sectores Hidráulicos y de ésta manera establecer la localización de las pérdidas.

Las pérdidas físicas son directamente proporcionales a los niveles de presión en el que se encuentra operando la Red, y al tamaño y densidad por kilómetro de roturas producidas, por lo tanto son estos tres parámetros los que en general se trata de controlar con el propósito de la RANC.

Estos parámetros son seguidos directa o indirectamente mediante sistemas de información que reportan datos y/o indicadores. Por ejemplo: es común que las Empresas dispongan registros de parámetro/presión como dato directo; y registros de roturas reparadas con lo que se obtiene indicadores del tipo Litros por segundo por kilómetro de Red y Litros por segundo por kilómetro de Red por unidad de presión, ya que es muy difícil determinar en forma directa la dimensión de cada una de las roturas en particular.

Por último la gestión del RANC vinculado a pérdidas físicas en una Empresa se relaciona con los recursos humanos y técnicos asignados para la detección de pérdidas, su control y reparación sistemática. En las últimas décadas ha habido grandes adelantos tecnológicos, por un lado en la detección de pérdidas, por el otro en el control y su reparación sistemática, lo cual obliga a las empresas a mantener actualizados, éstos equipamientos y la consecuente capacitación del Recurso Humano aplicada.

#### 4.3 Sistemas de Información

Antes del período digital, toda la información se mantuvo en papel, motivo por el que era común la desactualización de planos, informes, reportes, arreglos, etc. de la red de abastecimiento. La información se mantenía guardada en archivos que, con frecuencia, estaban en depósitos y difícilmente disponibles para consultas o actualizaciones.

Con la digitalización éste tipo de problemas empiezan a tener solución. Durante la década del '90 las tecnologías GIS (sistema de información geográfica) se fueron desarrollando lo necesario para un seguimiento básico y la actualización de las redes de agua, lo que propicia la disponibilidad y facilidad para las actualizaciones (Miranda, Helen Zárate; Cornejo, Javier.).

Hoy en día, los Sistemas de Información ya se encuentran lo suficientemente maduros como para que los planos y las actualizaciones sean colaborativas entre las distintas áreas de las Empresas.

El flujo de información permite crear modelos de redes para realizar simulaciones y poder evaluar distintos escenarios (instagua, 2016). La digitalización de la red permite analizar en forma georreferenciada datos como tipo y edad de la tubería, diámetros, pérdidas de agua y roturas. De este modo la digitalización y actualización permanente de la base de datos de la red permite un control y un seguimiento y diagnóstico que favorece la integridad y la perdurabilidad de la red (Hladej, 2007).

#### 4.4 El Balance de Agua

El Balance de Agua permite el seguimiento del consumo autorizado y de las pérdidas de agua en forma más o menos desagregada, siendo utilizado por las Empresas del Sector como un instrumento de control desde hace décadas.

Éste instrumento de control se ha ido desarrollando en formas cada vez más complejas y muchas veces con grandes diferencias conceptuales y de forma entre diferentes Empresas Prestadoras. Organismos Internacionales han intentado sistematizar los formatos del balance de Agua con el propósito de facilitar comparaciones entre diferentes Empresas y/o países (Benchmarking).

En éste sentido, el Balance de Agua (IWA, 2000) es una herramienta – publicada por primera vez en el 2000 – que permite realizar un diagnóstico integral sobre la situación de las pérdidas de agua en la gestión operacional y comercial de la prestación del servicio. A través de este balance de la Asociación Internacional del Agua (IWA – por sus siglas en inglés), los diversos tipos de pérdidas de agua son categorizados tal como se presenta en la siguiente figura.

**Figura 4.2: IWA – Balance de Agua**

Volumen Introducido al Sistema m <sup>3</sup> /año	Consumo Autorizado m <sup>3</sup> /año	Consumo Autorizado Facturado m <sup>3</sup> /año	Consumo Facturado Medido	Agua comercializada m <sup>3</sup> /Año	
			Consumo Facturado No Medido		
		Consumo Autorizado no Facturado m <sup>3</sup> /año	Consumo No Facturado Medido	Agua No comercializada m <sup>3</sup> /Año	
			Consumo No Facturado No Medido		
	Pérdidas de Agua m <sup>3</sup> /año	Pérdidas Aparentes m <sup>3</sup> /año	Consumo No Autorizado		
			Errores de Medición		
		Pérdidas Reales m <sup>3</sup> /año	Fugas en la Red		
			Desborde de Reservorios		
	Fugas en Conexiones Domiciliarias				

#### 4.5 Las Estructuras Tarifarias y su incidencia en la Gestión del Agua No Contabilizada

Las Estructuras Tarifarias también inciden en las posibilidades de gestión del Agua No Contabilizada.

Básicamente se pueden identificar 2 tipos de estructuras tarifarias: i) la basada en un Sistema Catastral y ii) la basada en la Micromedición.

Sin el propósito de ser exhaustivos en las características de éstas estructuras tarifarias, se identifican seguidamente las incidencias más relevantes en la gestión del ANC:

##### *La Estructura Tarifaria basada en un Sistema Catastral*

Es sabido ya desde hace tiempo por los especialistas que los Consumos de Agua no Medidos han utilizado y aún utilizan variables que buscan capturar las principales determinantes del consumo y la capacidad de pago mediante las características de los inmuebles de los usuarios tales como:

- ✓ Tamaño                                      Consumo de agua
- ✓ Antigüedad                                  Ingreso (\$)
- ✓ Localización                                Ingreso (\$)
- ✓ Tipo Edificación                            Ingreso (\$)

Este tipo de estructura tarifaria mediante consumos no medidos presenta problemas de injusticia tarifaria, ya que esas variables no siempre reflejan adecuadamente el consumo de agua que se intenta estimar, ya que con suma frecuencia se presentan este tipo de inconsistencias:



- ✓ El Tamaño puede estar negativamente asociado con el ingreso.
- ✓ La antigüedad puede estar asociada con mayor consumo.

### *La Estructura Tarifaria basada en un Sistema Medido*

Las debilidades señaladas arriba inciden en que durante los últimos quince años se ha avanzado mucho en Latinoamérica en la definición de metodologías tarifarias para el sector agua basadas en el método de medición de los consumos.

La tarificación del agua mediante el Consumo Medido se ha desarrollado en distintos países de Latinoamérica siguiendo diferentes criterios, tales como:

- ✓ Tarifa Lineal
- ✓ Tarifas No Lineales: i) Dos Partes; ii) Bloques Crecientes; iii) Bloques Decrecientes

Las Tarifas lineales implican un pago uniforme por unidad de consumo en  $\$/m^3$  sin cargo fijo.

Las Tarifas en Dos Partes se componen de:

- ✓ Cargo Fijo
- ✓ Cargo Variable

Este tipo de estructura tarifaria, es muy utilizada actualmente en Latinoamérica, ya que brinda un marco de sostenibilidad de equilibrio técnico, económico, social y ambiental.

Los beneficios técnicos de la micromedición implican ahorro de agua intradomiciliario (disminución de derroches de agua) en la medida que los sistemas de servicio con dotación de agua equilibrada entre las distintas zonas de servicio, permiten mejorar los hábitos de consumo de la población y obviamente, optimizar la detección del ANC.

Los beneficios sociales de la micromedición permiten el establecimiento de tarifas diferenciales para el cobro del servicio, favoreciendo al pequeño consumidor y cargando los costos marginales a los mayores usuarios. Se favorece asimismo igual servicio para todos ya que el control de la utilización el agua evita el abastecimiento desordenado en algunas zonas y provee un equilibrio de presiones en la red.

Entre los beneficios económicos de la micromedición, al inducir reducción de los consumos, permite disminuir los volúmenes de agua demandados ampliando la cobertura con la misma capacidad instalada, mejorando los estados financieros de la

empresa. Asimismo se reducen los costos de energía eléctrica, productos químicos y otros insumos.

Por último deben mencionarse los beneficios ambientales que se producen al mejorar las condiciones de sostenibilidad del uso del recurso.

Al respecto se pueden mencionar los avances que se han efectuado en la Ciudad de Mar del Plata tendientes a definir una nueva Estructura Tarifaria basada en la micromedición para lo cual ya se han implementado Ordenanzas que actualmente rigen el servicio, citándose entre ellas:

- ❖ Ordenanza N° 22612
  - Definición de Categorías de Clientes
  - Definición de Sistemas de Facturación:
    - ✓ Cuota Fija
    - ✓ Consumo Medido
    - ✓ Mixto (Ord. N° 13968)

- ❖ Ordenanza 20654:

Edificios en PH construidos con posterioridad a su promulgación deben tener preparada su instalación interna para la medición individual de cada Unidad Funcional.

## 5. Identificación y evaluación de etapas de desarrollo respecto a la gestión y actividades en la reducción y control de pérdidas aparentes.

Según el Water Management Internacional las Pérdidas Comerciales o Perdidas Aparentes: *“incluyen todo tipo de inexactitudes asociadas a la medición, así como errores de manipulación de datos (lectura de medidores y facturación), más consumo no autorizado (uso ilegal).”* (Water Management Internacional, s.f.)

### 5.1. Identificación de variables que intervienen en las Pérdidas Aparentes o Comerciales

Según la denominación anterior, las “Pérdidas Aparentes” se relacionan con los volúmenes de agua que son aprovechados por alguien pero sobre los cuales la Empresa prestadora no tiene control, o no los cuantifica correctamente.

En general, el responsable de éste tipo de pérdidas dentro de la Empresa Prestadora es el Área Comercial, y se originan por las siguientes causas (Cepal - Naciones Unidas - Gobierno de Chile, 2012):

**Desactualización o inexistencia de catastros de usuarios:** La base de datos de usuarios posee cuentas inactivas, no suele verificar la existencia de nuevas cuentas.

**Problemas relacionados con la medición de los volúmenes entregados:**

- **Instalación masiva de Micromedidores:** La micromedición constituye un aspecto principal en la gestión del Agua No Contabilizada y de la posibilidad de evaluación de las pérdidas aparentes, por cuanto es la generadora de los registros de información cuantificada que debe sustentar todo análisis de evaluación de pérdidas.
- **Renovación de los medidores:** Luego de cierto tiempo, los medidores quedan obsoletos y no funcionan adecuadamente, deben ser reemplazados por nuevos.
- **Conexiones sin medidor:** Al no medirse no puede facturarse lo consumido.
- **Sub-medición:** El medidor no es capaz de registrar todos los consumos, especialmente los de menor caudal, al no ser registrados no son facturados pero sí son consumidos.
- **Consumos Ilícitos:** Los medidores son manipulados mediante “puentes” o “bypass” con la intención evitar el medidor.
- **Errores en la macromedición:**
  - ✓ **En la red:** Ausencia o errores de Macromedición.
  - ✓ **En Consumo de Usuarios:** Ausencia o disminución debido al tipo/estado/antigüedad de los micromedidores.
- **Errores en la lectura y transcripción (lecturistas):** De los datos desde el medidor al sistema de facturación.

**Pérdidas Intradomiciliarias:** Son las pérdidas que los Usuarios tienen dentro de las propiedades y no son reparadas, éstas generan un consumo que puede no ser registrado por el medidor debido a que el poco caudal de agua que pasa por él es imperceptible.

**Falta de Políticas sobre la desconexión por falta de pago:** La cobrabilidad de los servicios de Agua Potable y Saneamiento es uno de los problemas más serios que tienen que enfrentar las empresas Prestadoras de Servicio. El sistema de corte del

servicio por falta de pago, y luego de haberse realizado las intimaciones debidas, es una medida que se implementa en todo el mundo. (Minaverri, 2013)

Las pérdidas comerciales o aparentes son las más costosas, pero por lo general, son las más económicas de solucionar, por lo que es preferible que sean prioridad con el fin de crear fondos para recuperar las pérdidas físicas. Frecuentemente, las pérdidas físicas a nivel de cantidad de m<sup>3</sup> varían entre el 70% y 80%, y las pérdidas comerciales en m<sup>3</sup> son de 20% al 30%. No obstante, el valor de las pérdidas comerciales representa el 80% del total (Constante, 2013).

### 5.1.1 Desactualización o Inexistencia de Catastros de los Usuarios

El “Catastro de Usuarios” es esencial para las funciones que realiza cualquier Empresa Prestadora de Servicios de Agua Potable. Sirve para conocer quiénes son y donde se encuentran los diferentes usuarios, además permite su clasificación (gran consumidor, industria, comercio, servicio turístico, escuela, residencia, vivienda, etc.). Asimismo indica si pertenecen a grupos con derechos o descuentos especiales (personas ancianas, pensionados, servicios de apoyo comunitario), o son acreedores a cargos extras (generan contaminación excesiva en sus tareas industriales, químicos, etc.).

Los Catastros son una base de datos que la Empresa debe mantener actualizada y controlada con el fin de emitir las facturas correctamente. En él, además, se identifican los usuarios morosos por falta de pago. (IMTA, 2007)

El Catastro de Usuarios suele ser muy dinámico, por lo que no debe ser considerado solamente como un proyecto que concluye cuando se procesa la información recogida durante el levantamiento catastral. Las actualizaciones deben realizarse con una frecuencia prudente según la cantidad de usuarios.

La desactualización o la ausencia de un Catastro de Usuarios afecta diversos procesos en la Gestión Comercial de la Empresa, sobre todo aquellos vinculados a la situación económica y financiera. Por ejemplo, la falta de actualización no permite realizar un control de los Usuarios con conexiones fraudulentas, lo que incide directamente en los niveles de Agua No Contabilizada. Los problemas de Pérdidas Comerciales empeoran cuando no existen procedimientos que permitan una actualización catastral, esto ocurre debido a que la información se distorsiona con el tiempo y las causas pueden ser diversas, por ejemplo:

- ✓ Equivocaciones en los registros o movimiento de medidores.
- ✓ Deficiencias en la distribución de recibos y toma de lecturas en los medidores.
- ✓ Categorización de usuarios y unidades de uso no apropiadas.

La escasa información técnica sobre las conexiones domiciliarias y los datos erróneos en las direcciones o nombres de los Usuarios, generan serias dificultades en el proceso de cobranza y control de morosidad. La atención al Usuario se ve limitada cuando no se dispone de toda la información necesaria para atender solicitudes de servicio o reclamos. Finalmente, si el Catastro no dispone de información del mercado potencial, es complicado desarrollar o planificar una expansión hacia la población no atendida (Latin Consult, 2013).

### 5.1.2 Problemas relacionados con la medición de los volúmenes de agua entregados

La medición de caudales aportados y entregados en los sistemas de Agua Potable es un eje principal para la cuantificación de las pérdidas de aguas. Para ello son utilizados instrumentos de medición de caudales que se ubican y diseñan conforme a su función.

Así encontramos una primera gran separación entre Macromedición y Micromedición. La macromedición corresponde a la adquisición de registro de caudales en los sistemas de producción, transporte y distribución, mientras que la micromedición corresponde a la adquisición de registro de caudales consumidos por los usuarios.

#### 5.1.2.1 Macromedición

La Macromedición es el proceso mediante el cual, se obtienen, procesan, analizan, y divulgan los datos de volúmenes (en m<sup>3</sup>) de agua de producción, transporte y de distribución en la Red.

Los Macromedidores se utilizan para determinar los caudales de agua entregados a los sistemas de transporte y a los diferentes Sectores Hidráulicos.

La instalación de macromedidores en la captación de Agua cruda y en las distintas salidas de las plantas permite, por diferencia, cuantificar las pérdidas ocasionadas en las Plantas Potabilizadoras, siendo posible determinar la eficiencia de la producción.

Seguidamente se instalan macromedidores en las grandes líneas de transporte, mediante los cuales se determinan las pérdidas de transporte y eficiencia de la entrega de agua a las redes de abastecimiento.

Por último se encuentran los macromedidores instalados en las mallas de las redes de agua, de ésta manera se diagrama una Sectorización Hidráulica Medida que permite un seguimiento de los registros de entrada a cada uno de los Sectores permitiendo establecer la localización de las pérdidas.

La macromedición tiene incidencia en el control de las Pérdidas Comerciales ya que la información capturada contribuye al análisis de las causas de las pérdidas totales y a la elaboración de un Balance de Agua (Jimenez, 2014).

#### *5.1.2.2 Micromedición*

La micromedición se realiza para determinar los volúmenes de agua consumidos por los Usuarios.

Resulta de principal importancia que el Marco de Estructura Tarifaria motive a la instalación masiva de micromedidores, y posibilite la obtención de datos necesarios para gestionar el ANC.

#### *5.1.2.3 Dimensionamiento de los micromedidores según el tipo de Usuario*

Los micromedidores constituyen la mejor manera de lograr una utilización racional del agua, además permite la cobranza justa y equitativa del servicio. Sin embargo, este propósito sólo se logra con su correcto funcionamiento, es decir, cuando registran con exactitud los volúmenes que realmente provee la Empresa Prestadora de Servicio (Instituto nacional del Agua, 2016).

Los Micromedidores o “Medidores Domésticos” normalmente tienen de 15 a 25 milímetros de diámetro y trabajan con un caudal nominal de 750 litros por hora o mayores si se trata de grandes consumidores. Son medidores que aunque sean fabricados bajo las Normas ISO4064/1 o las normas C-708 de la American Water Works Association, presentan una gran inexactitud en condiciones de poco caudal, además esta inexactitud se incrementa con los años aumentando la cantidad de agua que se pierde (Jeffcoate & Saravanapavan).

Para una gestión hacia la reducción y control de las Pérdidas Aparentes, las Empresas Prestadoras de Servicio deben efectuar sus inversiones en medidores teniendo en cuenta ciertas características (Ente Regulador (ERSAPS), 2007):

- ✓ *Vida útil del medidor:* Los medidores tienen una vida útil promedio de 10 años, incluso llegando a superar los 12 años, siempre y cuando trabajen a

condiciones normales de presión, temperatura, caudal y calidad del agua. Al respecto se señala que en la última década ha bajado considerablemente el costo de adquisición de nuevos micromedidores, y entonces el equilibrio económico para el recambio ha bajado a 8/10 años.

- ✓ *La calidad del agua:* Ésta determina qué tan durable y tan propenso a frenarse es un medidor. El índice de turbidez medido en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) es un buen indicador. Si el índice es inferior a 5 NTU, cualquier tipo de medidor trabaja sin dificultad. A partir de 5 NTU, el desgaste de los medidores se acelera.
- ✓ *La presión de suministro:* Ésta debe ser lo suficientemente potente como para hacer girar las paletas que permitan medir el paso de agua, si existiese un caudal mínimo de agua ingresando al medidor, éste podría ser constante y no ser detectado, por lo tanto, no medido.

#### *5.1.2.4 Control de lectura del medidor*

En general la lectura de los medidores, junto con la facturación y la recaudación de los cobros, es tarea de la Dirección Comercial de una Empresa de Servicio de Agua Potable.

Para efectuar las tareas de recolección de datos de los medidores, es común que la Red sea dividida en sectores con el fin de realizar las recorridas para el registro de datos de los consumos. Cada encargado de lectura de medidores cubre un sector, y luego de cierto tiempo, los operarios encargados de las lecturas (lecturistas) de datos deberían rotar entre los diferentes sectores.

La diferente bibliografía recomienda la lectura de los medidores domésticos en intervalos de uno a dos meses, pero en el caso de los medidores más grandes (grandes consumidores) recomienda realizarlas de forma mensual. Esto permitiría que cualquier medidor defectuoso sea reemplazado con la mínima demora.

Actualmente existen en el mercado diferentes sistemas de control de lectura de medidores, que incluyen aspectos de registros automáticos a distancia y su vinculación directa con la facturación domiciliaria.

#### 5.1.2.5 Conexiones sin medidor

En servicios con estructuras tarifarias catastrales (no micromedidas) o en zonas donde no existen medidores, la factura del servicio se estima mediante una fórmula que considera las dimensiones (en m<sup>2</sup>) de la propiedad, emplazamiento, y características del terreno.

Cuando se utiliza una tarifa fija y no se tiene en cuenta el volumen de agua consumido, suele generarse un gran derroche de agua, esto se debe a que los Usuarios descuidan el consumo o no dan importancia a las pérdidas intradomiciliarias. En estas condiciones, los usuarios suelen perder noción del valor del agua, descuidando su consumo y utilización (es común ver que se utilice el agua corriente para lavar las veredas o limpiar los autos). Asimismo, las facturas dejan de ser equitativas, y pueden llegar a ser más caras en casas grandes con pocos habitantes y bajo consumo, que en casas más pequeñas con familias numerosas y consumos altos.

#### 5.1.3 Consumos Ilícitos y Conexiones Ilegales

Las pérdidas aparentes incluyen pérdidas por submedición de los micromedidores, fraude, y uso clandestino (ya sea por conexión clandestina o por una conexión paralela).

Las pérdidas aparentes configuran una diferencia entre el consumo facturado y el consumo real en caso de conexiones con medidor deficiente o sin medidor.

El robo de agua es una de las fuentes más importantes de las pérdidas por consumo no autorizado. Los consumos ilícitos más frecuentes aparecen cuando los usuarios utilizan métodos para alterar las lecturas de sus medidores, por ej. Realizando un Puente o Bypass al medidor, o utilizando imanes que alteran el funcionamiento del medidor. (Fluence, 2016).

#### 5.1.4 Falta de políticas sobre la desconexión por falta de pago

Con respecto al tema de falta de políticas sobre la desconexión por falta de pago, ésta tesis toma los principios planteados por la Asociación Federal de Entes Reguladores de Agua y Saneamiento (AFERAS) Argentina.

Es preciso señalar que considerando el marco regulatorio local respecto de la obligatoriedad de la conexión y del pago de servicios de Agua Potable, resulta la



obligación de conexión al servicio y también la obligación de pago a la conexión domiciliaria.

Por ejemplo, para el Área de Concesión de Aguas Santafesinas y de Interagua en la Ciudad de Guayaquil, sus Marcos Regulatorios prevén la “Obligatoriedad de la Conexión y del pago del servicio”.

Por tanto, una vez que el servicio de agua está disponible, los inmuebles deberán ser conectados al servicio, sin embargo, la regulación aclara “cuando el inmueble estuviere deshabitado podrán solicitar la no-conexión o la desconexión del servicio”. La diferencia está planteada entonces en la conexión-desconexión y la diferencia se centra en el hecho de que si se encuentra en una zona de servicio o no.

En cuanto al marco de la salud pública ciertas cuestiones se vuelven problemáticas, en el corte del servicio es donde se da el conflicto entre la disponibilidad, la obligación de la conexión, y la obligación de pago.

En ambos Contratos de Concesión se considera el derecho del concesionario a facturar y a cobrar por los servicios que presta. La prestación entonces, estaría dada por la disponibilidad.

Por lo tanto, una línea de razonamiento nos lleva a que si existe disponibilidad, entonces corresponde la facturación. Cuando se habla de corte del servicio, se vincula la situación a la desconexión transitoria del inmueble mientras subsista la causal (la falta de pago), así mismo no corresponde la facturación del servicio si no estuviese disponible.

Ambos Contratos de Concesión establecen las modalidades de corte de servicios, las que son las habituales en Latinoamérica. Para Aguas Santafesinas se continúa con la línea que, en Argentina tuvo Obras Sanitarias de la Nación en todo el país, y que fueron adoptando las distintas provincias. Una vez más aparece el concepto de la salud pública, pero esta vez vinculado estrictamente a hospitales y sanatorios.

Es importante señalar una nueva tendencia, que se enmarca en la concepción del Servicio de Agua Potable como un Derecho Humano, el denominado “Corte Parcial”, donde mediante la instalación de un elemento en la conexión se disminuye la posibilidad de ingreso de agua al domicilio hasta un mínimo que garantice el “Derecho al Agua de Consumo” (AFERAS, 2001).

### 5.1.5 Pérdidas Intradomiciliarias y Educación sobre el Uso del Agua

Las pérdidas de agua dentro de los domicilios muchas veces no son detectables a simple vista. En ocasiones, los usuarios suelen dejar pasar pequeñas pérdidas visibles, como las de grifos, válvulas o juntas (cueritos), permitiendo que un pequeño problema, se convierta en algo serio.

Los focos de pérdida de agua más comunes en un hogar son (Bluebagages, 2016):

✓ Grifos que gotean

En ocasiones se dejan pasar por alto, por no ser de gran importancia, pero toda pérdida es agua que se desperdicia, además una junta que tiene filtraciones y no se repara va deteriorando el grifo hasta provocar daños más serios y pérdidas más graves.

✓ Cisternas (depósito del inodoro) con pérdida

Puede deberse al deterioro del flotador, o que se desajuste de su posición. También la válvula de entrada de la cisterna puede averiarse.

✓ Fugas y reboses de tanques de almacenamiento

Pueden ser causadas por controles del nivel (flotadores) deficientes o dañados, otra causa puede deberse a la filtración en las paredes. Por lo general, éste tipo de fugas son fáciles de detectar, pero la reparación puede ser complicada y cara.

✓ Uso desmedido del Agua Potable

Por ejemplo para el llenado de piletas de plástico para recreación que por lo general no se limpian ni se cloran, por lo que el recambio de agua se realiza cada 2 o 3 días, constituyendo un consumo muy grande.

Las Empresas Prestadoras de Servicio deben establecer un conjunto de medidas o acciones junto a los consumidores con el propósito de sensibilizarlos de la importancia en la identificación y reparación de las pérdidas intradomiciliarias, las cuales normalmente representan caudales que están dentro del rango imperceptible del medidor domiciliario, y por lo tanto, no se facturan. Dependiendo de la magnitud de estas pérdidas, la propia Empresa puede asumir los gastos involucrados, incluyendo (Ministerio de Planificación y cooperación, 1997):

- ✓ Reparación de instalaciones intradomiciliarias.

- ✓ Educación a los usuarios sobre el costo de suministro de agua, los impactos de las aguas residuales, y las consecuencias del consumo de agua no autorizado.
- ✓ Educación al consumidor sobre el correcto uso de las instalaciones, utilización racional del agua e identificación de las pérdidas.

## 5.2. Tipos de Intervenciones para Reducción de Pérdidas Aparentes

Las empresas de Servicios de Agua Potable realizan diferentes tipos de intervenciones tendientes a la Reducción de Pérdidas Aparentes, las que se desarrollan siguiendo los motivos causales:

### 5.2.1 Catastro de Usuarios actualizado

El Catastro de Usuarios presenta una cierta dinámica impuesta por el crecimiento de la ciudad y de las áreas de expansión de los servicios de Agua Potable.

Como ejemplo del crecimiento de la ciudad puede indicarse la construcción de un nuevo edificio de viviendas en el lugar que ocupaba una vieja casa o un terreno baldío. En ambos casos se anexarán al servicio de Agua Potable nuevos usuarios los que deben integrarse al catastro de la Empresa.

Como ejemplo de la expansión de las áreas de abastecimiento, la incorporación de nuevos Usuarios a la red de agua, por lo que deberán ser integrados al catastro de la Empresa.

En todos los casos se concluye que la actualización del Catastro debe realizarse en la medida que se incorporan nuevos usuarios y/o se producen cambios cualitativos o cuantitativos de los Usuarios ya catastrados, por lo que las empresas en general disponen de Procedimientos específicos para llevar adelante éstas actualizaciones.

En éste sentido resulta de importancia para las Empresas Prestadoras de Servicios disponer de una Base de Datos robusta, en lo posible integrada a posibilidad de georreferenciación (Sistema de Información Geográfica) que permita eliminar cuentas inactivas, verificar nuevas cuentas y llevar a cabo estudios sobre el terreno para garantizar la integridad y exactitud de los datos, además de que incluya información relevante de los Usuarios (Universidad Tecnológica de Pereira, 2007):

- ❖ Tipo de Usuario:

- Residencial
  - ✓ Vivienda única (Casas)
  - ✓ Propiedad Horizontal (Departamentos)
- Comercial
  - ✓ Tipo de Comercio
  - ✓ Tipo de Oficina
- Industrial
  - ✓ Tipo de Industria
- Oficial
  - ✓ Tipo de Oficina/Taller/etc.
- Deportivos/Recreación/Parques
- ❖ Características vinculadas al Tipo de Inmueble
  - Tamaño
  - Antigüedad
  - Localización
  - Tipo Edificación
  - Nivel socioeconómico
- ❖ Características vinculadas a la población abastecida
  - Habitantes por Vivienda
  - Habitantes por Hogar
  - Personas en Comercios
  - Personas en Industrias

A estos efectos las Empresas Prestadoras realizan continuas actualizaciones basadas en:

**1. Incorporación de Nuevos Usuarios en Zonas ya Servidas:**

Mediante la obtención de los datos puntuales en la oportunidad de la gestión de la nueva conexión.

**2. Incorporación de Nuevos Usuarios en Zonas de Expansión:**

En base a los Planos Conforme a Obra y a la Declaración de Areas Servidas, se realizan censos para la obtención de los datos catastrales.

**3. Actualizaciones frecuentes a modo de censos:**

En zonas sensibles a cambios de la información catastral.

### 5.2.2 Parque de Micromedición adecuado

Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, la disponibilidad de información precisa resulta de primordial interés para la gestión del ANC.

A estos efectos, las Empresas Prestadoras de Servicios deberían disponer de micromedición georreferenciada que posibilite la obtención de registros de información referente a categorías, composición, y zonas de instalación.

Con éste soporte las empresas tendrían la disponibilidad de un diagnóstico actualizado del Parque de Medidores instalados, incluyendo información relevante (Ente Regulador (ERSAPS), 2007):

- ✓ Usuario y localización
- ✓ Número del Micromedidor
- ✓ Antigüedad
- ✓ Marca
- ✓ Modelo
- ✓ Diámetro
- ✓ Clase (Rango)

### 5.2.3 Dimensionamiento de los Micromedidores

El dimensionamiento del medidor debe efectuarse de tal manera que los caudales sean registrados en los flujos más pequeños y que el medidor permita el mayor flujo previsto, garantizando las condiciones necesarias de presión para el consumo. Las Empresas Prestadoras de Servicios definen procedimientos para asegurar la selección de medidores con mayor capacidad de registro a consumos mínimos posibles conforme a las condiciones de presión. Las normas relativas a los medidores de agua establecen cuáles son los límites de caudales recomendables por tiempo para cada tipo de medidor. Estos límites están en función del diseño del aparato y de los materiales de fabricación. La utilización del medidor, según los valores establecidos por las normas, garantiza que los aparatos:

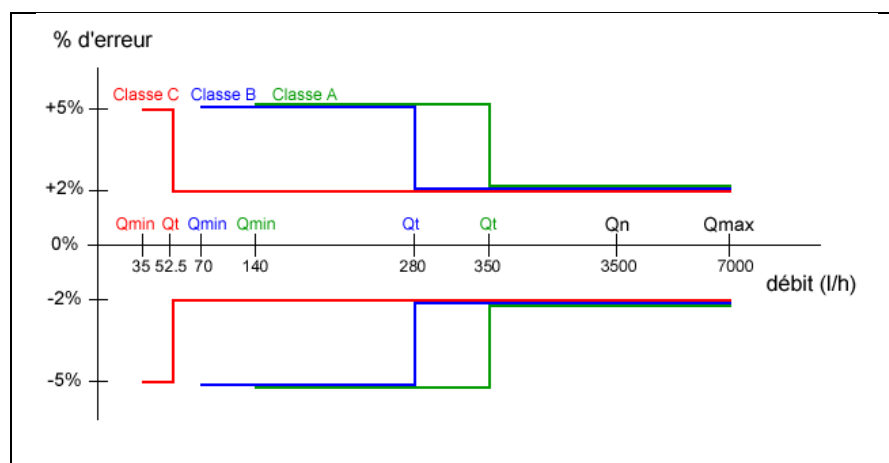
- ✓ Funcionen con precisión adecuada.
- ✓ Tengan una pérdida de presión satisfactoria.

- ✓ Tengan un largo período de servicio.

Para la elección del medidor en una nueva conexión, es necesario conocer la clasificación de Usuario con el fin de determinar su consumo, es decir que las empresas realizan estudios tendientes a caracterizar el “Perfil del Consumo” de sus clientes por tipo de usuario. Es decir definir los caudales medios horarios en las conexiones, con el propósito de definir adecuadamente el rango de los caudalímetros a instalar (Ente Regulador (ERSAPS), 2007).

A efectos ilustrativos se presenta el siguiente Diagrama de errores de los micromedidores, cuyo error de medición nuevo (en porcentaje) es tipificado según su clase metrológica de la forma general siguiente (caso de un medidor de caudal nominal  $Q_n = 3,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ) (Gobierno de Aragon, 2015):

**Figura 5.1: Diagrama de errores de los micromedidores**



\*Imagen extraída del documento “La Gestión avanzada del Parque de Contadores”

(Gobierno de Aragon, 2015).

Sin embargo, cabe señalar que con la actualización de la Norma ISO 4064 (Medidores de agua, requisitos metrológicos y técnicos), a partir del año 2016 se establece el concepto de “rangos” de medidores, en lugar de las anteriores “clases” (A, B y C). Así, el caudal  $Q_1$  es el caudal mínimo que puede medir un medidor;  $Q_2$  es un caudal de transición,  $Q_3$  es el caudal nominal o permanente, y  $Q_4$  es el mayor caudal permitido al que el medidor puede trabajar por un determinado tiempo sin sufrir desgaste.

Estos caudales sirven para determinar las curvas límites para los ensayos de aceptación de los aparatos. En principio, en consonancia con la Norma ISO 4064, se considerarán

las siguientes especificaciones generales para la evaluación y comparación de medidores domiciliarios:

**Tabla 5.1: Especificaciones Técnicas para Micro Medidores**

Parámetro	Valor							
	20	20	25	25	40	40	50	50
DN (mm)	20	20	25	25	40	40	50	50
Q3 (m <sup>3</sup> /h)	4	4	6,3	6,3	16	16	25	25
Rango (Q3/Q1m <sup>3</sup> /h)	80	200	100	160	80	160	63	250
Q4/Q3 (m <sup>3</sup> /h)	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Q2/Q1 (m <sup>3</sup> /h)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Q4 (m <sup>3</sup> /h)	5	5	7,88	7,88	20	20	31,3	31,3
Q2 (m <sup>3</sup> /h)	0,08	0,03	0,10	0,06	0,32	0,16	0,63	0,16
Q1 (m <sup>3</sup> /h)	0,05	0,02	0,06	0,04	0,20	0,10	0,40	0,10

\*DN: Diámetro Nominal del micromedidor

Q<sub>n</sub>: Caudales característicos

El mantenimiento de medidores, incluyendo su cambio, reparación y prueba, normalmente está dentro de las responsabilidades de la Dirección Comercial de la Empresa.

El estado actual de la Tecnología Aplicada a la Micromedición, ofrece extremos bien disimiles: i) Desde el típico micromedidor de engranajes plásticos y cuadrante húmedo o seco, que un lectorista debe recorrer con cierta periodicidad con el objeto de registrar manual o, ii) en forma electrónica mediante el registro del volumen acumulado por periodo, que pueden interrogarse vía Radio, GSM o GPRS y registrar en pocos minutos lo que a una cuadrilla de lectura manual le lleva días.

Por ejemplo se indican a continuación características relevantes de micromedidores de alta tecnología que permiten discriminar 4 niveles de información (Morrison, 2007):

i. Básica:

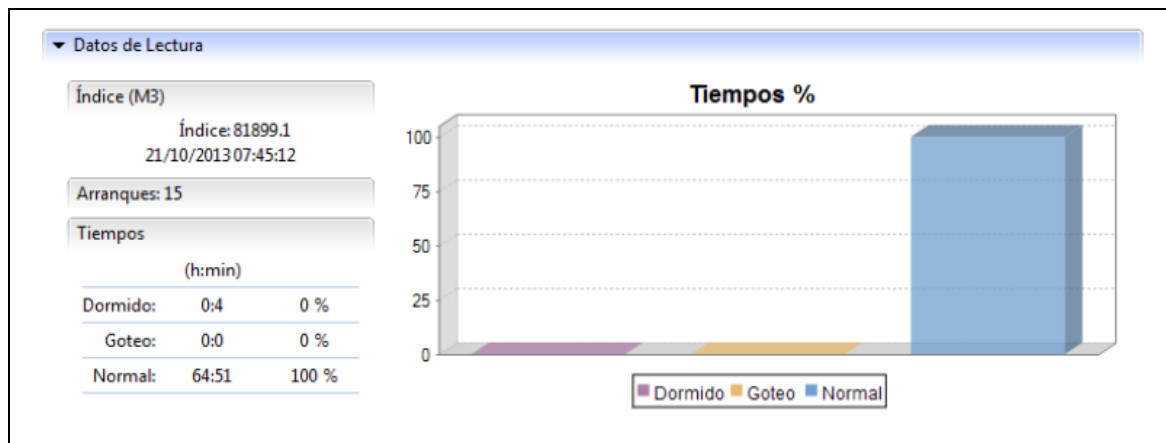
- ✓ Número de serie del equipo o equipos leído/s
- ✓ El día y hora de la lectura
- ✓ El índice registrado
- ✓ Estado OK del contador (autochequeo)

ii. Extendida:

- ✓ Consumo entre lecturas.
- ✓ Tiempo que el equipo ha registrado paso de agua a un caudal normal. (T. normal)
- ✓ Tiempo que el equipo ha registrado paso de agua a un caudal anormalmente reducido y constante (T. Goteo)
- ✓ Tiempo que el equipo no ha registrado paso de agua (T. dormido)

- ✓ Número de veces que el equipo ha pasado de dormido a contando paso de agua (Arranques)
- ✓ Estado de la batería (1 a 3)

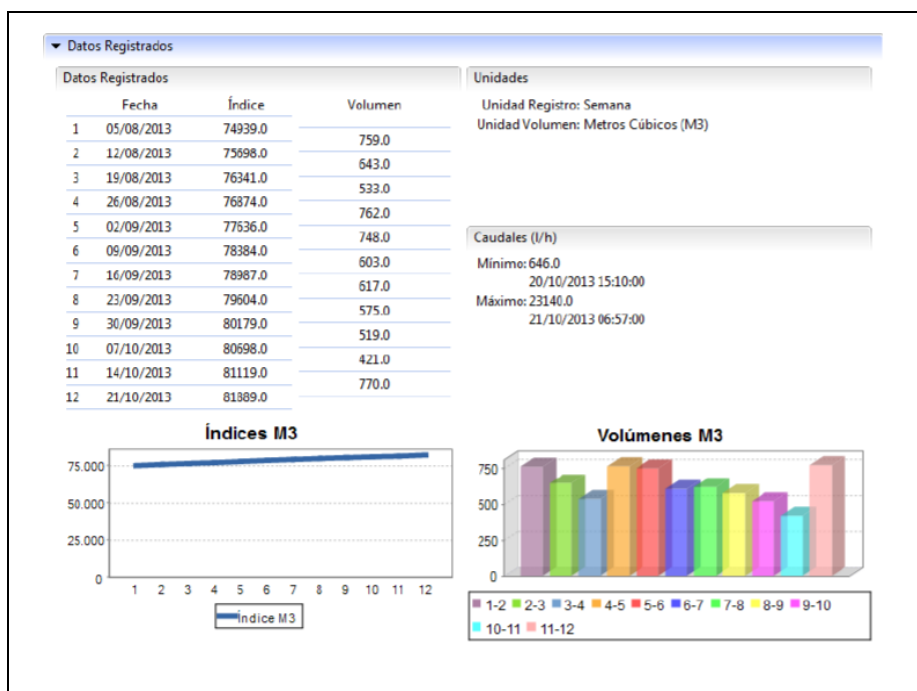
Figura 5.2: Ejemplo nivel ii de Información extendida.



iii. Plus:

- ✓ Índice registrado en los últimos minutos (bloques configurables)
- ✓ Alarma por exceso de consumo
- ✓ Consumo por semanas, meses, bimestres o trimestres
- ✓ Caudal máximo y Caudal mínimo registrado (fecha y hora)

Figura 5.3: Ejemplo nivel iii de Información Plus





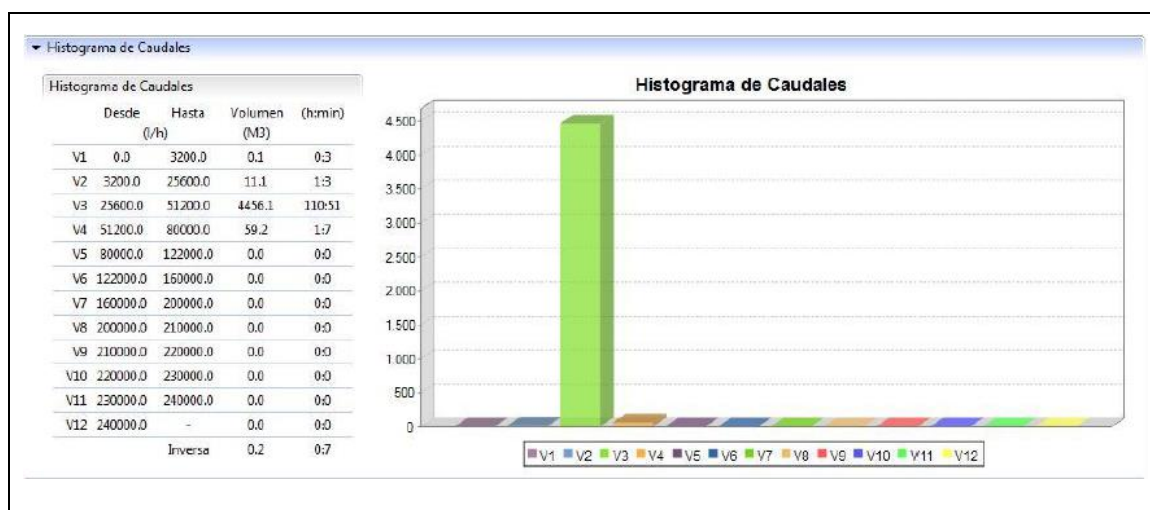
#### iv. Histometer:

A los tipos de información citados anteriormente se añade una prestación sumamente valiosa; que permite conocer en qué caudal y durante cuánto tiempo se ha consumido el agua.

Se compone de 12 tramos.  $V_1$  es el agua que ha registrado el equipo por debajo del caudal mínimo y  $V_{12}$  por encima del caudal máximo (tramos configurables por el cliente).

Esta representación gráfica, permite conocer de una forma rápida y simple, el correcto dimensionamiento del medidor.

**Figura 5.4:** Ejemplo nivel iv de Información “Histometer”



#### 5.2.4 Sustitución de los medidores

Con el propósito de reducir las diferencias entre el volumen de agua potable consumida por los Usuarios y el registrado por el sistema de medición, las Empresas Prestadoras de Servicios suelen tomar medidas tales como:

- ✓ Mejoramiento de la información entregada por la lectura de los micromedidores.
- ✓ Análisis de consumo.
- ✓ Estimulación de denuncias y de reclamos de usuarios.

Como resultado del funcionamiento de los micromedidores y por desgaste de sus piezas en el tiempo, se van generando mayores errores de submedición.

El reemplazo del medidor debería ocurrir cuando se haya detectado errores de medición superiores a los admisibles y cuando haya cumplido su tiempo óptimo de funcionamiento, el cual se determina mediante un estudio técnico-económico que analiza el volumen acumulado para el cual, el costo de reposición del medidor más el costo asociado a una menor facturación por errores de medición, es mínimo.

Se identifican los siguientes tipos de intervenciones en el parque de micromedidores con el objetivo de mantener su servicio en el rango de un error aceptable. (MIDEPLAN & Pontifica Universidad Católica de Chile)

✓ Mantenimiento Correctivo

Consiste en el reemplazo de los medidores a partir del momento en que se detecta que no está cumpliendo la función para la que fue diseñado.

✓ Mantenimiento Preventivo

Consiste en la realización de trabajos destinados a mantener el funcionamiento de los medidores dentro de un nivel determinado de error en la medición. Este tipo de mantenimiento incluye trabajos de: calibración, o sustitución directa del medidor.

✓ Cambio Tecnológico

Al programa de reemplazo de medidores por mantenimiento preventivo se puede agregar el cambio tecnológico, el que consiste en reemplazar los medidores por medidores de clase superior, que reflejen una mayor precisión de la medición y facturación (también se puede mencionar un mejoramiento en la forma de instalar el medidor, con el cual se evite un mayor desgaste del medidor o pérdidas).

### 5.2.5 Control de Lectura de los Micromedidores

Las irregularidades en los procedimientos de lectura de los medidores pueden detectarse rápidamente si se utiliza un Sistema Computarizado de Contabilidad y se programa para alertar sobre anomalías.

Un Sistema Computarizado de Contabilidad consiste en utilizar capturadores electrónicos de datos que permiten minimizar los errores de lectura en terreno y el traspaso de esta información para la facturación del servicio. Los capturadores de datos también registran informaciones de localización, e información cualitativa del usuario,

estado del medidor instalado, y consumos periódicos. El análisis de estos elementos permite detectar posibles pérdidas o desperfectos en el medidor (Thorton, 2014).

## 6. Identificación y evaluación de etapas de desarrollo respecto a la gestión y actividades en la reducción y control de Pérdidas Físicas

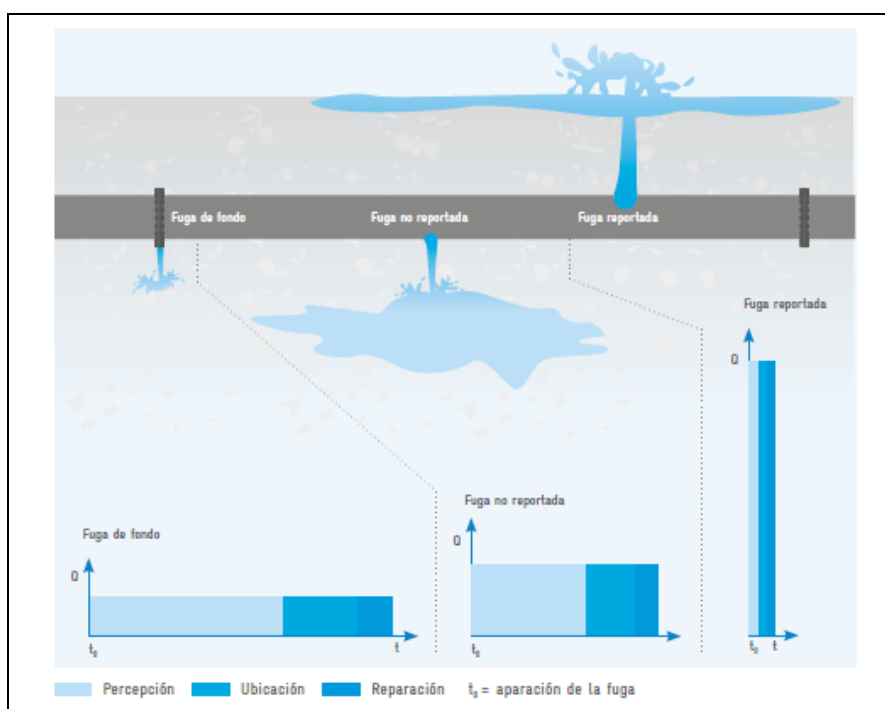
El Water Management Internacional define las Pérdidas Reales o Pérdidas Físicas como: “El volumen de agua perdida a través de todo tipo de fugas, roturas o desbordamientos antes del micromedidor.” (Water Management Internacional, s.f.)

### 6.1 Identificación de variables que intervienen en las Pérdidas Reales o Técnicas

Según la denominación anterior, las “Pérdidas Físicas” o “Pérdidas Reales” o “Pérdidas Técnicas” corresponden a los volúmenes de agua que se pierden como consecuencia de fallas en la infraestructura física instalada: fisuras, roturas, y filtraciones.

Resulta importante determinar la magnitud de las Pérdidas Físicas como parámetro de análisis. La Ubicación, el Tamaño, la Presión en la red, y el Tiempo de reparación, son variables interdependientes y relacionadas de las Fugas, que permiten su caracterización.

Figura 6.1: Relación entre la Fuga Q y el Tiempo de fuga

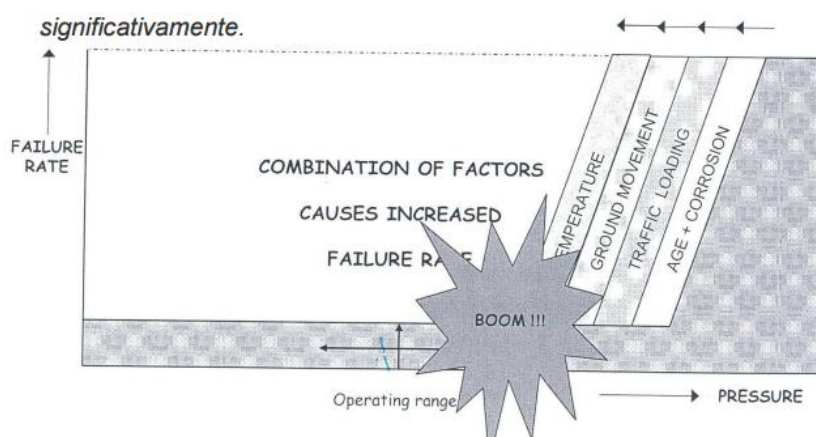


\*Imagen extraída de (Farley M. , 2001)

Las pérdidas físicas o reales se producen por fallas y roturas de la infraestructura del servicio y por tanto responden a leyes de la hidráulica y de la mecánica, interviniendo parámetros técnicos vinculados con los materiales, estado y antigüedad de las tuberías, condiciones de instalación y condiciones de funcionamiento, volúmenes disponibles y presión en el escurrimiento.

Todas las cañerías cuentan con un coeficiente de seguridad que determina el valor máximo de presión antes de romperse, pero a medida que la cañería se deteriora por el paso del tiempo, la corrosión, y otros factores locales, el umbral de rotura se va reduciendo gradualmente hasta que la frecuencia de rotura de cañerías se incrementa significativamente por toda la red.

**Figura 6.2: Relación Presión – Rotura de Cañerías**



\*Imagen extraída de (ASSA - COFES, 2015)

En general, el responsable de la gestión de éste tipo de pérdidas dentro de la Empresa Prestadora de Servicio es la Dirección de Producción, quien habiendo ya recibido la infraestructura, realiza su operación y mantenimiento, efectuando el siguiente tipo de actividades vinculadas a la reducción de pérdidas (Thorton, 2014):

### 6.1.1 Ubicación

#### *Fugas en las Redes Primarias de Transmisión y de Distribución:*

Debido a fallas operativas o de mantenimiento, a la corrosión, a causas externas (como pueden ser daños accidentales por la instalación o reparación de otros servicios), las fugas suelen producirse en las Tuberías, en las Uniones, y en las Válvulas.

En general éste tipo de roturas son puntuales, es decir que se producen en forma localizada en un lugar específico con fugas de importantes caudales. Este tipo de fugas son clasificadas en general como “Visibles”, ya que pueden ser reportadas por presentarse superficialmente.

*Fugas desde las conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente:*

Las Uniones y Accesorios, dependiendo de su calidad, pueden presentar fallas, originando flujos de fugas extendidos sobre las redes de distribución.

Debido a sus características, las conexiones domiciliarias suelen ser una de las componentes más sensibles de los sistemas de distribución. Éste tipo de fugas son difíciles de detectar debido a que las pérdidas individuales suelen ser pequeñas y no aparecen superficialmente, por esta razón, es normal que pase bastante tiempo hasta ser detectadas.

### 6.1.2 Tamaño de las fugas:

*Las fugas reportadas o visibles:*

Proviene principalmente de los estallidos súbitos o rupturas de uniones en grandes troncales o tuberías de distribución. Dependiendo de la presión del agua, el tamaño de la fuga, y las características del suelo, es posible que aparezca en la superficie. Suelen ser fácilmente detectables, por lo que, para ubicarlas, no se requiere un equipo especial.

*Fugas no reportadas u ocultas:*

Estas por definición tienen caudales mayores a 250 l/h a 50 m de presión pero no aparecen en la superficie. La presencia de fugas ocultas se puede identificar analizando las tendencias en el comportamiento del consumo de agua dentro de una zona definida de suministro de agua. Además existe una amplia gama de instrumentos acústicos y no acústicos para detectar las fugas no reportadas.

*Fugas de fondo:*

Por definición son las pérdidas de agua con caudales menores a 250 l/h a 50 m de presión. Estas fugas son muy pequeñas y corresponde, por ejemplo, a filtraciones o goteo de uniones, y a válvulas o accesorios no herméticos. No se pueden detectar utilizando métodos de detección acústicos de fugas, por lo tanto se asume que muchas

fugas de fondo nunca se detectan ni reparan sino que fugan hasta que se reemplaza eventualmente la parte defectuosa. Las fugas de fondo a menudo causan una buena parte de las pérdidas reales de agua debido a su gran número y el largo tiempo que transcurre hasta que se reparan.

### 6.1.3 Presión en la Red donde se produce la Rotura

El parámetro Presión en la Red es fundamental para determinar la magnitud de las pérdidas.

Los estudios técnicos realizados muestran que la presión incide en forma directa en el Caudal de las pérdidas y en la frecuencia de aparición de nuevas fallas.

#### *La Presión y el Caudal de Pérdidas*

Conforme a las leyes de la hidráulica de conservación de la energía se dice que, en un tubo bajo presión, el flujo de salida por un orificio será mayor cuanto mayor sea la presión.

Una simplificación empleada durante años, es que el caudal de fuga  $Q_f$  es proporcional al área del orificio de la fuga  $A_f$  y a la velocidad real de salida del fluido,  $V_f$ , que es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la presión (Montoya, 2012):

$$Q_f = C_d * A_f * \sqrt{2gh}$$

Donde  $C_d$  es el coeficiente de descarga del orificio.

Sin embargo, la suposición de que el coeficiente de descarga es constante no es necesariamente válida para las fugas. Se ha encontrado que éste coeficiente es función del régimen de flujo y complementariamente la relación tampoco es siempre resultante de la raíz cuadrada de la presión.

De ésta manera se ha encontrado que el área de fuga también varía con la presión. En un estudio realizado por (Cassa, 2005) se analizaron diferentes tipos de fugas en tuberías de PVC (agujeros circulares, grietas longitudinales y circunferenciales) para obtener la relación entre la presión y el comportamiento de las fugas. Se encontró que en las grietas longitudinales y circunferenciales el efecto de apertura de la grieta juega un papel determinante en los caudales de las fugas.

Los materiales de las tuberías también juegan un papel importante en el comportamiento de las fugas, ya que determinan la forma en que las tuberías fallan. Si se tiene en cuenta que las paredes de la tubería asimilan la presión interna del agua, al incrementarse la presión, las fisuras pequeñas que no fugan a baja presión pueden abrirse y crear nuevas fugas. De igual manera, el área de apertura de la fuga se puede incrementar al aumentar los esfuerzos en la tubería.

Partiendo de esta teoría, el Grupo de Trabajo de Pérdidas de la IWA y el Programa de Investigación de la Industria del Agua del Reino Unido (UKWIR, por sus siglas en inglés) recomiendan la adopción de una expresión exponencial simple para representar la relación del caudal de fuga y la presión de servicio.

Debido a que no existe una convención internacional para el exponente, el Grupo de Trabajo de Pérdidas de la IWA emplea para su identificación los caracteres alfanuméricos N1, obteniendo de esta forma la siguiente expresión (IWA L. , 2001):

$$Q_{f1}/Q_{f0} = (P1/P0)^{N1}$$

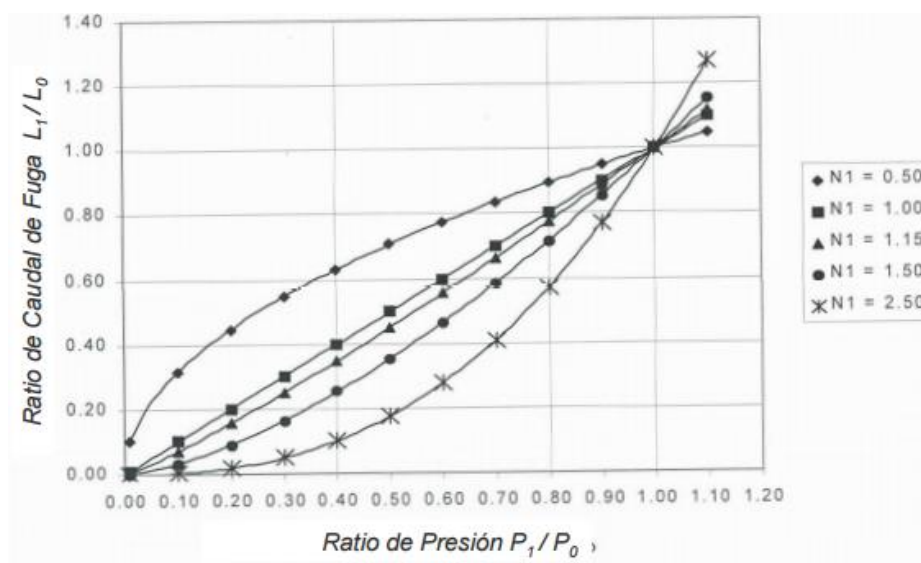
Donde            Q<sub>f1</sub> es el caudal de fuga a la Presión P<sub>1</sub>  
                      Q<sub>f0</sub> es el caudal de fuga a la Presión P<sub>0</sub>  
                      N<sub>1</sub> se encuentra generalmente entre 0.5 y 1.5, pero en ocasiones puede alcanzar valores de hasta 2.5

Se han realizado un número importante de pruebas de laboratorio sobre muestras de tuberías falladas o de tuberías con fallas artificialmente creadas (agujeros, ranuras, grietas) de materiales diversos. Para estos casos, se han obtenido los siguientes resultados:

- Agujeros circulares:
  - ✓ En tuberías de PVC y metálicas con Re>4000, N<sub>1</sub> es cercano a 0.5.
  - ✓ En tuberías de polietileno (PE), el valor probable de N<sub>1</sub> está cerca de 0.5.
  - ✓ Para agujeros pequeños, N<sub>1</sub> puede estar entre 0.5 y 1.0.
  - ✓ En grupos de agujeros formados por la corrosión, N<sub>1</sub> puede ser mayor a 1.0
- Fallas longitudinales:
  - ✓ Para tuberías de PVC con bajas relaciones Longitud/Ancho (L/A), N<sub>1</sub>=0.5
  - ✓ Para tuberías de PVC a relaciones L/A = 500, N<sub>1</sub>=2.0

En la figura siguiente se muestran las relaciones entre  $Q_{f1} / Q_{f0}$  y  $P_1 / P_0$  para diferentes valores de  $N_1$

Figura 6.3: Relación entre el Caudal de Fuga y la Presión para diferentes  $N_1$



\*Imagen extraída de (ASSA - COFES, 2015)

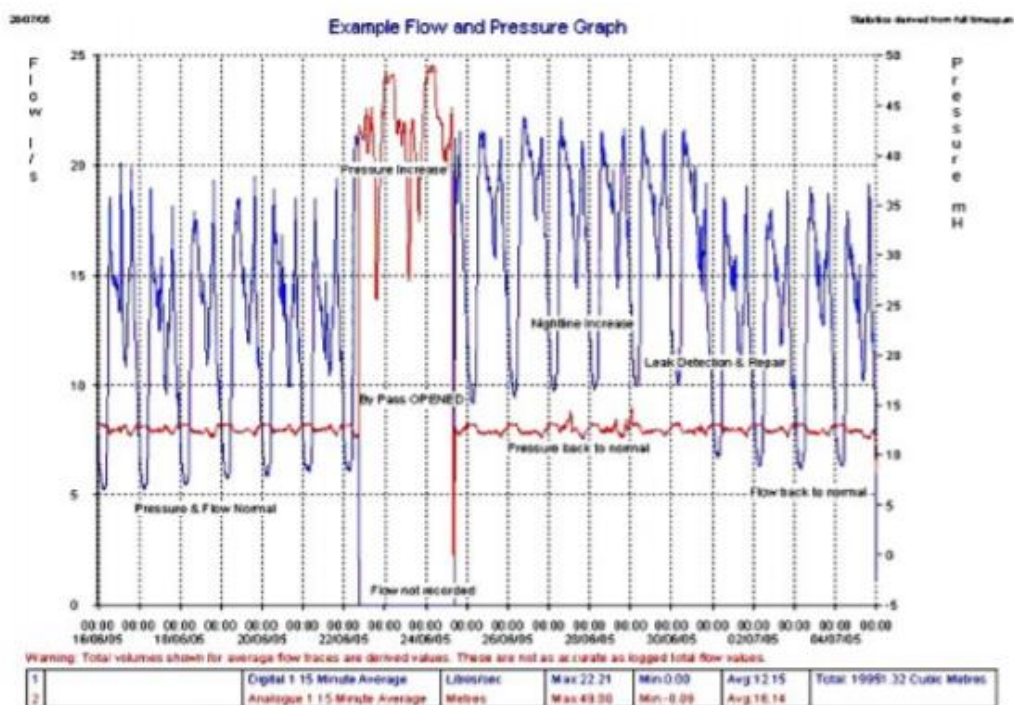
#### *La Presión y la Frecuencia de aparición de nuevas fugas*

La Sectorización en Distritos Hidrológicos medidos posibilita la obtención de información que le permite relacionar a la presión y a la frecuencia de aparición de nuevas fugas.

A manera de ejemplo en la Figura siguiente, se presentan los datos registrados de presión y caudal en una estación reguladora de presión, en donde se observa la reacción del sistema al incremento de la presión al sacar de operación la válvula reguladora de presión para su mantenimiento. Como se puede observar, el resultado produjo una serie de nuevas roturas en la red de esta zona Hidrológica.



Figura 6.4: Variación de la Presión y Frecuencia de Roturas



\*Figura extraída de (LOVEDAY, 2005)

El Grupo de Pérdidas de Agua de la IWA ha desarrollado la siguiente expresión, para predecir la variación de la frecuencia de aparición de nuevas fugas en función de la presión, similar a la de la variación del caudal de fuga (IWA L. , 2001):

Dónde:  $R_1$  es la frecuencia de roturas con una Presión  $P_1$ ,

$R_0$  es la frecuencia de roturas con una Presión  $P_0$

$N_2$  es un exponente, que varía entre 0,5 y 0,6

Al analizar algunos datos disponibles en Australia, Reino Unido e Italia se obtuvieron exponentes  $N_2$  con valores entre 0.5 y 6.5. Los valores de estos exponentes representan la importancia del valor de  $N_2$  en la frecuencia de aparición de nuevas roturas.

#### 6.1.4 Tiempo de Reparación

En general se denomina Tiempo de Reparación al tiempo transcurrido desde que ocurre una fuga (puede ser desde su percepción) hasta su ubicación y reparación.

La magnitud del volumen de agua perdido será directamente proporcional al Tiempo de Reparación (IWA L. , 2001):

$$Vp = Qp * Tr$$

Dónde:        Vp: Volumen total de agua perdida  
                  Qp: Caudal medio de la pérdida  
                  Tr: Tiempo de Reparación de la fuga.

Las Empresas Prestadoras de Servicio generalmente definen tiempos máximos de Reparaciones de Fugas que intentan mantener controlado el volumen de las pérdidas.

## 6.2 Tipos de Intervenciones para Reducción de Pérdidas Reales

### 6.2.1 Sectorización - (Sector Hidráulico de Medición – SHM).

El Water Management Internacional define los SHM como: *“Una pequeña área aislada medida dentro de la red de distribución y cuyos volúmenes de agua de entrada y salida se miden”*.

Se entiende que una Red de Abastecimiento se encuentra Sectorizada cuando se utilizan elementos de control y medición (Válvulas de cierre y Macromedidores) que determinan áreas o sectores relativamente homogéneos en sus consumos.

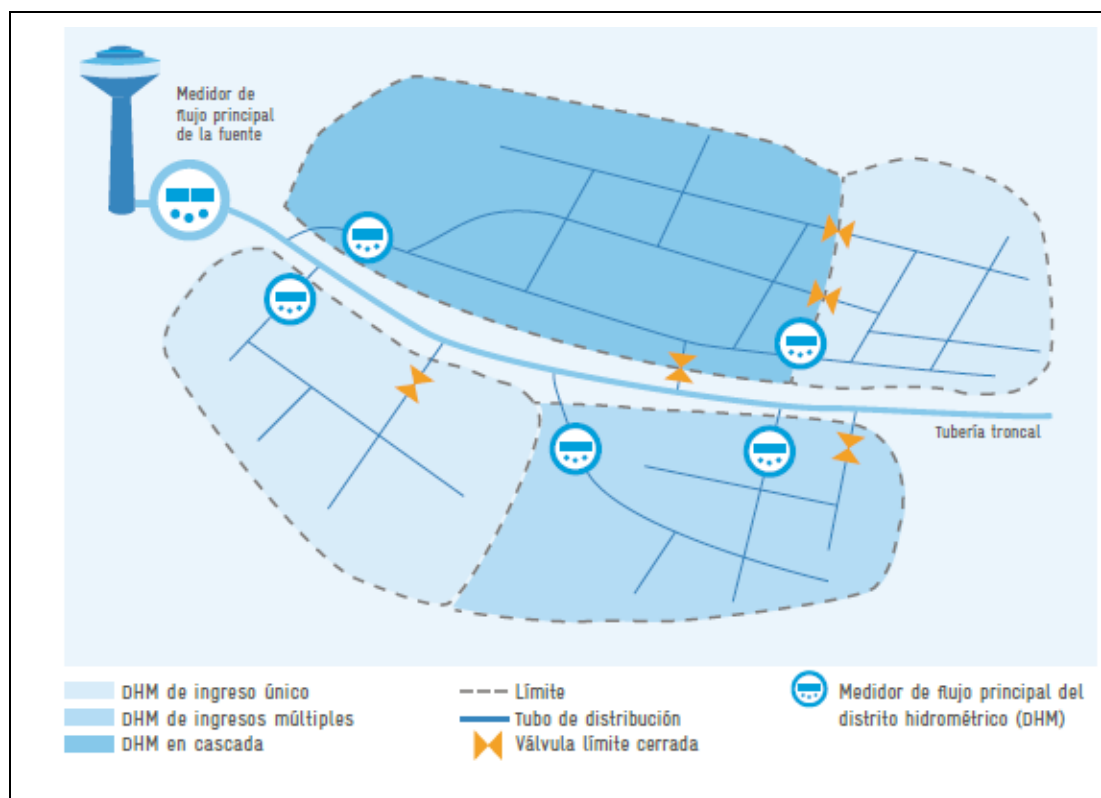
De ésta manera resulta posible desagregar Balances de Agua completos para cada uno de los Sectores en que se ha subdividido la Red, considerando más detalladamente los aspectos inherentes a las características técnicas (Presiones en la red, materiales, antigüedad de las tuberías, etc.) y las componentes comerciales (Tipos de usuarios mayoritario – Zona residencial o zona industrial; tipo de micromedidores instalados; perfil de los consumos; etc).

La generación de ésta información provee herramientas de decisión para realizar inversiones con el propósito de generar una sectorización óptima para el mejor desempeño de la RANC (John Morrison, 2007).

En un manual de la World Health Organization clasifica los SHM de acuerdo a como se abastecen de Agua (Farley M. , 2001):

- SHM de ingreso único
- SHM de ingresos múltiples
- SHM en cascada

Figura 6.5: Diseño Típico de los SHM



\*Figura extraída de (Farley M. , 2001)

La subdivisión de las redes de distribución busca ubicar las fugas, de ésta manera se reducen los tiempos de percepción, ubicación, y reparación. Además, es posible cuantificar el nivel de fuga para distintas áreas, identificando las más problemáticas. Durante una reparación, los SHM ayudan a reducir los períodos de interrupción del suministro, además permite comparar el consumo facturado de los clientes con los volúmenes netos de ingreso de agua al sector (Brothers, 2002).

### *Diseño de los SHM*

El diseño de los SHM requiere un conocimiento profundo del Sistema de Suministro de Agua. Es indispensable la existencia de una red completa y actualizada, registro e información topográfica y topológica de la red (trazas, materiales, diámetros, válvulas,

macromedidores, etc.). Por otro lado, se debe disponer de patrones de consumo de agua y datos operativos sobre flujos y presiones.

Una modelización hidráulica digital de la red podría determinar los impactos de sectorización sobre las presiones en el servicio, de ésta manera sería posible detectar cuellos de botella potenciales, tubos redundantes y zonas de peligro.

Cuando se diseñan los SHMs se deben considerar las siguientes reglas generales (Morrison, 2007):

- ✓ Cada SHM debe tener un punto de suministro único medido.
- ✓ Se deben crear límites de SHM, cerrando válvulas de aislamiento. Los límites de los SHM deben seguir en lo posible límites naturales (por ejemplo ríos, líneas de ferrocarril, vías principales).
- ✓ Se deben minimizar el número de válvulas a cerrarse. Las válvulas de aislamiento tienen que estar claramente marcadas o equipadas con dispositivos especiales que eviten que personal no autorizado de la empresa tenga acceso a su manipulación.
- ✓ Las variaciones de elevación del terreno deben ser mínimas en el SHM.
- ✓ Se deben determinar los tipos de consumidores (domésticos, industriales, comerciales o clientes críticos como hospitales) y sus respectivos requerimientos de suministro de agua.
- ✓ Deben respetarse las regulaciones legales de presiones mínimas, las restricciones locales debido a la topografía y altura de los edificios así como las necesidades de la lucha contra incendios.

Las Empresas Prestadoras de Agua deben considerar factores hidráulicos, prácticos y económicos cuando planean subdividir la red en SHMs. Respecto al tamaño de los SHMs, los costos de instalación y mantenimiento por conexión para las zonas pequeñas generalmente son más altos, esto se debe a que se requiere una mayor cantidad de válvulas y medidores. Sin embargo, cuantos más pequeños son los SHMs, más pronto se descubren las presencias de nuevas fugas, ya que es posible distinguir fugas pequeñas y de fondo. Además, se puede llevar a cabo más rápidamente la ubicación de una fuga

dentro de un SHM pequeño. Un SHM pequeño logra económicamente un nivel más bajo de fugas.

En sus notas de guía de SHM, la IWA recomienda que los SHMs en áreas urbanas tengan entre 500 y 3.000 conexiones de servicio (Morrison, 2007). De acuerdo con la Asociación Técnica Alemana para el Gas y el Agua (DVGW), la longitud total de tubos de distribución dentro de un SHM debe ir de 4 km. a un máximo de 30 km., dependiendo de la exactitud deseada de control de pérdidas de agua (DVGW, Arbeitsblatt W, 2003).

### *Implementación de un SHM*

Una vez que los límites de un nuevo SHM se han determinado, se debe realizar una investigación del sitio y se debe cerrar y verificar la hermeticidad de las válvulas de aislamiento existentes. Es esencial probar las válvulas porque una válvula que fugue distorsionará la evaluación de fugas del SHM y también del SHM vecino.

La exactitud y repetibilidad de las mediciones, los costos de instalación y el mantenimiento, así como las condiciones operativas (suministro continuo o intermitente) también desempeñan un papel importante para la decisión de la implementación del SHM (Farley M. , 2001). Una vez que se han cerrado y probado todas las válvulas, se debe realizar una prueba de presión cero (preferiblemente durante un periodo de consumo bajo y luego de haber informado a los clientes) para verificar que el SHM esté completamente aislado.

### *Operación y gestión*

Como todas las otras metodologías de reducción de fugas, implementar un SHM no es un arreglo rápido, sino que requiere un compromiso de largo plazo por parte de la Gerencia de una Empresa Prestadora de Agua y de su personal operativo.

Si se diseña e implementa correctamente un SHM puede ser una de las medidas más eficaces para reducir las pérdidas de agua (Morrison, 2007).

En el largo plazo, las Empresas Prestadoras de Agua tienen que implementar y mantener operaciones de rutina, y deben verificar la capacidad y potencial de implementar una gestión de presiones.

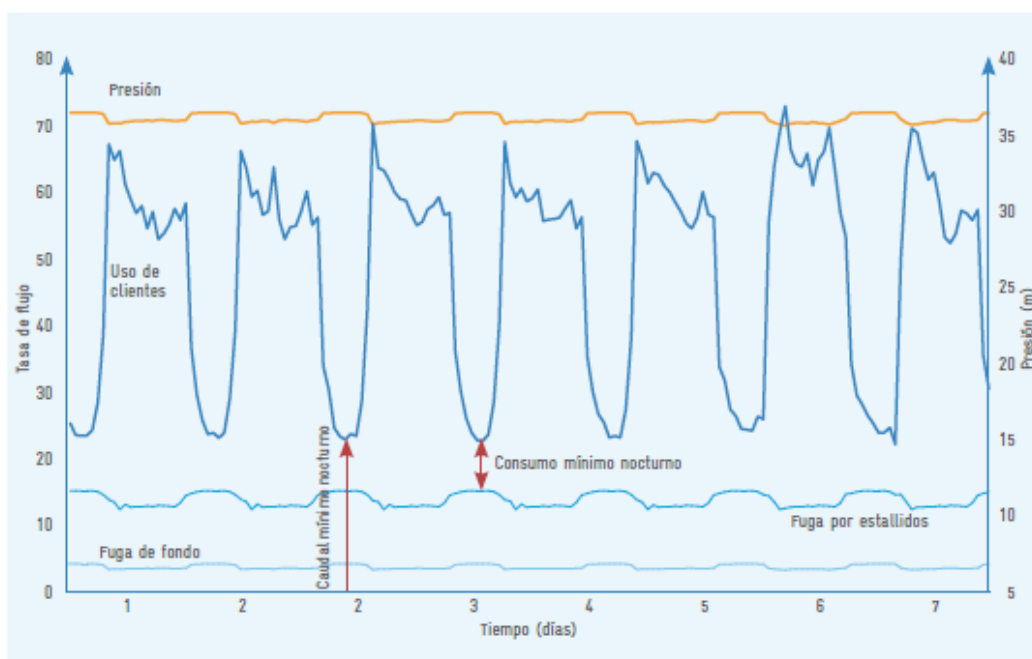
### *Determinación del nivel de fuga*

Las fugas en un SHM se calculan como la diferencia entre el flujo ingresante total y el consumo de los clientes dentro del mismo periodo.

Se puede medir directamente el ingreso al sistema luego de instalar medidores de flujo en todos los puntos de entrada (y salida) de un SHM. Se puede transferir las mediciones del flujo en tiempo real utilizando sistemas SCADA. Los datos en tiempo real permiten reacciones inmediatas a las nuevas fugas.

El método más común para determinar el nivel de fuga en un SHM es analizar el periodo de caudal mínimo nocturno (CMN), que ocurre usualmente entre las 2 y las 4 de la mañana en las áreas urbanas. El consumo del cliente se encuentra en su mínimo, y la fuga representa así el porcentaje máximo del flujo ingresante neto en el SHM. Las fugas no reportadas y las fugas de fondo (no detectables) constituyen la fuga total (Farley M. , 2001).

**Figura 6.6: Relación entre la tasa de flujo y fuga.**



\*Imagen extraída de (Morrison, 2007)

### *Eliminación de fugas*

Luego de la instalación de un nuevo SHM, se debe emprender una campaña intensiva de detección y reparación de fugas para determinar y eliminar la acumulación de fugas visibles y ocultas en el Sector.

El flujo que ingresa al SHM debe consistir sólo de los consumos de los clientes y las fugas de fondo (no detectables).

Las fugas en un SHM estarán siempre compuestas de estallidos detectables de tuberías (tasas de flujo mayores a 250 l/h a 50 m de presión) y de las fugas de fondo (filtraciones o agua que gotea de uniones, válvulas o accesorios) que son difícilmente detectables.

Se debe registrar información clave para cada SHM e incluirlo en mapas digitales de la red. Esta información (por ejemplo sobre límites de zona, ubicaciones de medidores de flujo, hogares, y otros registros de los consumidores) siempre debe mantenerse actualizada.

Se debe monitorear los reclamos de los clientes sobre presiones bajas, interrupción del servicio, y problemas de calidad del agua para identificar las fallas potenciales en el SHM.

#### *Métodos para la percepción de fugas*

Se disponen de tres métodos principales para percibir tempranamente nuevas fugas y reducir el tiempo de fuga:

✓ Monitoreo del Caudal entrante

Las roturas y estallidos de tubos causan una elevación más o menos abrupta en el caudal, se puede detectar monitoreando constantemente el flujo que ingresa a una red abierta o a un SHM.

✓ Monitoreo de la presión

La presión en la red también es un parámetro utilizado para la percepción de fugas.

En un SHM, durante la noche podrían ser cerradas las llaves de entrada a los usuarios, y en esas condiciones, el sistema sin consumo tendría que alcanzar el nivel hidrostático teórico. Si se realizaran mediciones de presión y se detectaran pérdidas de carga, se infiere que existen fugas que reducen la presión en la red. Por otra parte, en un sistema con registros de presión continua, un decrecimiento no esperado de la presión podría estar indicando un posible aumento en la tasa de fugas.

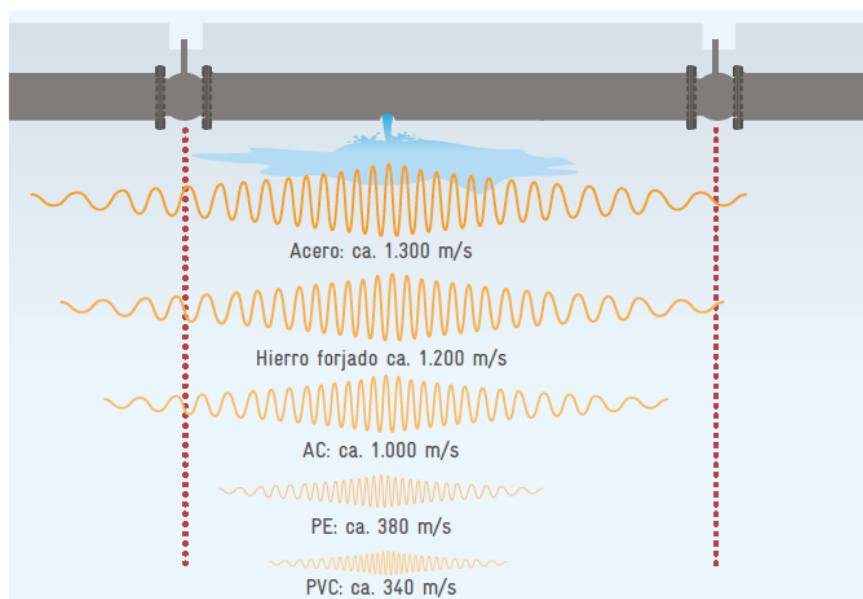
### ✓ Monitoreo del ruido

La descarga de agua desde una fuga produce ondas u oscilaciones acústicas. Estas ondas acústicas se propagan en la columna de agua y se pueden detectar por registradores de ruidos de fuga que se instalan usualmente en válvulas o grifos.

Las ondas acústicas sólo viajan por un rango limitado, dependiendo del material, diámetro, espesor de pared, presión, tierra circundante de los tubos y otros factores.

La ventaja del monitoreo de los ruidos es que se puede implementar y manejar con poco personal porque la instalación es simple y se puede leer los datos gracias a un vehículo que pasa por el lugar. Una desventaja es que la intensidad del ruido no se relaciona directamente a la tasa de flujo de la fuga, lo cual hace imposible distinguir las rupturas mayores de las fugas menos importantes.

**Figura 6.7: Relación entre material y la propagación de las ondas acústicas**



\*Imagen extraída de (Morrison, 2007)

### 6.2.2 Control activo de fugas ALC (Active Leakage Control)

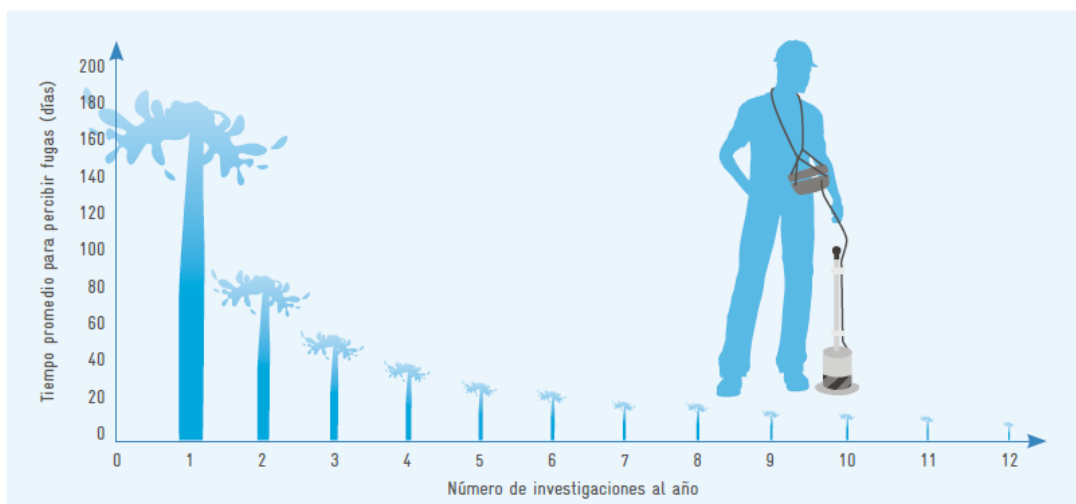
El Water Management Internacional define al Control Activo de Fugas como “el Proceso por el cual se detectan y reparan las fugas no visibles”. Una Empresa Prestadora de Servicio utiliza fondos, personal y equipo técnico para detectar y reparar las fugas que existen bajo tierra pero que no están detectadas. El principal objetivo es



minimizar las pérdidas reales de agua reduciendo el tiempo durante el cual drenan las fugas ocultas (Thorton, 2014).

La siguiente figura muestra cómo el Control Activo de Fugas periódico influye en el tiempo que toma detectar nuevas fugas en una red de distribución o en el SHM.

**Figura 6.8: Efecto de investigaciones sobre el tiempo que toma percibir nuevas fugas**



\*Imagen extraída de (Morrison, 2007)

La IWA aconseja a las Empresas Prestadoras de Servicio la existencia de un programa que facilite la detección y reparación de las fugas no visibles. Las fugas no visibles representan más del 90% del volumen total de las Pérdidas Reales. Las pequeñas fugas ocultas, que a menudo duran años, pierden más agua incluso que roturas de gran tamaño con presencia en la superficie.

El Control Activo de Fugas también se compone de actividades de comunicación para motivar a los clientes a informar inmediatamente sobre fugas visibles, y administrar el trabajo de forma eficaz para garantizar reparaciones rápidas y de buena calidad (miya, miya - Arison Group, s.f.).

La bibliografía especializada determina tres pasos en el Control Activo de Fugas:

### **1. Percepción:**

Los SHM y la Gestión de Presiones proveen la posibilidad de monitorear y analizar continuamente los flujos en la red de distribución de agua, lo que ayuda a una percepción temprana de fugas.

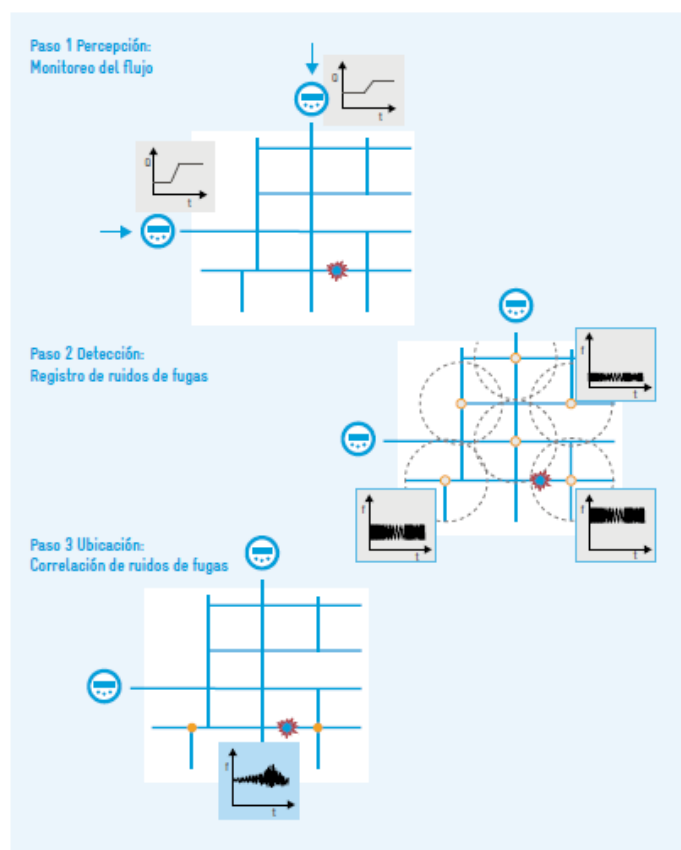
## 2. Detección de fugas (Step Test):

En éste punto los SHM se subdividen cerrando temporalmente válvulas (Pruebas por pasos o step testing en inglés), y a través de dispositivos acústicos se determinan las fugas en un área específica de la red o en una cierta sección de un caño. Así mismo, si la presión de agua fuese baja, la detección de fugas sería más complicada, esto se debe a que el agua tiene menos probabilidad de alcanzar la superficie. Además los niveles de ruido provenientes de la fuga serían más bajos, y esto complicaría su ubicación mediante los métodos acústicos. Para acortar los tiempos de fuga resulta conveniente que cuando una cuadrilla trabaje buscando fugas, la presión sea considerable como para poner en evidencia las fugas.

## 3. Ubicación de las fugas:

Existen a disposición varios métodos acústicos y no acústicos para encontrar y ubicar fugas, dentro de los cuales se mencionan tres: Monitoreo del Flujo; Micrófonos subterráneos y varas de escucha; correlacionadores de ruidos de fugas.

Figura 6.9: Ejemplo del Control Activo de Fugas en tres pasos: percepción, detección y ubicación de las fugas



### 6.2.3 Reparación de fugas

El Tiempo de Reparación corresponde al tiempo transcurrido desde que ocurre una fuga (puede ser desde su percepción) hasta su ubicación y reparación.

Los tiempos de fuga largos generarán grandes cantidades de pérdidas de agua, incluso desde fugas relativamente pequeñas. Por lo que, las Empresas Prestadoras de agua siempre deben tratar de reducir los tiempos de percepción, ubicación y reparación (Water Management Internacional, s.f.).

#### *Capacidades de la reparación:*

Es el conjunto de capacidades compuesto por el personal, el equipo, la motivación y el compromiso que se desprende desde la dirección de la Empresa. El personal debe ser capacitado continuamente y debe poder contar con los recursos necesarios para las reparaciones.

#### *Cuestiones organizativas y procedimientos operativos*

En una Empresa Prestadora de Servicios, los distintos departamentos responsables de producción y distribución participan en el proceso de reparación de fugas, por ejemplo (Zacharia M. Lahlou, Wilson, & Lynchburg):

- ✓ El equipo de servicio al cliente (recibe los reclamos de los clientes y emite órdenes de trabajo para reparaciones).
- ✓ La sala de control (observa un mayor consumo en una zona y pide a la cuadrilla de detección y reparación de fugas que actúe).
- ✓ El departamento de almacenamiento (mantiene los materiales de reparación en stock y ordena los suministros).
- ✓ La cuadrilla de reparación de fugas equipada especialmente para su finalidad.

El personal de la cuadrilla de reparación de fugas debe estar bien capacitado, motivado y equipado con todo lo necesario, vehículos, aparatos de comunicaciones y equipo de seguridad necesarios. El número de cuadrillas de reparación debe ser apropiado al número de fugas y explosiones que debe repararse en el tiempo establecido por la dirección.

Los almacenes deben asegurar poseer en inventario los repuestos que se utilizan con mayor frecuencia, y determinar los tiempos de entrega.

#### *Actualización del catastro de la Red de Distribución*

El catastro de la red de distribución de Agua Potable es un sistema de registro y archivo de información técnica estandarizada (fichas, planos, etc.) y relacionada con todos los detalles técnicos de ubicación de tubería, diámetros, válvulas, hidrantes y todo otro complemento o accesorio importante que se tenga incorporado o haga parte de las redes.

Disponer de un catastro de redes facilita el conocimiento, la planeación, y la operatividad del servicio de distribución de agua potable (Universidad Tecnológica de Pereira, 2007).

Para el control de toda la información disponible sobre el manejo operativo de las redes el funcionario responsable debe administrar y actualizar los planos y las fichas técnicas con los trabajos e información registrada por la reparación de las fugas realizadas.

La actualización del catastro de red es de suma importancia en la Empresa Prestadora del Servicio ya que permite determinar la ubicación exacta y referenciada de cada uno de los elementos del sistema.

#### **6.2.4 Gestión de presiones**

Se puede definir la gestión de la presión como la práctica de manejar presiones del sistema a niveles óptimos de servicio a la vez que se asegura un suministro suficiente y eficiente (Thornton & Allan, 2005).

Las Presiones innecesarias o excesivas, así como las fluctuaciones de presiones fuertes o transitorias, causan roturas y estallidos de tuberías dentro de las redes de distribución. Un estudio del IWA Water Loss Task Force (Grupo de trabajo en pérdidas de agua) descubrió que la reducción de la presión resulta en una disminución significativa de nuevas roturas y estallidos de tuberías.

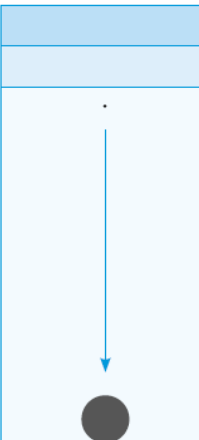
Por lo tanto, la gestión de la presión es el único método de intervención que permite tener un impacto positivo en los tres componentes de las pérdidas reales de agua: Las fugas de fondo, las fugas reportadas y las no reportadas.

Al respecto, caben las siguientes consideraciones generales (Thornton J. y., 2007):

- ✓ **Presión alta:** La presión alta resultará en un caudal de fuga más alta proveniente de las fugas existentes y de una ocurrencia aumentada de nuevos estallidos de tubos y fugas a medida que sube la presión, las tasas de fuga se elevan a un nivel mucho más grande que lo que habría predicho la teoría matemática. Las válvulas y accesorios viejos pueden carecer de un tamaño suficientemente robusto para las altas presiones.
- ✓ **Variaciones de presión:** Las marcadas variaciones de presión dentro del sistema pueden llevar a la fatiga de materiales y así a la fuga, principalmente en tuberías de plástico.
- ✓ **Aumento repentino de la presión:** Los aumentos repentinos de la presión (golpe de ariete) surgen principalmente de mecanismos de control inapropiados y pueden causar roturas de tuberías, uniones desconectadas y daño en las válvulas y accesorios, lo cual lleva a las fugas.

La Tabla 6.1 proporciona ideas sobre la influencia de la presión en el caudal de las fugas. Los valores presentados se han determinado en experimentos e ilustran la capacidad y alto potencial de la gestión de la presión para reducir el caudal de las fugas en las redes de distribución de agua por medio de la reducción de la presión. Es igualmente importante comprender que las fugas pequeñas con caudales relativamente pequeños pueden causar la mayor parte de pérdidas de agua debido a sus largos tiempos. Por lo tanto, es esencial manejar y minimizar la duración de todas las fugas y estallidos, incluso los más pequeños.

**Tabla 6.1: Caudal de fugas para orificios circulares a una presión de 50mts**

	Orificio		Caudal de la fuga		
	[mm]	[l/min]	[l/hora]	[m <sup>3</sup> /día]	[m <sup>3</sup> /mes]
	0,5	0,33	20,00	0,48	14,40
	1,0	0,97	58,00	1,39	41,60
	1,5	1,82	110,00	2,64	79,00
	2,0	3,16	190,00	4,56	136,00
	3,0	8,15	490,00	11,75	351,00
	4,0	14,80	890,00	21,40	640,00
	5,0	22,30	1.340,00	32,00	690,00
	6,0	30,00	1.800,00	43,20	1.300,00
	7,0	39,30	2.360,00	56,80	1.700,00

\*Tabla extraída del documento (VAG; Giz, Ministerio federal de cooperación Económica y desarrollo, 2013)

La Gestión de Presiones debe considerar el abastecimiento adecuado a la red. Se denomina punto crítico de una red al punto de presión más bajo, pero efectivo, en una zona. Si se puede asegurar una presión mínima de servicio en el punto crítico, la presión será suficiente en todas las demás. La existencia de una presión excesiva en el punto crítico determina que gestionar la presión podría reducir pérdidas evitables de agua (ASSA - COFES, 2015).

De ésta manera en cada uno de los SHM se debe disponer del sistema de Gestión de Presiones, donde la presión de suministro se monitorea constantemente y los datos se encuentren disponibles para su revisión y análisis.

Generalmente se requiere de la instalación de Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) y de instrumental de medición y control para mantener las presiones dentro del rango óptimo de operación de la red de abastecimiento.

En general la inversión inicial es pequeña en comparación con los grandes ahorros potenciales que se producen al evitar aumentos de roturas, y consecuentemente de pérdidas de agua.

Además de la instalación básica para manejar la presión, se dispone de otras funciones opcionales: se puede utilizar tecnología celular segura para transferir datos a una sala de control donde el operador puede seguir la operación de la VRP en línea. Es posible enviar las fallas al equipo de servicio responsable, de manera que genere un alerta por mensaje de texto, reduciendo así significativamente los esfuerzos de operación y mantenimiento.

La gestión de la presión es una solución inmediata y económica que permite reducir las pérdidas reales de agua, aumentando la vida útil de las tuberías, uniones y accesorios (Lambert & Fantozzi, 2010.).

En la Siguiete Tabla se muestran cuatro grandes instalaciones en Ciudad del Cabo, Sudáfrica, que obtuvieron resultados positivos mediante la Gestión de Presiones, logrando conseguir grandes ahorros de agua recuperando la inversión en un período corto de tiempo.

**Tabla 6.2: Resumen de ahorros provenientes de cuatro instalaciones de Ciudad del Cabo**

Área	Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año)	Costos de construcción (USD)	Valor de los ahorros (USD / año)
Khayelitsha	9,0 millones	335.000 (en 2001)	3.352.000
Mfuleni	0,4 millones	212.000 (en 2007)	170.000
Gugulethu	1,6 millones	188.000 (en 2008)	603.000
Mitchells Plain	2,4 millones	967.000 (en 2009)	904.000
<b>Total</b>	<b>13,4 millones m<sup>3</sup>/año</b>	<b>USD 1.702 millones</b>	<b>USD 5.029 millones/año (± 600.000)</b>

\*Imagen extraída de (McKenzie, 2010)

Además, con la gestión de la presión existen otros beneficios indirectos tales como la reducción en los costos de producción y consumo de energía.

Sin embargo la gestión de la presión no remedia las causas de la pérdida de agua, sino que es una ayuda con el fin de aliviar los impactos de estas pérdidas. Las Empresas Prestadoras de Servicio pueden considerar la Gestión de la Presión como una solución inicial para empezar a reducir altos niveles de fuga y acceder a generar ahorros y recuperar inversión a corto plazo.

Como conclusión puede decirse que la gestión de presiones consiste en reducir el exceso de presión y evitar sus fluctuaciones. Debido a la relación directa entre la presión y el caudal de fugas, es una actividad muy beneficiosa para la reducción de fugas. Además, ayuda a reducir la frecuencia de rotura, lo que prolonga la vida útil de los activos y la infraestructura.

### 6.2.5 Gestión de Activos

La Gestión de Activos relacionada con la Reducción de Agua No Contabilizada considera principalmente los siguientes aspectos generales (Lambert A. y., 2002):

- **Rehabilitación de Caños y políticas de reemplazo e implementación:** Son los lineamientos y políticas adoptadas por la dirección de la Empresa Prestadora para la reparación y renovación de redes considerando los costos y los beneficios.
- **Mantenimiento de válvulas e hidrantes o motobombas:** Son actividades (planificadas y regulares) de mantenimiento de los componentes de la red: Válvulas de Aire, válvulas reguladoras de presión, Hidrantes o motobombas, etc.

- **Análisis de Tuberías:** Corresponde a estudios y evaluaciones del material de las tuberías, la frecuencia de fugas, la edad, el emplazamiento. De ésta manera es posible realizar una planificación de reparación o sustitución.
- **Desbordamientos de las cisternas:** Existencia de programas que permitan reducir o eliminar los desbordamientos o fugas de los tanques de almacenamiento.

Las redes instaladas bajo tierra están sujetas a una multiplicidad de factores que no se pueden registrar y controlar de forma regular. *Lambert y McKenzie* determinan cuatro factores (que varían de un sistema a otro) que son clave para las pérdidas reales de agua:

- La longitud de las troncales
- El número de conexiones de servicio
- La ubicación del medidor del cliente
- La presión operativa promedio en el sistema (cuando está presurizado).

Los activos de las redes de distribución de agua están compuestos por:

- a) Tuberías y uniones
- b) Válvulas y accesorios
- c) Tanques de almacenamiento

Las causas de las pérdidas de agua se pueden clasificar de acuerdo al tipo de activo.

**(a) Tubos y uniones defectuosos**

Material, condición (corrosión), edad del tubo, Uniones eficientes, presión alta y variaciones de presión.

➤ **Suelo y agua subterránea**

- **Tipo de suelo:** El tipo de suelo prevaleciente tiene un efecto significativo en el tiempo durante el cual el agua fuga. Mientras que el agua que escapa en suelos cohesivos (por ejemplo arcilla o limo) puede aparecer pronto en la superficie, las fugas en suelos no cohesivos (por ejemplo arena o grava) tienden a drenar por debajo de la tierra, lo que hace las fugas sean más difíciles de detectar.



- **Agresividad del suelo:** Los suelos cohesivos pueden afectar negativamente la corrosión externa de los tubos metálicos debido a distintos niveles de sales disueltas, oxígeno, humedad, pH y actividad bacteriana.
- **Movimiento del suelo:** El movimiento del suelo es causado por cambios en la temperatura y contenido de humedad (los niveles cambiantes de agua subterránea hacen que los suelos cohesivos se contraigan y expandan), las inundaciones así como el hundimiento causado por un lecho incorrecto para el tubo, así como las obras de construcción incrementan las cargas de superficie y las obras de reparación de tubos también pueden desencadenar movimiento del suelo. El movimiento del suelo puede hacer que las uniones de tubos se desconecten y que los tubos se rompan.

➤ **Tráfico**

- **Carga del tráfico:** Muchas tuberías que originalmente se tendieron por debajo de las calles de tierra y pavimentos se sitúan ahora debajo de las calles y avenidas en las que se ha aumentado el tráfico. La mayor cantidad de vehículos y la alta capacidad de carga de los camiones modernos colocan un peso adicional sobre los tubos.
- **Influencia de terceros:** La ausencia de documentación sobre la infraestructura (por ejemplo planos de la construcción original) o la ejecución impropia de obras de construcción pueden dañar las tuberías, ya sea directamente a través de excavadoras o indirectamente a través de máquinas de construcción que vibran o vehículos pesados.
- **Otros factores:** Existen numerosos factores, por ejemplo el número de válvulas y conexiones de servicio (conocidos como los puntos débiles dentro del sistema de distribución) por kilómetro de tubo, la longitud y el diámetro de las troncales, la longitud promedio de las conexiones de servicio, la profundidad en la que se tendieron los tubos así como las fugas de fondo de las uniones, accesorios y válvulas.

**(b) Válvulas y accesorios defectuosos**

Las fugas desde válvulas y accesorios incluyen rupturas, deformaciones o fallas materiales en el cuerpo de la válvula así como empaquetaduras que fugan en las

uniones. Una manipulación poco cuidadosa o una ausencia de mantenimiento, a menudo causan estas fugas. Las válvulas y accesorios defectuosos pueden contribuir significativamente a las pérdidas reales de agua.

### **(c) Tanques de almacenamiento defectuosos**

Las pérdidas de agua de los tanques de almacenamiento están causadas por daño estructural o por fallas operativas, y por reboses causados por falta de controles.

Con frecuencia las pérdidas de agua de los tanques son subestimadas, y aunque son fáciles de detectar, las reparaciones a menudo son complicadas y caras.

## **7. Identificación y evaluación de etapas de desarrollo sobre los sistemas de información.**

“Un sistema de información es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa.” (Pollo-Cattaneo, 2017)

Las Empresas Prestadoras de Servicios manejan grandes cantidades de datos, para lograr la manipulación de tanta información existen propuestas tecnológicas. A esta área dentro de las Tecnologías de la Información se le conoce como Big Data.

Se puede definir BIG Data como “grandes y complejas colecciones de datos, los cuales, debido a su enorme tamaño es muy difícil su captura, almacenamiento, búsqueda, manipulación, análisis, visualización, administración, procesamiento, entre otras, utilizando las técnicas de software” (Martinez, s.f.).

El correcto manejo de la información es un requisito fundamental para la gestión eficiente de las pérdidas de agua.

Con el fin de detectar, ubicar y reparar pérdidas además del equipamiento adecuado de detección de fugas, es necesario información precisa sobre el material de los tubos, su diámetro y longitud. Esta información debe ser recolectada, procesada e interpretada por medio de Sistemas de Información (Hladej, 2007).

Los diferentes departamentos o sectores de las Empresas Prestadoras de Servicios recolectan y procesan grandes cantidades de datos con distintas finalidades (bases cartográficas, registros de redes, modelos de redes hidráulicas, bases de datos de fallas, información sobre el cliente, balances de agua, información sobre planeamiento de

rehabilitación de activos, el historial de las detecciones de fugas y reparaciones, etc). Los datos recolectados suelen quedar almacenados en el departamento o sector de la empresa que los recolectó, sin tener en cuenta que los mismos datos ofrecen información valiosa sobre todo el sistema de suministro de agua, y podrían ser de mucha utilidad para otros sectores de la Empresa.

Con el fin de obtener información para la toma de decisiones y el desarrollo de una estrategia que tenga por finalidad la disminución de las pérdidas de agua La Dirección de las Empresas Prestadoras de Servicio debe preocuparse por la fidelidad de los datos recolectados de las distintas áreas de la Empresa. la información disponible debe fomentar relaciones de trabajo a través equipos interdepartamentales.

### *Sistemas de información para la Toma de decisiones*

Los Sistemas de Apoyo a la Toma de Decisiones o Decision Support System (DSS), se enfocan al análisis de los datos y sirven de apoyo para que los directivos puedan tomar decisiones. Es necesario reunir todos los datos seleccionados con el fin de generar alternativas y tomar finalmente la decisión más idónea a través de estimaciones, evaluaciones y comparaciones de alternativas posibles (Mos, s.f.).

En las Empresas Prestadoras de Servicio la recolección y procesamiento de datos para el DSS debe estar orientado a identificar objetivos claros hacia la Reducción de Pérdidas de Agua. Para lograrlo, debe cuestionarse por ejemplo: ¿Qué datos son los importantes? ¿Qué Sectores de la Empresa deben estar involucrados? ¿Qué datos deben ser recolectados en campo? ¿Qué datos externos deben ser comprados? ¿Cuáles son las necesidades de software y hardware? ¿Cómo se puede integrar las estructuras de software y hardware existentes? ¿Cómo cruzar los datos para obtener la información?

El núcleo del DSS enfocado hacia la reducción de las Pérdidas de Agua se encuentra formado por una serie de sistemas de Información que manejan las Empresas Prestadoras de Servicio y que se integran en un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS).

Las Empresas Prestadoras de Servicio de Agua suelen utilizar dos tipos de tecnologías para la gestión de datos: SCADA y GIS.

## 7.1. Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA)

Esta tecnología colabora en la supervisión de procesos automáticos de una forma completa y clara.

En una Empresa Prestadora de Servicio, el objetivo principal de un Sistema SCADA es monitorear y controlar de manera centralizada las estaciones remotas ubicadas a lo largo de los sistemas de distribución de Agua Potable. El Sistema de Telemetría y Telecontrol suele tener a cargo las siguientes funciones (Copadata, s.f.):

- ✓ Optimizar la producción de las plantas de tratamiento.
- ✓ Mejorar el equilibrio en la distribución del agua entre los diferentes tanques que pertenecen al mismo sistema.
- ✓ Controlar los niveles de los tanques para la eliminación de desbordes.
- ✓ Monitorear el caudal y presión del agua distribuida a los sectores y sub-sectores en la ciudad.
- ✓ Mejorar la seguridad y eficiencia en la operación de los sistemas de distribución.
- ✓ Controlar la calidad del agua distribuida.

Cabe recalcar que disponer de un sistema SCADA permite:

- ✓ Tomar decisiones en tiempo real, desde el Centro de Control
- ✓ Mejorar en el uso de la modelación hidráulica
- ✓ Mantener un modelo actualizado y calibrado del sistema, basado en la información disponible de la red a través del GIS y aquella generada en campo y adquirida por el SCADA.

Con un SCADA es posible gestionar remotamente la red de distribución de agua potable, controlando válvulas y presión, obteniendo datos relevantes para la gestión de ANC (Castillo).

## 7.2. Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS).

*“Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS) es un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados.” (Olaya, 2014)*

Se puede entender a los sistemas GIS como una serie de subsistemas, cada uno de ellos encargado de una serie de funciones particulares. En la bibliografía, es habitual encontrar tres subsistemas fundamentales:

- **Subsistema de datos:** Se encarga de las operaciones de entrada y salida de datos, y la gestión de estos dentro del GIS. Permite a los otros subsistemas tener acceso a los datos y realizar sus funciones en base a ellos.
- **Subsistema de visualización y creación cartográfica:** Crea representaciones a partir de los datos (mapas, leyendas, etc.), permitiendo así la interacción con ellos.
- **Subsistema de análisis:** Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos.

El GIS, consiste en cinco componentes:

- **Datos.** Los datos son la materia prima que contienen la información geográfica.
- **Métodos.** Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- **Software.** Es necesaria una plataforma informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.
- **Hardware.** El equipo necesario para ejecutar el software.
- **Personas.** Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema GIS.

Un GIS es una herramienta que maneja información referida a ubicación geográfica, utilizando mapas e Informes, con el fin de realizar búsquedas, análisis estadísticos, y visualizaciones con el propósito de combinar datos de diversas fuentes con el fin de crear información nueva que sirva de Apoyo a la Toma de Decisiones. El GIS puede utilizarse para por ejemplo (Olaya, 2014):

- ✓ Búsqueda Lógica: (Para analizar una determinada zona de la red)
- ✓ Análisis de Proximidad: (Identificar objetos sensibles a una inundación)
- ✓ Análisis de Redes: (Identificarlas conexiones afectadas por la rotura de una tubería)
- ✓ Categorización: (según el material y la edad con la frecuencia de fallas)
- ✓ Visualización: (visualizar por ejemplo todos los medidores de cierta edad)

### *Un GIS Integrador*

Para las Empresas Prestadoras de Servicio, los Sistemas de Información más importantes para el manejo de las pérdidas de agua son (University of Dayton, 2003):

✓ **Base Cartográfica**

Este subsistema forma la base ya que ofrece un conjunto de mapas electrónicos con coordenadas que cubre toda el área de servicio.

✓ **Base de datos de fallas**

La Base de Datos de Fallas contiene información sobre las roturas que ocurrieron en la Red, provee información sobre el comportamiento y el envejecimiento de los materiales. Esto resulta útil para identificar secciones vulnerables, lotes de válvulas o accesorios con fallas o de baja calidad. Es mantener actualizados los datos de éste sistema.

✓ **Registro de Redes**

Un sistema de Registro de Red permite a las Empresas Prestadoras de Servicio llevar un control sobre sus Activos y mantener un seguimiento con referencia espacial.

✓ **Modelo de Redes hidráulicas**

Los Modelos de Redes son simuladores que permiten visualizar la respuesta de un sistema existente bajo un amplio rango de condiciones, las simulaciones permiten anticipar problemas en redes existentes o planificadas, además sirven de apoyo para diseñar intervenciones (como por ejemplo la Renovación de tubería de determinado sector).

✓ **Sistemas de Información Sobre los Clientes**

El Sistema de Información sobre los Clientes se encuentra basado en los datos de facturación y consumo medido de todos los Clientes. La integración entre el Sistema de Registro de Redes basado en GIS y los datos del catastro de Clientes permite visualizar por sectores el consumo de agua. Si se compara el ingreso de agua y el consumo promedio de las zonas se puede detectar zonas con Fugas.

El GIS debe poder integrar éstos subsistemas con la intención de cruzar datos y conseguir información que sirva para el DSS. Además, los subsistemas se pueden implementar con distintos propósitos (Walski, 2003):

- Proyecto: Soporte de un objetivo único del proyecto.
- Departamento o Sector Empresarial: Soporte de las necesidades específicas de un sector.
- Empresa: Distribución interdepartamental de datos que satisface las necesidades de dos o más departamentos o sectores de la Empresa.
- Inter-agencias: Distribución de aplicaciones y datos con usuarios externos.

Tal como se ha mencionado anteriormente, los datos que se ingresan con el fin de estructurar el GIS provienen de diferentes departamentos o sectores de las Empresas Prestadoras de Servicio: Mapas de redes en papel, planos de construcciones reales, datos de mediciones en campo, datos digitales existentes (Por ejemplo en CAD), informes (hojas de cálculo y fotografías).

Figura 7.1: Estructura de un GIS con sus bases de datos



\*Imagen extraída de (Zeiler, 1999)

Una vez desarrollado el sistema GIS, es necesario verificar y poner a prueba la fiabilidad del producto, verificando la calidad de la información en varias visitas de campo. Además, es necesario que el sistema mantenga la base de datos continuamente actualizada. Todos los cambios al sistema deben ser registrados para integrar el GIS existente.

## 8. Identificación y Evaluación de Etapas de desarrollo en relación al Balance de Agua.

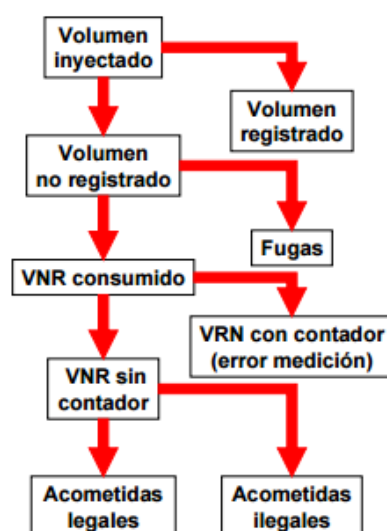
### 8.1. PÉRDIDAS DE AGUA Y SU CUANTIFICACIÓN

La cantidad de agua que se pierde por fugas es prácticamente imposible y económicamente inviable de conocer con exactitud, pero es posible conseguir una aproximación más o menos certera de la realidad.

A continuación se mencionan algunos métodos que tienen por finalidad lograr una estimación de las fugas de agua en un Sistema de Agua Potable.

- ✓ **El Balance de Agua (IWA):** Método para identificar y cuantificar cada una de las entradas y salidas de agua de una red de abastecimiento.
- ✓ **La metodología BABE** (R. McKenzie, 2005): Tiene la finalidad de estimar los componentes de las pérdidas reales en las redes de distribución de agua.
- ✓ **Métodos de estimación global (Metodologías contables):** Top-down o Bottom-up.
- ✓ **Cálculo por Fuga:** Es el cálculo puntual de una fuga de agua en particular, de forma que pueda conocerse el valor aproximado de caudal perdido.

Figura 8.1: Reparto del volumen inyectado en un abastecimiento



\*Imagen extraída de (VI SEREA, 2006)



Las Empresas Prestadoras de Servicio más eficientes el mundo mantienen sus sistemas completamente automatizados, monitoreados y controlados, la información que tienen al respecto es, además de completa, fácil de obtener y manejar, lo que favorece una gestión de la red mucho más sencilla, sin embargo, la cantidad de recursos requeridos para lograr el estado de automatización y monitoreo necesario es bastante elevada y pocas compañías tienen la posibilidad de tener un sistema con estas características.

En el alcance de esta Tesis se analizará el método de creación de Balances de Agua desarrollado por la IWA, identificando sus componentes, evaluando las metodologías para la cuantificación de agua producida, consumida autorizada, consumida pero no autorizada, y las pérdidas de agua Aparentes y Reales.

## 8.2. BALANCE DE AGUA (IWA)

El Balance de Agua tiene como objetivo rastrear y contabilizar cada componente de agua de un sistema de abastecimiento. Busca identificar todos los componentes de consumo y pérdidas en un formato estandarizado. Un Balance de Agua claramente definido es el primer paso para evaluar el agua no facturada y gestionar las fugas en las redes de distribución. (Thorton, 2014)

Cuando se elabora un Balance de Agua, la exactitud de los volúmenes de pérdida de agua depende de la exactitud y calidad de los datos utilizados. Por lo que resulta necesaria una medición confiable de todos los volúmenes de agua que ingresan y salen del sistema de abastecimiento.

A grandes rasgos, el Balance de Agua establece los conceptos para poder identificar y separar los componentes que lo forman:

- ✓ El Volumen de Entrada representa el volumen anual del sistema de abastecimiento o de una parte del mismo.
- ✓ El Consumo Autorizado es el volumen anual medido o no medido que es suministrado a usuarios registrados.
- ✓ Se establecen también los conceptos de agua que genera ingresos y el agua que no genera ingresos, el primero es igual al Consumo Autorizado Facturado, y el segundo igual a la diferencia resultante entre el Volumen de Agua y el Consumo Autorizado Facturado.

- ✓ Las pérdidas de agua corresponden a las Pérdidas Aparentes y a las Pérdidas Reales, que es equivalente a la diferencia entre el volumen de entrada y el Consumo Autorizado.
- ✓ Las pérdidas aparentes son la suma de los Consumos No Autorizados y las mediciones inexactas, también denominadas “Pérdidas de Gestión”.
- ✓ Las pérdidas reales comprenden las fugas y derrames en las tuberías y tanques desde la fuente hasta el punto de medición del usuario, y se denominan asimismo “Pérdidas Físicas”.

El Balance de Agua estándar desarrollado por la IWA se compone de una serie de conceptos que se muestran en la Figura 8.2:

**Figura 8.2: Balance de Agua propuesto por la IWA**

Recursos propios	Volumen de agua que ingresa en el sistema	Agua exportada			Agua que genera ingresos	Agua exportada facturada
		Agua disponible para suministro	Consumo autorizado	Consumo autorizado facturado		Consumo medido facturado
Agua importada	Volumen de agua que ingresa en el sistema			Agua disponible para suministro	Consumo autorizado no facturado	Agua que no genera ingresos
		Pérdidas de agua	Fugas aparentes		Consumo no autorizado	
Fugas reales	Mediciones inexactas		Consumo no medido no facturado	Errores en el manejo de datos		
					Fugas en tuberías	
					Fugas y desbordamientos en almacenamiento	
					Fugas en las conexiones antes del punto de medición	

La IWA determina que las Empresas Prestadoras de Servicio deben realizar una auditoría por medio de un Balance de Agua con el fin de estimar la cantidad de agua para los principales componentes del consumo y de las pérdidas de agua. Asimismo, estimar también un precio para cada componente con el fin de evaluar su impacto financiero. Un Balance de Agua detallado y preciso es la base para una estrategia de gestión de ANC (miya, miya - Arison Group, s.f.).

### 8.2.1. Componentes del Balance de Agua

**Recursos propios:** El volumen de agua tratada que entra en el sistema que procede de plantas de tratamiento propias de la empresa de abastecimiento.

**Agua importada:** Volumen de agua que se compra y pasa a formar parte del volumen total de agua que ingresa en el sistema para el suministro. Regularmente, esta es agua que se adquiere a abastecimientos vecinos o a las autoridades regionales con el propósito de cubrir la demanda de los usuarios.

**Volumen de agua que ingresa al sistema:** El volumen total de agua que entra en el sistema comprende el agua que proviene de recursos propios de la compañía y el agua que se importa para completar la demanda de los abonados.

**Agua exportada:** El volumen de agua vendida y llevada fuera del sistema de abastecimiento de agua potable, regularmente el agua es vendida a un abastecimiento vecino o a las autoridades regionales.

**Agua disponible para el suministro:** Es la diferencia que existe entre el volumen total de agua que ingresa en el sistema y el agua exportada. Este rubro corresponde al agua neta con que cuenta el abastecimiento para satisfacer la demanda de los usuarios.

**Consumo autorizado:** Corresponde al volumen medido o no medido de agua que es entregado a los abonados registrados, a la propia empresa, o a otros agentes que implícita o explícitamente han sido autorizados para hacer uso del agua que proporciona la compañía. Este concepto no incluye el agua exportada (ya que éste concepto se mide de forma independiente), sin embargo, sí incluye agua utilizada en hidrantes contra incendios, limpieza de calles, jardines municipales, fuentes públicas, entre otros usos. Incluye los conceptos de consumo medido facturado, consumo no medido facturado, consumo medido no facturado y consumo no medido no facturado.

**Consumo autorizado facturado:** Cualquier consumo que es autorizado y facturado por la empresa; puede incluir servicios que cuentan con medición o servicios sin medición. Este rubro comprende el consumo medido facturado y el consumo no medido facturado.

**Consumo autorizado no facturado:** Consumos que aunque directamente no representan ingresos para la empresa al no ser facturados, son autorizados por la misma, estos pueden contemplar el propio consumo de la compañía, concesiones a

otras empresas o usuarios. Comprende los conceptos consumo medido no facturado y consumo no medido no facturado.

**Consumo medido facturado:** Todo aquel consumo que pasa por un sistema de micromedición y que entra dentro del sistema de facturación de la compañía, incluye todos los grupos de usuarios, domésticos, comerciales, industriales e institucionales; sin embargo, no incluye el agua exportada a abastecimientos vecinos o a autoridades regionales.

**Consumo no medido facturado:** Aquel consumo que entra en el sistema de facturación de la compañía, pero que no es medido; el consumo regularmente es estimado o calculado de acuerdo a algunas normas.

**Consumo medido no facturado:** Consumo que aunque es cuantificado por medio de micromedición, no es facturado; aquí puede entrar el propio consumo de la compañía, consumo concedido a otras instituciones o proporcionado a cambio de otra cosa que no es una remuneración económica.

**Consumo no medido no facturado:** Forma parte del consumo autorizado, aunque no es ni medido ni representa un beneficio económico directo para la compañía. Este concepto generalmente incluye el consumo de hidrantes contra incendios, lavado de tuberías, entre otros. Algunas organizaciones (AWWA e IWA) recomiendan estimar este concepto, considerándolo como un valor predefinido de 1,25% sobre el volumen de recursos propios.

**Pérdidas de agua:** En este concepto se aglutinan las fugas reales y las fugas aparentes. Comprende el volumen de agua que se pierde por fallas en la red de suministro y aquellos conceptos que no corresponden a una pérdida física de agua.

**Fugas aparentes:** Son aquellos conceptos que conllevan inexactitudes en cuestiones de medición de consumos, errores de datos en medición y facturación, además de los consumos no autorizados. Una sobrestimación de los consumos de usuarios conlleva a una subestimación de las fugas reales, y una subestimación de los consumos implica una sobrestimación de las fugas reales.

**Fugas reales:** Corresponden a las pérdidas físicas debido a fallos en el sistema de suministro de agua potable.

**Agua que genera ingresos:** Aquí se contempla el agua que se entrega a los usuarios y que les es cargada a sus facturas, cuyo concepto corresponde a los ingresos más significativos de la compañía.

**Agua que no genera ingresos:** Es el agua que no representa ningún beneficio económico a la empresa; puede incluir: fugas aparentes, fugas reales, agua medida no facturada y agua no medida no facturada.

**Agua exportada facturada:** El agua que se vende a sistemas de abastecimiento vecinos o a autoridades regionales representa ingresos para la empresa de suministro.

**Consumo no autorizado:** Incluye los usos ilegales de hidrantes contra incendios, tomas no autorizadas, entre otros. En algunos organismos de abastecimiento este rubro puede ser realmente significativo; sin embargo, existen algunos autores (AWWA e IWA) que recomiendan estimar este valor utilizando un porcentaje del 0,25% sobre el volumen de recursos propios.

**Mediciones inexactas:** Corresponden al concepto de pérdidas aparentes de agua causadas en el registro de medidores de agua del cliente. Muchos medidores de agua tienden a cometer errores en la medición con el tiempo. Para compensar esta inexactitud, el lectorista puede aplicar un porcentaje, lo cual estimará el agua no registrada debido a la inexactitud del medidor del cliente.

### 8.3. Metodologías para la cuantificación de Agua Producida

El volumen de ingreso al sistema debe determinarse utilizando las mediciones anuales desde los medidores de entrada al sistema. La exactitud de los medidores instalados debe determinarse por medio de pruebas de campo, por ejemplo ejecutando pruebas con otros medidores. En el caso de la inexistencia de medidores al ingreso del sistema, se puede hacer un estimado apropiado de cantidades mediante muestras. Se tiene que identificar y verificar los medidores para las importaciones de agua (estos son los insumos de otros sistemas) para calcular la cantidad de agua suministrada al sistema.

#### 8.3.1. Evaluación de metodologías para la cuantificación de Agua consumida

Para determinar el consumo autorizado facturado, es necesario identificar a todos los clientes registrados en la facturación (hogares, comercios y consumidores industriales, etc.). Se puede determinar el consumo anual por medio de lecturas del medidor en la fecha de referencia y anualizando apropiadamente el consumo medido.

Para los clientes facturados sin medidores de agua, debe realizarse un estimado apropiado. No es recomendable asignar cifras de consumo de usuarios medidos, las

tarifas medidas usualmente crean comportamientos de consumo diferentes que las tarifas planas. Por lo tanto, se debe determinar el consumo no medido promedio utilizando monitoreos de una muestra al azar de usuarios. Un método alternativo es usar monitoreos de los SHM (Warren, 2007).

### 8.3.2. Evaluación de metodologías para la cuantificación de consumos no autorizados

El Consumo no autorizado y por lo tanto no facturado, tiene que determinarse por medio de un estimado apropiado, todos los consumidores tienen que identificarse. Pueden ser edificios municipales, parques, hogares, áreas de barrios marginales, tanques de agua o servicios de bomberos. Debe hacerse un estimado del consumo anual para cada grupo de consumidores.

Finalmente, se tiene que identificar el volumen utilizado por la empresa de agua para propósitos operativos (limpieza de troncales, lavado, etc.). En el caso de que no se disponga de valores medidos, se debe realizar un estimado (VAG; Giz, Ministerio federal de cooperación Económica y desarrollo, 2013).

### 8.3.3. Evaluación de metodologías para la cuantificación de Pérdidas Aparentes

Estimar las pérdidas aparentes tiene un alto grado de incertidumbre. Es necesario desglosar las pérdidas aparentes en sus componentes.

Primeramente, se tiene que estimar el número de conexiones ilegales. Esto se puede hacer ya sea consultando registros o mediante la investigación dentro de una zona muestral. En el caso de la inexistencia de datos, (Thorton, 2014) recomienda utilizar el 0,25% del volumen que ingresa al sistema como un enfoque inicial. En segundo lugar se tiene que estimar las pérdidas que se generan por una mala transferencia de datos y las inexactitudes de medición. Es necesario registrar el número de medidores de agua averiados. Estos volúmenes pueden ser determinados utilizando estimados por usuario.

Para los países en desarrollo, la IWA recomienda utilizar 5% del consumo medido facturado como un estimado inicial hasta que se disponga de una evaluación más detallada.

### 8.3.4. Evaluación de metodologías para la cuantificación de Pérdidas Reales

Las pérdidas reales de agua se pueden obtener restando las pérdidas aparentes de las pérdidas de agua generales.

Una desventaja del método de Balance de Agua es que el procedimiento está sujeto a errores de medición, cuanto más errores en la medición existan más bajo será el nivel de exactitud de resultados que se obtengan (Thorton, 2014).

Se ha demostrado, incluso en sistemas bien manejados, con un bajo nivel de fugas, y medición confiable, que es difícil lograr límites de confianza menores a  $\pm 15\%$  de pérdidas reales (Lambert A. O., 2003).

El método de Balance de Agua tiene un enfoque de retrospectiva que no puede proporcionar un sistema de alerta temprana para identificar nuevas fugas. Por lo tanto, con el fin de mejorar las prácticas, es recomendable combinar los cálculos del Balance de Agua con mediciones del flujo nocturno con el fin de promover un Control Activo de Fugas para reducir los tiempos de fugas (Lambert A. O., 2003).

Las Mediciones de Flujos Nocturnos tiene que ver con un Concepto de Evaluaciones desde Abajo hacia Arriba de Pérdidas Reales (Bottom-up en Inglés). En un Trabajo de Campo, se cortan temporalmente las conexiones domiciliarias de un sector determinado, y mediante mediciones se observan si existen flujos de agua producidos por Fugas. Éste análisis de Caudal provee datos del volumen real de las pérdidas, el que debe ser cruzado con los datos obtenidos en el Balance de Agua. Una ventaja del método Bottom-up es que las áreas de pérdidas reales se pueden identificar con el fin de priorizar su reparación. Además, la recolección de datos durante los trabajos de campo ayudan a determinar las fugas de fondo y la relación entre presión y fuga (Fanner, 2004).

## 9. Gerenciamiento del ANC

### 9.1. BENCHMARKING

“El Benchmarking es una herramienta para mejorar el desempeño mediante la búsqueda sistemática y uso de prácticas pioneras. (Cleary)”

El benchmarking es una herramienta poderosa aplicable para las Empresas Prestadoras de Servicio de Agua Potable. Las técnicas de benchmarking deberían estar siempre dirigidas a la mejora continua.

Aunque el benchmarking consista en mirar hacia fuera con el fin de comprender “*buenas prácticas*”, también considera necesario mirar hacia dentro y aprender sobre cómo se hacen las cosas internamente. Es solo a partir del conocimiento interior y de entender cómo otros hacen las cosas que es posible lograr una mejora a través de la herramienta.

El concepto de benchmarking ha englobado siempre un proceso sistemático y la voluntad por la mejora continua. Países como Austria, Alemania y Holanda han adoptado (con buenos resultados) el Benchmarking como una herramienta de gestión.

El Grupo Especialista en Benchmarking y Evaluación del Desempeño de la IWA recomienda considerar “evaluación del desempeño” y “mejora del desempeño” como los componentes naturales del benchmarking.

El primer paso imprescindible en benchmarking es evaluar cómo de eficiente o con qué estándar opera cierto prestador, o cómo una función, tarea o proceso es realizado. Dicha evaluación se hace habitualmente por medio de indicadores de desempeño que necesitan compararse con una referencia para obtener una evaluación. Esto es lo que recibe el nombre de fase de evaluación comparativa del desempeño. Una vez que el desempeño se ha evaluado, el paso lógico siguiente es el de llevar a cabo acciones para su mejora. A través de la identificación y adopción de las prácticas de aquellos que son mejores en una determinada función o proceso, es posible mejorar el desempeño. Esta fase se conoce como fase de mejora del desempeño y requiere de la participación de varios prestadores o socios de benchmarking (incluso de otras industrias) para poder recoger la información necesaria que conduzca a identificar y adaptar las mejores prácticas. Estas dos fases (evaluación del desempeño y mejora del desempeño) son las partes necesarias



de todo proceso de benchmarking, de ésta manera, las Empresas pueden utilizarla como “una herramienta para mejorar el desempeño a través de la búsqueda sistemática y adaptación de las mejores prácticas”.

### 9.1.1. Necesidad del Benchmarking para favorecer la RANC

Aunque el benchmarking se desarrolló como una herramienta para la mejora de negocios para ganar cuota de mercado en un entorno competitivo, también puede ser aplicado al sector del agua, aunque éste generalmente no tiene competencia.

Encontrar la motivación adecuada para el benchmarking es un primer paso imprescindible para cualquier proyecto. Un proyecto de benchmarking es una empresa exigente que necesita la implicación y el apoyo total de todos los niveles de una organización (incluyendo la alta dirección).

La necesidad de la mejora continua de la Empresa Prestadora puede facilitarse con proyectos de benchmarking que proporcionen una visión detallada del desempeño e identifique áreas y formas de mejora. Sin embargo, existen varias razones por las que un prestador puede no querer unirse a un proyecto de benchmarking (Cabrera, Dane, Haskins, & Theuretzbacher, 2011):

- ✓ El prestador se considera único y no comparable.
- ✓ La compañía está siendo reestructurada o fusionada, por lo que la situación no es suficientemente estable como para evaluar el desempeño.
- ✓ No hay información de confianza que utilizar.
- ✓ No hay suficientes recursos disponibles (presupuesto, recursos humanos).
- ✓ Hay dudas sobre el valor añadido del proyecto.
- ✓ La metodología sugerida es muy complicada.
- ✓ No hay garantía de confidencialidad de la información individual de desempeño.

Estas razones debieran ser temporales y sólo postergan la decisión de la Empresa para realizar el Benchmarking.

#### *Evaluación del desempeño*

En general, la evaluación del desempeño de las tareas realizadas para la producción de agua resulta dificultosa debido a que la cantidad de datos es inmensa y complicada de

manejar. Por este motivo resulta necesario algún tipo de simplificación, y en este proceso aparecen dos necesidades enfrentadas.

Por un lado, la necesidad de un alto nivel de detalle que proporcione información que sea fiel a la realidad, las computadoras permiten construir modelos que se vuelven más y más complejos cada día.

Por otro lado, el uso de grandes cantidades de datos no es la mejor opción para tomar decisiones. Es por esto que los Altos Niveles Ejecutivos y la Dirección de las Empresas prefieren informes breves a documentos extensos.

Por estos motivos, la evaluación del desempeño podría describirse como el arte de simplificar: cuanto más condensados estén los datos, mejor. Sin embargo, una simplificación excesiva del sistema puede no proporcionar suficiente información para tomar decisiones.

Para las Empresas del sector de Servicios de Agua Potable, los indicadores son una gran herramienta para evaluar el desempeño, ya que resultan intuitivos y fáciles de entender. Además, facilitan la comparación, dado que los denominadores a menudo proporcionan una relación con el tamaño o una cantidad de referencia. Asimismo, empleándolos con frecuencia (por ejemplo Anual), permiten la evaluación en el tiempo de los indicadores permitiendo identificar los resultados de las acciones realizadas.

La IWA desarrolló manuales que proporcionan una estructura sobre cómo confeccionar indicadores de desempeño útiles. Por ejemplo, “Performance Indicators for Water Supply Services” (Alegre, 2006) es un manual de la IWA que describe los requisitos y buenas prácticas para la confección y manejo de indicadores de desempeño para abastecimiento de agua.

### *Hacia la mejora continua*

Como ya se mencionó, el benchmarking se divide en tres fases. El primer paso, la evaluación del desempeño, tiene por objetivo analizar el desempeño, comparándolo con otras organizaciones de dentro o fuera de la industria e identificando márgenes de mejora. El siguiente paso, la mejora del desempeño, está diseñado para buscar mejoras aprendiendo de las mejores prácticas y adaptándolas a la situación propia. El benchmarking normalmente se organiza en proyectos (o ejercicios) con fechas de comienzo y fin. Sin embargo, desde un punto de vista de la gestión, el benchmarking no

debería considerarse una acción única y aislada, sino un proceso continuo. La búsqueda de las mejores prácticas no termina nunca. Los requisitos legales, expectativas de los usuarios, tecnología o técnicas de gestión patrimonial de infraestructuras evolucionan rápidamente y las Empresas Prestadoras deben actualizarse. Por tanto, los prestadores necesitan buscar permanentemente oportunidades de mejora para asegurar que sus consumidores obtienen el mejor valor por su dinero, al igual que socios y dueños. Por tanto, el benchmarking debería seguir el círculo de Deming.

**Figura 9.1: Círculo de Deming (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar)**



El benchmarking debería incluirse en el plan anual de empresa. De esta forma, puede relacionarse con los objetivos estratégicos del prestador, evitando que se convierta en un proyecto aislado.

## 9.2. La Aplicación de Indicadores de Desempeño para la RANC

La gestión del Agua No Contabilizada podría desglosarse en cuatro componentes principales que permitan determinar actividades eficaces para controlar y disminuir las pérdidas de Agua Reales y Aparentes. Cada uno de ellos se desagrega a su vez en subcomponentes sobre los que se realizan los análisis de evaluación (Fanner, 2004).

### i. Gestión de pérdidas aparentes

Las pérdidas comerciales no deberían superar más que unos pocos puntos porcentuales del consumo autorizado. La lucha contra las pérdidas comerciales no requiere importantes recursos financieros, sino más bien exige un compromiso firme por parte de

la dirección de la Empresa Prestadora, voluntad política, apoyo de la comunidad e incentivos.

Los siguientes elementos conforman la estrategia de gestión de la IWA para las pérdidas aparentes:

- ✓ Catastros desactualizados
- ✓ Dimensionamiento de los medidores
- ✓ Renovación de Medidores
- ✓ Precisión de los medidores
- ✓ Conexiones sin medidor
- ✓ Uso no autorizado
- ✓ Pérdidas intradomiciliarias
- ✓ Políticas de desconexión

Tratar los ocho componentes de una manera coordinada se traducirá en la reducción de la cantidad anual de pérdidas aparentes a un nivel económico.

En algunos casos es recomendable que la reducción de pérdidas comerciales sea el primer paso en una estrategia de reducción de ANC, ya que requiere una inversión relativamente baja y puede brindar un reembolso inmediato asociado al cobro del Agua “Recuperada”

## ii. Gestión de pérdidas reales

En el Capítulo 3 ha quedado demostrado que las pérdidas reales no pueden ser eliminadas por completo. Existe un “Umbral Mínimo de Fugas” determinado por el menor volumen anual posible de pérdidas reales.

Las siete componentes descritas abajo han demostrado ser más rentables a corto plazo que la renovación completa de infraestructura:

- ✓ Capacidad de reparación de fugas (personal - equipo - motivación)
- ✓ Tiempo de reparación de fugas (red primaria)
- ✓ Tiempo de reparación de fugas (conexión de servicios)
- ✓ Gestión de presiones
- ✓ Sectorización

- ✓ Programas de control activo de fugas
- ✓ Gestión de activos

### iii. Gestión de los Sistemas de Información

Los ocho componentes listados resultan de una selección de prácticas usadas por el sector de Sistemas en las Empresas Prestadoras de servicio, basados en información precisa y adecuada tienen por finalidad la planificación, programación y actualización de intervenciones a favor de la RANC.

- ✓ Información general de ANC (indicadores)
- ✓ Información del Suministro (fuentes de Agua)
- ✓ Cliente y facturación
- ✓ Mapas de distribución de RED (GIS)
- ✓ Gestión de mantenimiento
- ✓ Integración de sistemas (compatibilidad)
- ✓ Información de infraestructura (Caños y medidores)
- ✓ Modelo de la Red

### iv. Gestión de los Balances de Agua

A continuación se identifican diez componentes que hacen a la fidelidad de los balances hídricos y confiabilidad de la Gestión de la Empresa Prestadora de Agua.

- ✓ Procedimientos de confección
- ✓ Medición de entrada de agua a la red
- ✓ Estimación del consumo medido facturado (medición del usuario).
- ✓ Estimación del consumo no medido facturado
- ✓ Estimación del consumo autorizado no facturado
- ✓ Estimación del error de manejo de datos
- ✓ Estimación del consumo no autorizado
- ✓ Pruebas de flujos nocturnas
- ✓ Análisis de las fugas
- ✓ Cruce de datos

### 9.3. Diagrama Ishikawa “Causa y Efecto del ANC”

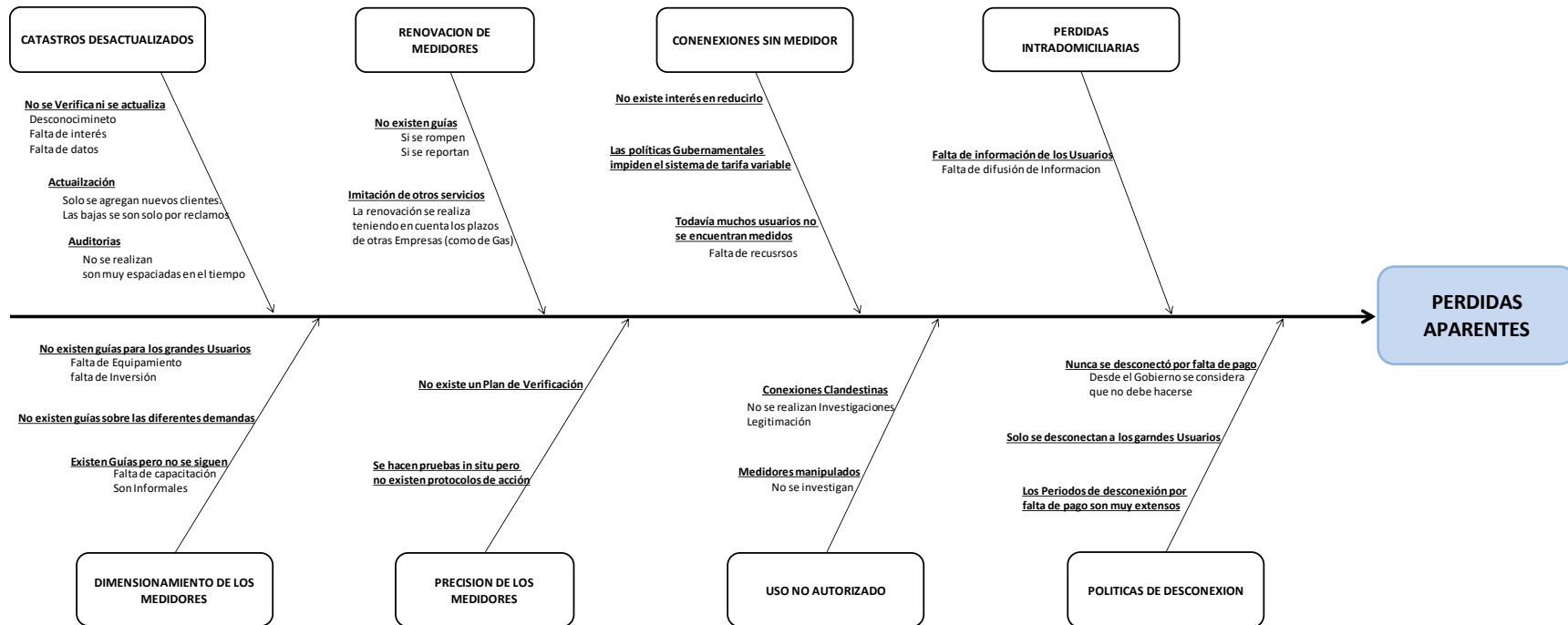
El Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto consiste en una representación gráfica que permita visualizar las causas que explican un determinado problema, es una herramienta utilizada para la toma de decisiones abordando las bases que determinan un desempeño deficiente.

La estructura del Diagrama de Ishikawa es intuitiva, identifica un problema o efecto y luego enumera un conjunto de causas que potencialmente explican dicho comportamiento. Adicionalmente cada causa se puede desagregar con grado mayor de detalle en subcausas. Esto último resulta útil al momento de tomar acciones correctivas dado que se deberá actuar con precisión sobre el fenómeno que explica el comportamiento no deseado.

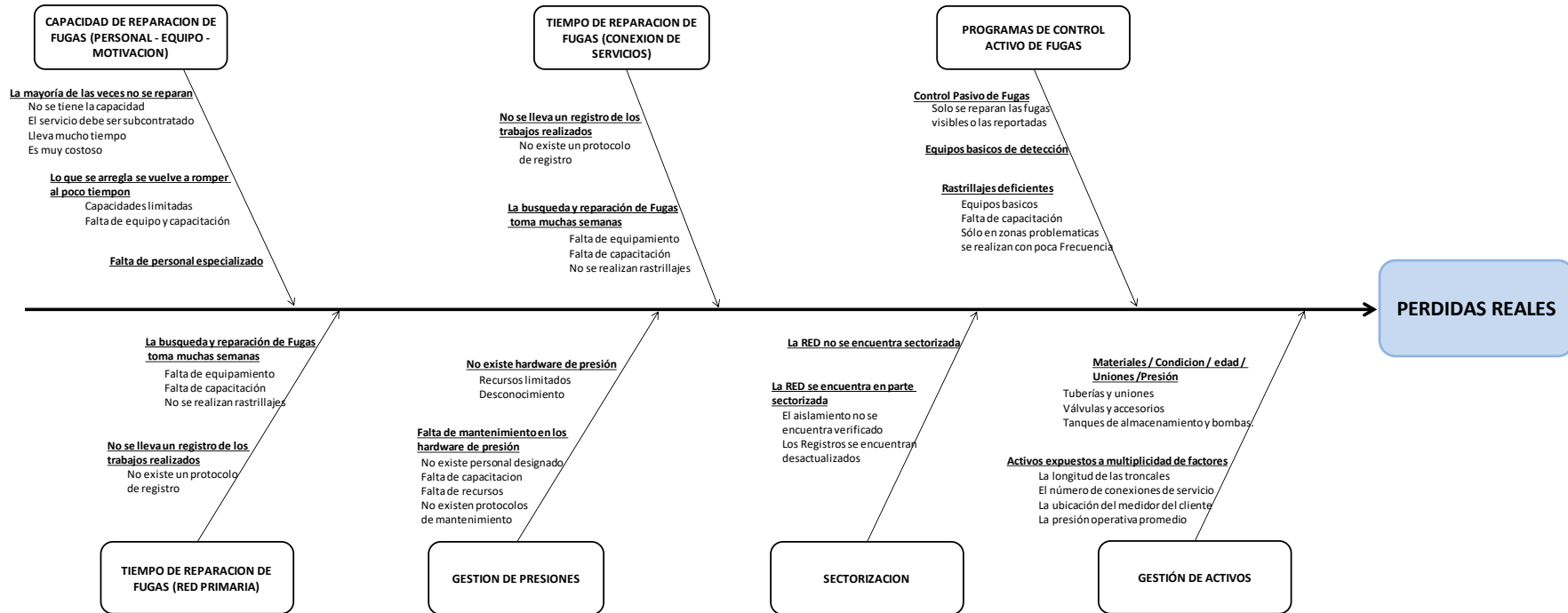
Los siguientes diagramas tienen como objetivo plasmar las causas de las dos componentes y las dos herramientas presentes en el ANC:

- ✓ Pérdidas aparentes
- ✓ Pérdidas Reales
- ✓ Sistemas de Información
- ✓ Balances de agua

### 9.3.1. Matriz Ishikawa Pérdidas Aparentes

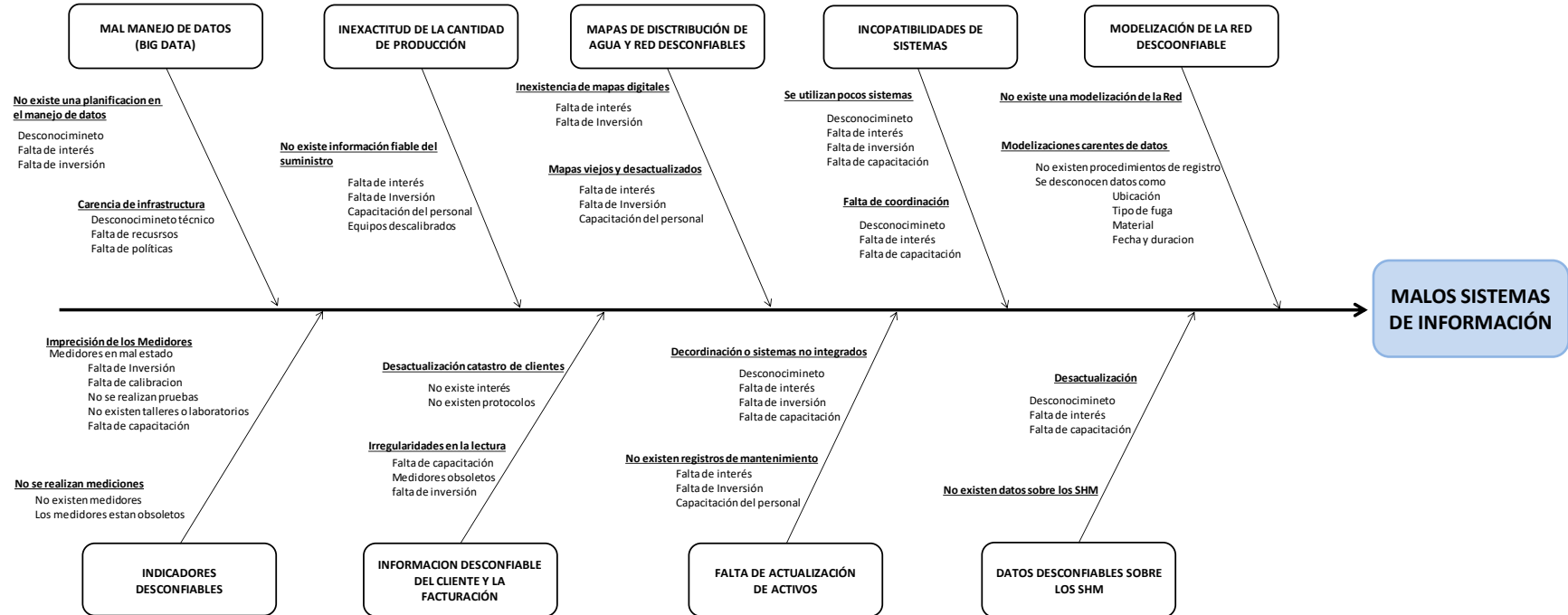


### 9.3.2. Matriz Ishikawa Pérdidas Reales

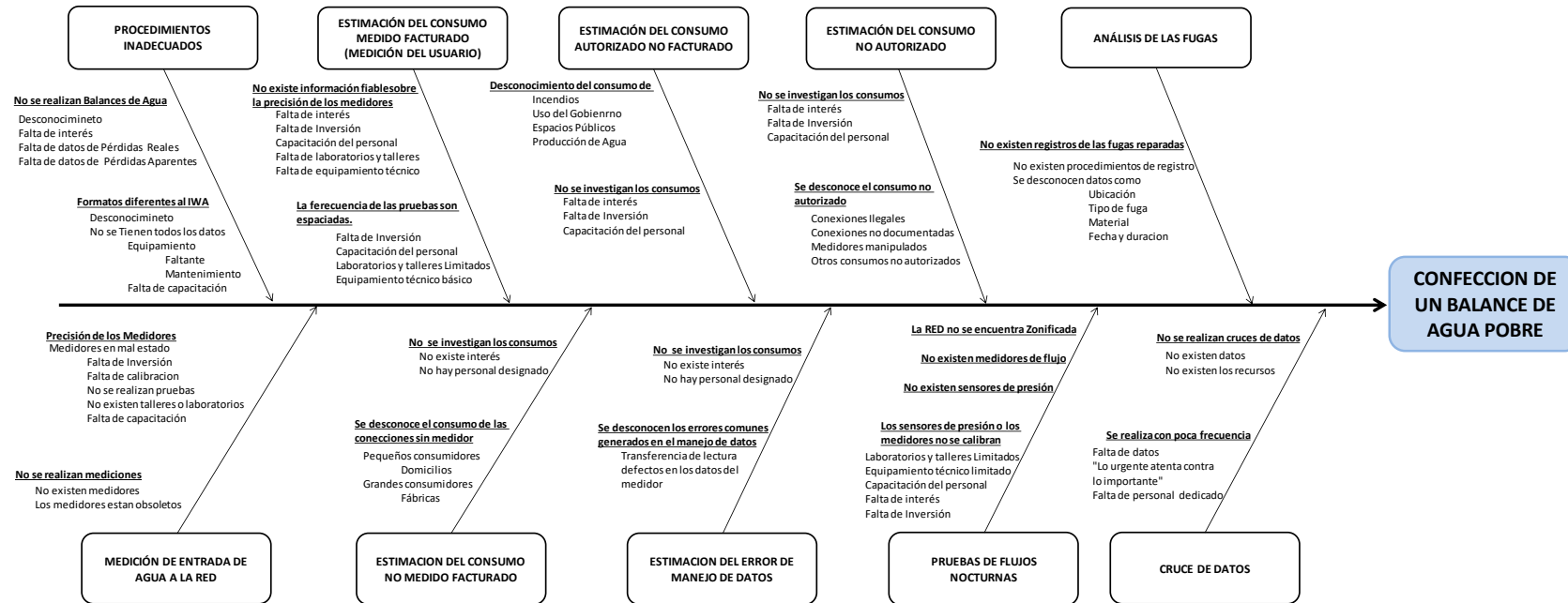




### 9.3.3. Matriz Ishikawa Sistemas de Información



### 9.3.4. Matriz Ishikawa Balances Hídricos



#### 9.4. Evaluación Interna y proceso de BENCHMARKING hacia la mejora en la RANC

El ciclo de proceso de BENCHMARKING es continuo, el primer paso que una Empresa prestadora de Servicio de Agua debería dar hacia la RANC comienza con Identificar la “Situación Actual” de los cuatro factores claves descritos anteriormente, analizando cada una de sus componentes. El Agua No Contabilizada es un problema transversal a toda la Empresa, el área Técnica y Comercial deben unirse en el objetivo de controlarla y reducirla, con este criterio resulta necesario la existencia de un área independiente de éstas dos y que se encuentre como nexo entre éstas y la Dirección de la Empresa.

La planificación de la RANC tiene por fin no solamente la ejecución de intervenciones y obras con su debida definición y programación, sino también desarrollar la organización en la Empresa para llevar adelante la gestión e implementar los procedimientos destinados a medir sus respectivos impactos y rentabilidad en términos de recuperación de caudal.

Por lo tanto, el programa deberá organizarse con una estructura de proyecto integral teniendo como finalidad recuperar y procesar la información que permita extrapolar los resultados de los trabajos de las intervenciones

Este mejor gerenciamiento permitirá dirigir con mayor eficiencia las acciones para la RANC y proyectar con mejor precisión y fundamento su evolución considerando las intervenciones e inversiones que se vayan realizado en cada una de las áreas específicas

Las principales actividades a realizar son las siguientes:

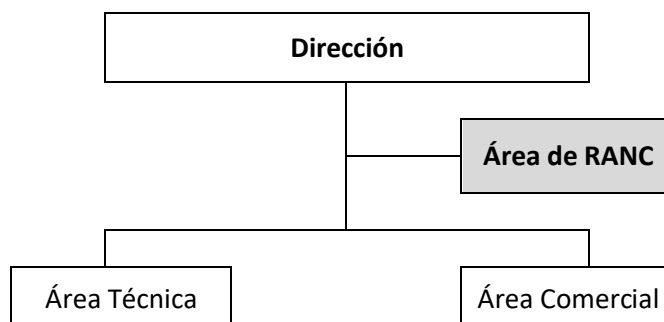
- **Organizar** los programas detallados, procedimientos, soportes y reportes para el desarrollo de los trabajos en zonas-piloto.
- **Analizar** los resultados obtenidos de las acciones específicas (técnicas y comerciales) sobre la base de indicadores de eficiencia y costos.
- **Concluir** sobre la rentabilidad de cada acción y extrapolar sobre la zona homogénea.
- **Elaborar** los elementos de presupuesto anual correspondientes:
  - ✓ Trabajos de investigación (mediciones, detección de fugas, control/inspección de conexiones y medidores)
  - ✓ Recursos humanos internos y subcontratación.

- ✓ Acciones correctivas (cambio de medidores, reparación de fugas, empadronamiento de usuarios).
- ✓ Obras de adecuación (rehabilitación / renovación de redes, regulación de presión): ingeniería de detalle, ejecución y fiscalización de obras.

La finalidad fundamental de ésta organización es lograr que los criterios y metodologías que se apliquen en la Empresa, y que las etapas del trabajo, sean uniformes y consistentes.

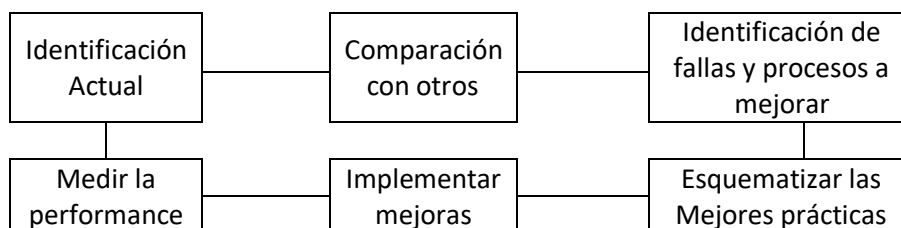
Para llevar a cabo estas actividades se propone una estructura tal como se detalla en el siguiente organigrama:

Figura 9.2: Organigrama con el área de RANC



El área de RANC debe velar por el ciclo del proceso de Benchmarking hacia la mejora de la RANC, el ciclo responde al siguiente diagrama y flujo que se adapta al modelo del círculo de Deaming en busca de la mejora continua:

Figura 9.3: Aplicación círculo de Deaming



Durante el proceso de investigación para éste trabajo se han encontrado diferentes metodologías que tratan en particular la evaluación de la gestión de la RANC en las Empresas. Una herramienta que se encuentra en desarrollo que intenta integrar la evaluación para el gerenciamiento de la RANC es la que elabora el BID: “Matriz de Evaluación de Prácticas de RANC”.

En éste sentido, para el desarrollo de éste trabajo se ha tratado de emplear una matriz que sintetice en forma completa cada una de las componentes mencionadas que integran la gestión de la RANC.

En las siguientes tablas se presentan los criterios de evaluación del estado de situación para cada una de las cuatro componentes y sus factores de análisis, de manera tal que una Empresa Prestadora de Servicios pueda identificar su situación actual respecto a un aspecto en particular y analizar las acciones inmediatas que podría implementar para su mejora.

### 9.4.1. Estado de Situación en la Pérdidas Apparentes

Pérdidas aparentes	Escala de puntaje de las prácticas		
	Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
<b>Actualización de Catastros</b>	Los Catastros son auditados internamente cada cinco años para eliminar cuentas inactivas y verificar las cuentas nuevas.	Los Catastros son auditados de forma independiente cada tres a cinco años para eliminar cuentas inactivas, verificar nuevas cuentas y llevar a cabo estudios sobre demográficos.	Los Catastros son auditados de forma independiente y anual para eliminar cuentas inactivas, verificar nuevas cuentas y llevar a cabo estudios demográficos.
<b>Dimensionamiento de Medidores</b>	Existen procedimientos, pero son informales, y rara vez se siguen.	Existen procedimientos formales, a veces no se siguen, pero se conocen las causas y se están tomando medidas al respecto.	Existen procedimientos formales, se pone mayor empeño en los grandes usuarios, con los pequeños a veces no se siguen, se conocen las causas y se toman medidas al respecto
<b>Renovación de medidores</b>	No existen procedimientos escritos y formales sobre la frecuencia de reemplazo de medidores. Los medidores sólo son reemplazados si se rompen o dejan de funcionar y se reportan.	Existen procedimientos, pero son informales, y tienen su base en la "imitación" de otras empresas o documentos de orientación general. Determinan la frecuencia de reemplazo de medidores para grandes y pequeños clientes.	Existen procedimientos formales, y específicos sobre la frecuencia de reemplazo de medidores para diferentes demandas, con base en análisis financieros genéricos de costo del medidor y error de medición.
<b>Precisión de los Medidores</b>	Las pruebas de medición se realizan en talleres externos, y de manera limitada, pequeñas muestras de nuevos medidores.	Se está construyendo un taller propio de banco de pruebas de medidores para ampliar la actividad.	Existe un taller propio de medición para las pruebas de los medidores nuevos y reparados, gestión de quejas de los clientes, y la prueba esporádica según la edad.
<b>Conexiones sin medidor</b>	Existe interés en reducir el número de conexiones sin medidor, se ha enfrentado a la presión política para trasladar a los clientes de un sistema de baja tarifa plana, y no avanzó.	Se está reduciendo gradualmente el número de conexiones sin medidor, pero esto (por ahora) sólo ha impactado en un modesto número de clientes.	Se está reduciendo de forma constante el número de conexiones sin medidor, pero todavía hay un número pequeño de conexiones sin medidor
<b>Uso No autorizado</b>	Las conexiones no autorizadas en ocasiones se detectan, en el curso de otras actividades	Hace más de 5 años que no se realizan inspecciones. Los usuarios no autorizados tienen la oportunidad de ser "legitimados".	Existe un programa de detección de conexiones / legitimación en toda la red, al menos cada 5 años
<b>Pérdidas intradomiciliarias</b>	Campañas de concientización Social en la propia Web de la Empresa y en la factura.	Campañas de concientización Social en algunos medios masivos.	Existen campañas en medios masivos Radio / TV / Impresos. Se realizan algunos talleres en espacios públicos.
<b>Políticas de desconexión</b>	Los clientes nunca se desconectan por falta de pago, se consideró una política de este tipo, pero se detuvieron por consideraciones políticas	Los grandes clientes son a menudo desconectados por falta de pago, o se acepta un pago parcial.	Grandes y pequeños clientes son desconectados por falta de pago, pero sólo después de un largo periodo de falta de pago (por ejemplo, > 180 días)

### 9.4.2. Estado de Situación en la Pérdidas Reales

Pérdidas Reales	Escala de puntaje de las prácticas		
	Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
<b>Capacidades de reparación de fugas (Personal, Equipo y Motivación)</b>	La capacidad técnica de reparaciones es limitada. Las reparaciones son paliativas y temporarias, a menudo las fugas vuelven a aparecer.	Existe una buena capacidad técnica para la reparación de la red y las conexiones. Sin embargo, en algunos casos las reparaciones no son permanentes.	Existe una muy buena capacidad técnica y compromiso de reparación de la red, aparecen fugas con poca frecuencia.
<b>Tiempo de reparación de fugas (Red Primaria)</b>	La reparación de Fugas suele tomar más de 2 semanas y no se llevan registros.	El tiempo medio de reparación es de entre 3 y 7 días, se toman registros.	El tiempo medio de reparación es de entre 1,5 y 3 días, se toman registros.
<b>Tiempo de reparación de fugas (Conexiones de servicios)</b>	Las reparaciones de las Fugas suelen tomar muchas semanas para ser reparadas y no se toman registros	El tiempo medio de reparación es de 7 a 14 días. Se toman registros básicos.	El tiempo medio de reparación es entre 3 y 7 días. Se toman registros básicos.
<b>Gestión de Presión</b>	La presión no se gestiona. Las presiones son altas (> 30 m) en muchas áreas de la red.	Existen algunos sectores con un manejo básico de presión, pero todavía existen algunas zonas con presión alta (> 30m).	Los sectores de la red cuentan con un manejo avanzado o básico de gestión de presión según sea necesario, se aseguran presiones razonables en todas las áreas de la red
<b>Programa de control activo de fugas</b>	Existe equipamiento básico para la detección de fugas, pero no se utilizan - sólo se reparan las fugas reportadas o visibles	Se realizan regulares rastrillajes de fugas, en algunas áreas activas, pero no se ha determinado la frecuencia óptima de detección activa de fugas. Se mantienen algunos registros, pero en realidad no son utilizados.	Se realizan constantes rastrillajes de fugas, basados en procedimientos de otras empresas o manuales técnicos. Se mantienen registros sobre las fugas detectadas, y el volumen estimado.
<b>Sectorización. SHM (Sector Hidráulico Medido)</b>	Menos del 25% de la Red de distribución se encuentra sectorizada y con el aislamiento verificado.	Más del 50% de la Red de distribución se encuentra sectorizada y con el aislamiento verificado.	Más del 75% de la Red de distribución se encuentra sectorizada y con el aislamiento verificado.
<b>Gestión de Activos</b>	Durante el año pasado se han reparado o reemplazado menos del 0,5% de la red de abastecimiento de agua, y sólo en zonas propensas a roturas.	Durante el año pasado se han reparado o reemplazado entre 1% y 3 % de la red de abastecimiento de agua, basado en zonas propensas a roturas	Se desarrolló un enfoque de gestión de activos, con horarios planificados de reparaciones y reemplazos, basados en el material de la tubería, edad, y consideraciones económicas del costo y el beneficio

### 9.4.3. Estado de Situación en los Sistemas de Información

Sistemas de información	Escala de puntaje de las prácticas		
	Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
<b>Plan de sistemas de información</b>	No existe un Plan para el desarrollo de Sistemas de información, pero se reconoce la necesidad de una implementación debido a que los sistemas actuales son de una eficacia limitada	Existe un especialista que intenta: Asegurar la actualización de la Información, Validar con regularidad los Sistemas de Información Individuales, que los sistemas sean compatibles para la integración.	Existe una planificación en los sistemas de información que se está ejecutando actualmente. El plan asegura que la información se mantenga actualizada, que los sistemas de información individuales sean validados con regularidad, se han programado mejoras, y los sistemas son compatibles para la integración.
<b>Sistemas de Información generales de ANC (indicadores clave y tendencias)</b>	Sistema con las estimaciones anuales de las conexiones de agua, la producción de agua, el consumo facturado autorizado y agua no facturada	Sistema informático simple con estimaciones trimestrales de las conexiones de agua, la producción de agua, consumo facturado autorizado, agua no facturada, y los indicadores clave de la IWA	Existe una base de datos completa sobre estos parámetros con la compatibilidad GIS. Se encuentra actualizando continuamente la base de datos
<b>Fuentes de Agua / Sistema de Información del suministro</b>	Sistema con estimación de cantidades de producción de agua estimadas para cada planta de producción por trimestre	Sistema informático simple con cantidades medidas de producción de agua para cada planta de producción, información de medición de las importaciones y exportaciones por mes, calibración del medidor al menos cada 5 años	Sistema informático con cantidades medidas de producción de agua para cada planta de producción, información de medición de las importaciones y exportaciones por día, calibración del medidor al menos cada año, con la exportación de datos para modelado
<b>Sistema de Información al Cliente y Facturación</b>	Sistema simple, con irregulares de lectura trimestrales / facturaciones, y una mayor fiabilidad debido al simple proceso de verificación	Base de datos computarizada simple con la información del cliente y la historia mensual o trimestral de consumo con la verificación de datos simple y la capacidad de exportación de datos	Base de datos informatizada con la información del cliente, coordenadas geográficas, fechas de lectura de medidores, historial de consumo y análisis de tendencias, el equipo de medición utilizado, etc. vincula directamente a un sistema GIS
<b>Mapas de Distribución de Agua y de red - Data Systems (GIS u otro)</b>	Hay algunos mapas de las partes del sistema de distribución, pero no están organizados	Los mapas son recientes en CAD, pero no son en forma de GIS. Los mapas incluyen tuberías, válvulas, conexiones, PRV, válvulas de aire, etc. No se actualizan continuamente.	Existen mapas GIS actualizados. Los mapas incluyen tuberías, válvulas, conexiones de servicio, PRV, válvulas de aire, etc. Los mapas se actualizan cuando se realizan nuevas conexiones, o expansiones / renovaciones.
<b>Sistema de Gestión de Mantenimiento</b>	Hay algunos registros de mantenimiento correctivos = reparaciones y reemplazos (única red), pero los datos no están completos o bien organizados	Existe una base de datos informatizada con poca información, pocos años, de mantenimiento de la red de rutina (envejecimiento, etc.), las reparaciones y reemplazos (conexiones de red y de servicios)	Base de datos informatizada con registros detallados durante muchos años, de mantenimiento de la red de rutina (envejecimiento, etc.), reparaciones y reemplazos (red y conexiones de servicio), con información sobre la ubicación geográfica, pueden estar vinculados directamente a un sistema GIS
<b>Información de Integración de Sistemas / Compatibilidad</b>	Hay muy pocos sistemas de información en uso, organizados de diferentes maneras, por lo que la integración es imposible.	Los sistemas de información son desarrollados por diferentes departamentos, están todos concebidos de forma independiente, la integración y la compatibilidad resulta difícil	Todos los sistemas de información y bases de datos utilizan una capa de base GIS común, por lo que se pueden integrar. Las actualizaciones y mejoras están sincronizadas para que la información sea completa y consistente.
<b>Base de datos sobre</b>	Existen algunos registros de información parcial	Existen datos suficientemente completos en CAD	Existe una base de datos completa sobre estos parámetros



Sistemas de información	Escala de puntaje de las prácticas		
	Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
<b>material de las tuberías, la edad y condición, tasa de ruptura</b>	sobre estos parámetros, pero se encuentran desactualizados	pero sin georreferenciar en GIS	con la compatibilidad de GIS. La base de datos se actualiza continuamente
<b>Base de datos de la configuración y el rendimiento SHM</b>	Existen algunos registros de información parcial sobre estos parámetros, pero se encuentran desactualizados	Existen datos suficientemente completos en CAD pero sin georreferenciar en GIS	Existe una base de datos completa sobre estos parámetros con la compatibilidad de GIS. La base de datos se actualiza continuamente
<b>Modelo de la red hidráulica</b>	A pesar de ser conscientes de los beneficios potenciales, no existe un modelo hidráulico y no tiene intención de desarrollar uno	Existe un modelo hidráulico proporcionando un flujo de información de presión para algunas partes de la red	Existe un modelo hidráulico totalmente desarrollado que proporciona información sobre el flujo y la presión. Se actualiza periódicamente.

### 9.4.4. Estado de Situación en la confección de un Balance de Agua

Prácticas del balance de agua	Escala de puntaje de las prácticas		
	Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
<b>Confección de un Balance</b>	Se han hecho intentos para obtener un balance de agua, pero las Pérdidas Reales y Aparentes son desconocidas	Se prepara un Balance Hídrico anual utilizando un formato propio pero confiable.	Se prepara un balance hídrico anual de acuerdo con el formato IWA
<b>Estimación de la entrada de Agua al sistema (medición maestra) incluye las importada y exportada</b>	Se mide más de 50 % de la entrada del sistema de Red. No se sabe la precisión de los medidores.	Toda la entrada del sistema se mide con medidores confiables, pero rara vez son calibrados.	Toda la entrada del sistema se mide con medidores confiables, se calibran cada 2-5 años
<b>Estimación del consumo medido facturado (medición del Usuario)</b>	La única información sobre la precisión real de los medidores de los usuarios se basa únicamente en la lectura de los fabricantes	Esporádicamente se realizan pruebas sobre distintos tipos de medidores existentes para proporcionar una estimación del error con un intervalo de confianza del 60%.	Se realizan pruebas periódicas sobre distintos tipos de medidores existentes para proporcionar una estimación precisa del error con un intervalo de confianza del 70%.
<b>Estimación del consumo no medido facturado</b>	Las investigaciones son incipientes y se basan en información secundaria	Se realizan estimaciones en datos parciales	Se investiga el número y el uso del agua por las conexiones sin medidor.
<b>Estimación del consumo autorizado no facturado</b>	Las investigaciones son incipientes y se basan en información secundaria	Se realizan estimaciones en datos parciales	Se investigan los tipos de consumos no facturados autorizados, tales como el uso del agua por las agencias del gobierno, la lucha contra incendios, la línea de descarga de agua, etc.
<b>Estimación del consumo no autorizado</b>	Las investigaciones son incipientes y se basan en información secundaria	Se realizan estimaciones en datos parciales	Se investigan los de consumo no autorizado, incluyendo las conexiones ilegales, conexiones indocumentadas, medidores manipulados y otros consumos no autorizados.
<b>Estimación de los errores de manejo de datos</b>	Las investigaciones son incipientes y se basan en información secundaria	Se realizan estimaciones en datos parciales	Se investigan los tipos de errores en el uso de datos, debido a los problemas de transferencia de lectura / defectos en los datos del medidor
<b>Registros de fugas para el análisis de componentes</b>	La única manera de saber el número de fugas reparadas es buscar en el libro de quejas de los clientes.	Existen registros detallados de la ubicación, diámetro de la tubería, el material, el tipo de fugas, la fecha de la detección, y la fecha con la duración de la reparación.	Se mantienen registros detallados que indican la ubicación, diámetro de la tubería, material y tipo de fuga, así como la fecha de la detección y la fecha y duración de la reparación, y hemos se vincula al GIS.
<b>Pruebas de flujo por la Noche y el análisis para estimar las fugas</b>	La red no tiene zonificación o los sectores existentes, no están equipados con medidores de flujo o sensores de presión	Los sectores tienen instrumentos, pero los dispositivos no han sido calibrados o no están equipados con registradores de datos. Se realizan estimaciones en datos parciales	Todos los sectores tienen medición de flujo efectiva, se realiza la prueba de flujo por la noche de forma recurrente, pero no hay control de los niveles de presión

## 10. Análisis de dos Empresas Prestadoras de Servicio

En éste capítulo se analizarán dos casos de Gestión del ANC en Empresas Prestadoras de Servicios. Para tal fin, se completará una Matriz que aún se encuentra en desarrollo por el BID (Banco Mundial de Desarrollo), para realizar el trabajo de valoración en la Matriz se ha consultado a Especialistas Técnicos e Información Emitida por las Empresas Prestadoras.

### 10.1 Matriz de Evaluación de Prácticas para la RANC (en desarrollo por el BID)

La presente herramienta, basada en el Benchmarking y en el marco de los Indicadores y Matrices de Rendimientos del IWA, tiene como objetivo documentar las prácticas que se llevan a cabo en una Empresa de Prestadora de Agua para Reducir y Controlar el ANC. Además, la herramienta permite proporcionar una calificación cuantitativa sobre las prácticas en los distintos ámbitos de la Gestión de la Empresa hacia la RANC. Asimismo, si se implementara la herramienta con el tiempo, sería posible reunir y sintetizar la información cuantitativa y cualitativa de las prácticas hacia la RANC.

En términos generales, las Prácticas de Evaluación expuestas en ésta Matriz pueden ser utilizadas por las Empresas de Servicios Públicos, Consultores Técnicos, Reguladores, Auditores, Organismos de Financiación, y otras partes interesadas con el fin de preparar:

- ✓ Una evaluación inicial de las prácticas existentes en la empresa de agua.
- ✓ Un plan de trabajo para introducir prácticas o tecnologías nuevas o mejoradas.
- ✓ Un programa de entrenamiento para introducir prácticas nuevas o mejoradas.
- ✓ Un informe de seguimiento (por ejemplo, repetir cada 6 meses para medir el progreso en la mejora de una práctica particular).
- ✓ Información para ayudar en la toma de decisiones sobre la posible externalización de contratos de rendimiento para mejorar las prácticas o Reducir el ANC.
- ✓ Una comparación de las Prácticas de RANC y de rendimiento.

Las Empresas Prestadoras que se toman para el análisis en éste trabajo son Interagua Ltda. (Ecuador - Guayaquil) y Aguas Santafesinas S.A. (Argentina – Distrito Rosario). A continuación se describen ambas Empresas:

### 10.1.1 Interagua Ltda (IA) – Ecuador, Guayaquil

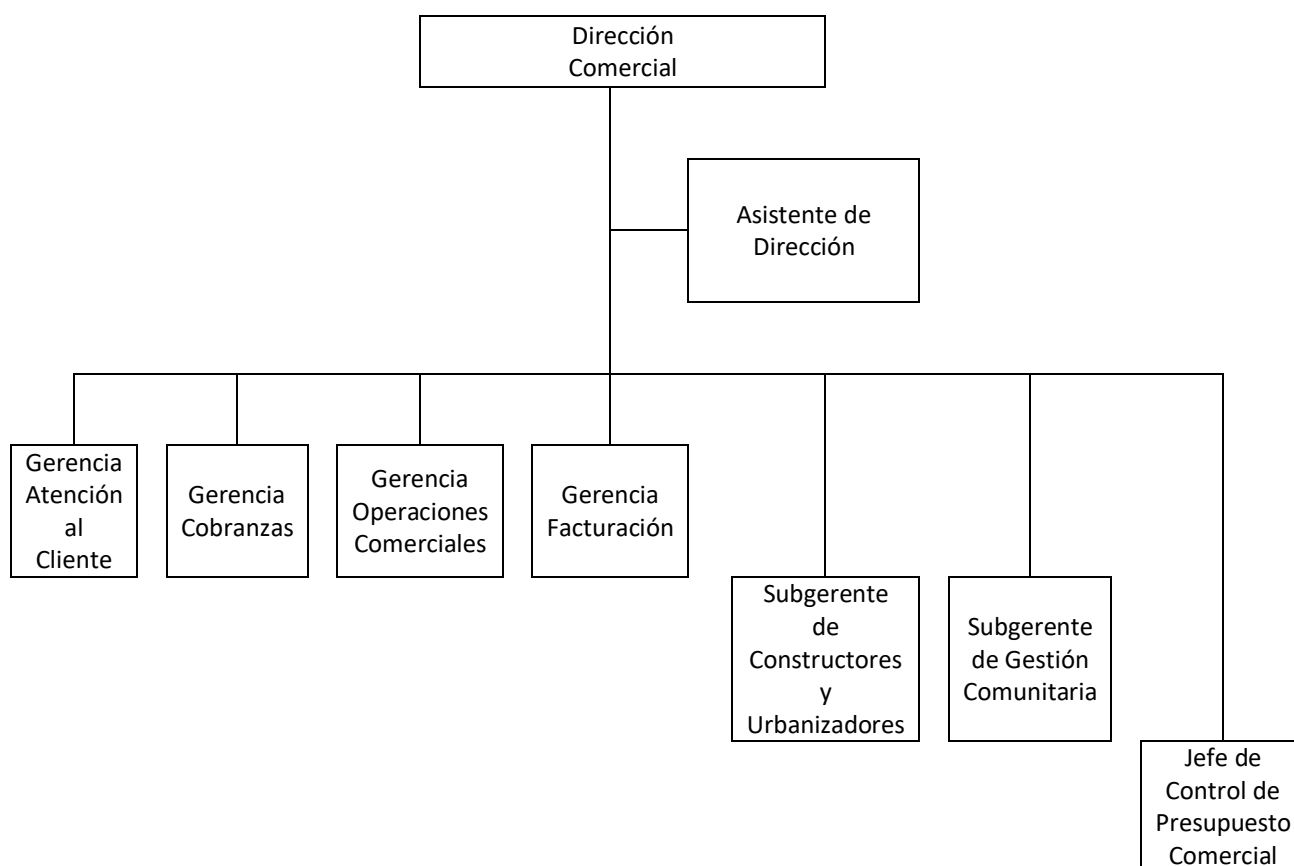
La empresa Interagua C. Ltda. realiza la provisión de Agua Potable a la Ciudad de Guayaquil en el marco del “Contrato de Concesión de los Servicios Públicos de Agua Potable y Saneamiento de la Ciudad de Guayaquil, celebrado entre la Empresa Cantonal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (ECAPAG) e International Water Service (Guayaquil) Interagua C. Ltda. el 3 de abril de 2001.

Se detalla a continuación el esquema organizativo de la empresa para la ejecución y registro de las tareas destinadas a la Reducción de Agua No Contabilizada, con la participación de la Dirección de Operaciones Técnicas y de la Dirección Comercial.

La Dirección de Operaciones Técnicas realiza las intervenciones de renovación y rehabilitación de redes, el control de fugas y mantiene registro de los caudales entrantes y de Presiones en cada uno de los Sectores Hidráulicos. Su organización en el tema específico es la siguiente:



La estructura organizativa de la Dirección Comercial, que realiza tareas de instalación de micromedidores, medición de volúmenes consumidos, estimación de perfil de consumo, facturación, detección de clandestinos, es la siguiente:



Actualmente en la ciudad de Guayaquil habitan unas 2.700.000 personas, de las cuales disponen de Servicio de Agua Potable unas 2.558.000, es decir que la empresa alcanza un 95% de cobertura del servicio.

El número de cuentas con servicio es de 532.960, de los cuales 465.254 disponen de micromedidor instalado y en funcionamiento operativo para su facturación (87%); las 67.706 cuentas restantes son facturadas por “Consumos Históricos”, sin embargo 39.484 cuentas corresponden a baldíos (consumo 0). De ésta manera la micromedición alcanza al 94 % de las cuentas con consumo positivo.

La producción media de Agua Potable es de 1.87.230 m<sup>3</sup> por día, la cual se encuentra totalmente medida y registrada mediante caudalímetros instalados en cada una de las salidas de la Planta.

Al 31 de julio del 2017, la extensión de la red de agua potable alcanzó 6.454,8 km, en la que tiene instalados 174 macromedidores que permiten la sectorización de la red.

La empresa dispone de un Balance de Agua completo para toda la red y de determinaciones particulares para cada uno de los Sectores Hidráulicos de Medición.

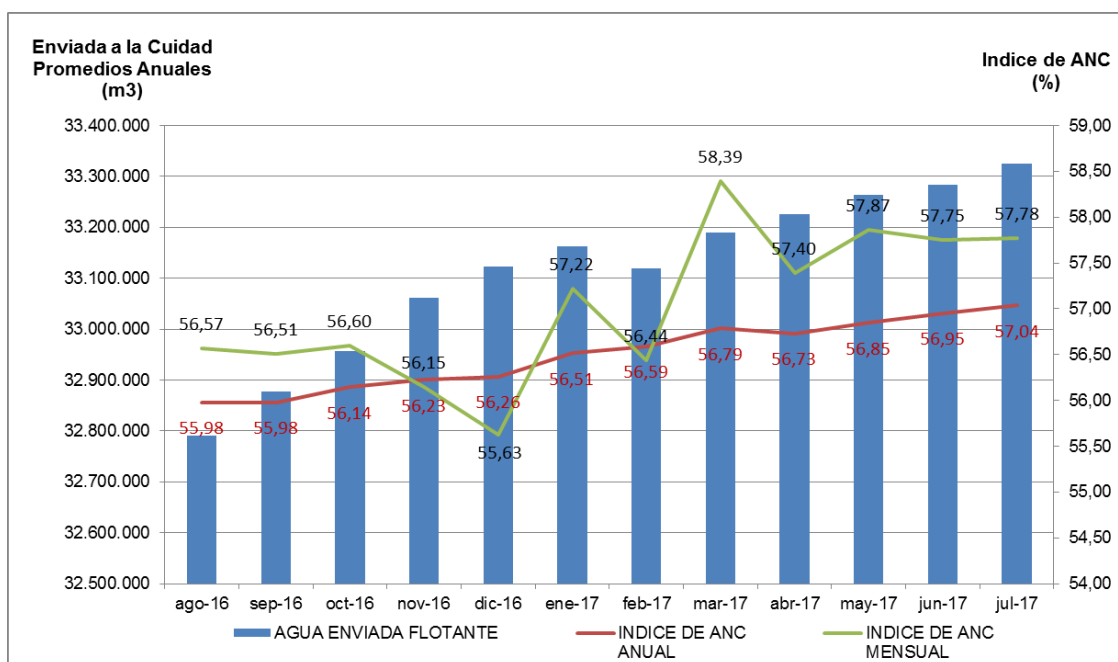
El valor medio anual de ANC, determinado mediante mediciones de caudales entrantes y salientes, alcanza al 57%. Este valor reportado por la empresa es definido como Muy Alto.

La empresa para determinar el ANC realiza tareas que constan de:

- ✓ Estimación de consumo nocturno y/o diurno mensual en los tramos a estudiar.
- ✓ Pruebas de Step Test (prueba de paso nocturna en un SHM).
- ✓ Comparación de caudales. Mediante las pruebas de consumo nocturno y de Step Test se calcula un indicador de pérdidas para el sector (expresado en l/s/km/bar), a partir del cual se definen las prioridades para comenzar con los trabajos (reparación de fugas, taponamiento de redes antiguas, proyectos de regulación de presión, etc.).

En el siguiente Gráfico se muestran los volúmenes de Agua Potable enviada a la ciudad y el Índice de Agua No Contabilizada.

Figura 10.1:



### 10.1.2. Aguas Santafesinas S.A. (ASSA) – Distrito Rosario

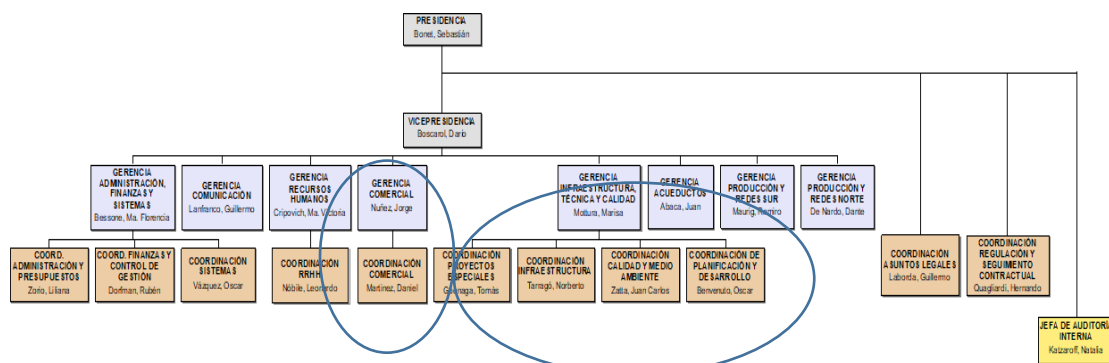
La ciudad de Rosario se encuentra en la Provincia de Santa Fe – República Argentina -, situada sobre la margen derecha del río Paraná, del cual se aprovisiona el agua cruda para su potabilización. El Río Paraná por sus características hidrológicas, caudales disponibles y calidad no configura una limitación del recurso agua.

La empresa Aguas Santafesinas S.A. comienza su gestión como consecuencia de la rescisión del contrato de concesión de la empresa Aguas Provinciales de Santa Fe en el año 2007.

El marco normativo está constituido por el Contrato de Vinculación suscripto por la provincia de Santa Fe y la empresa Aguas Santafesinas, suscripto el 16 de agosto de 2007.

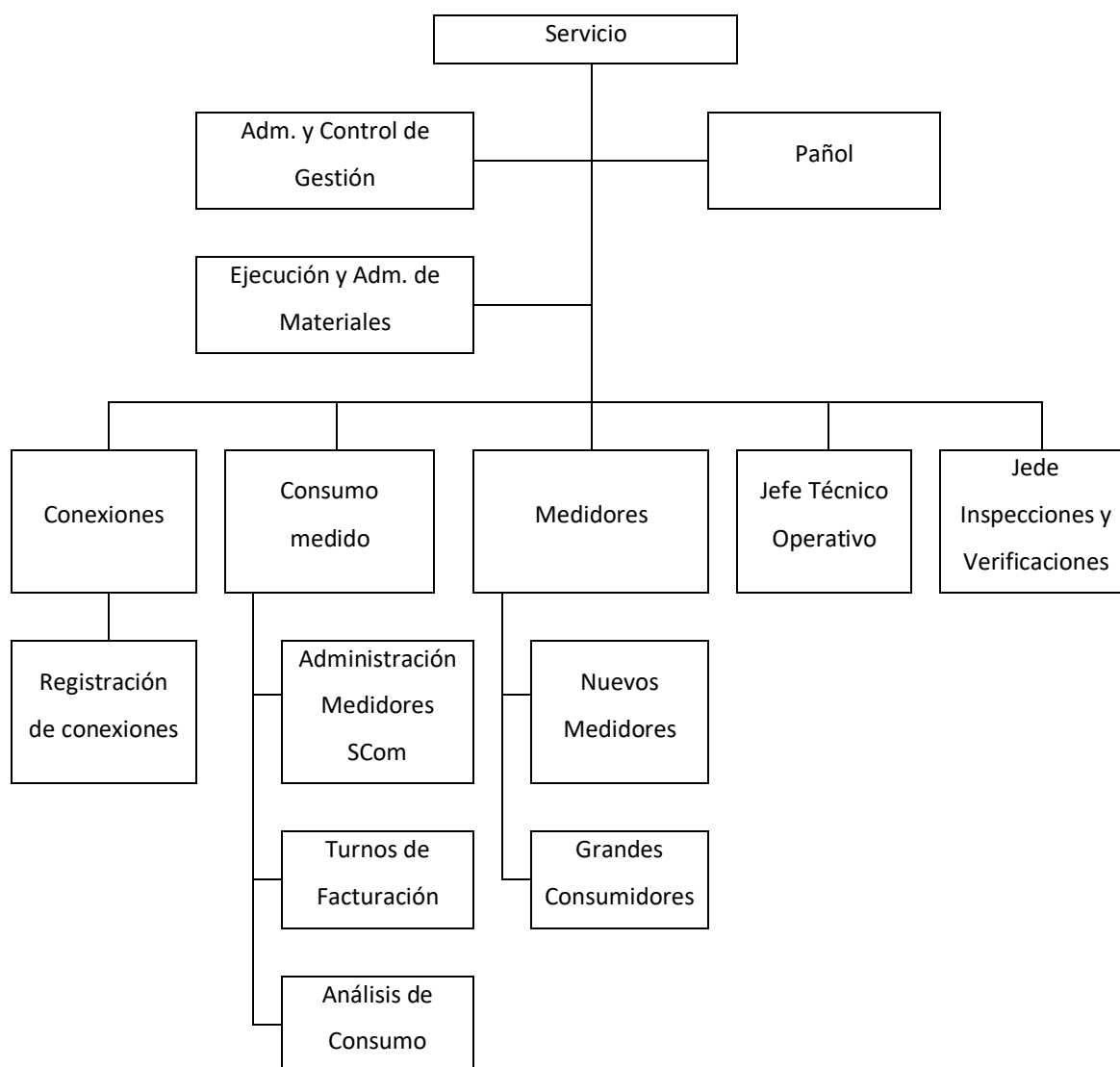
Aguas Santafesinas dispone de un sistema tarifario mixto, es decir que existen usuarios a los que se factura el volumen de agua consumido y una gran mayoría a los que se factura en relación a las dimensiones, localización y características de la vivienda.

Se detalla a continuación el esquema organizativo de la empresa y se señalan las áreas que participan en la gestión del ANC:



Asimismo la empresa presenta un desarrollo territorial desagregado por Distritos, los que constituyen ciudades de la Provincia de Santa Fe.

En nuestro caso, participa en la gestión del Agua No Contabilizada del Distrito de Rosario, la estructura organizativa del Departamento Servicio.



La población de la Ciudad de Rosario es de aproximadamente 1.190.000 personas, de las cuales disponen de Servicio de Agua Potable unas 969.906, es decir que la empresa alcanza un 90% de cobertura del servicio.

El número de predios con servicio es de 237.436, de los cuales 58.543 disponen de micromedidor instalado y en funcionamiento operativo para su facturación (25%).

La producción media de Agua Potable es de 577.583 m<sup>3</sup> por día, la cual se encuentra medida y registrada mediante caudalímetros instalados en cada una de las salidas de las Plantas.

La red de distribución de agua potable no dispone de macromedidores ni es posible su sectorización.



La empresa no dispone de un Balance de Agua completo para toda la red.

La Dotación media resulta de 595 l/hab día

El Consumo medio sería de 357 l/hab día.

El valor medio anual de ANC, no se determina, sólo es estimado en un 40%. Este valor reportado por la empresa es definido como Muy Alto y no dispone de respaldos de mediciones que lo avalen.

## 10.2 Matriz calificada

### 10.2.1 Pérdidas Aparentes

Pérdidas Aparentes	Calificación IA	Calificación ASSA	Escala de puntaje de las prácticas		
			Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
<b>Actualización de Catastros</b>	5	5	Los Catastros son auditados internamente cada cinco años para eliminar cuentas inactivas y verificar las cuentas nuevas.	Los Catastros son auditados de forma independiente cada tres a cinco años para eliminar cuentas inactivas, verificar nuevas cuentas y llevar a cabo estudios sobre demográficos.	Los Catastros son auditados de forma independiente y anual para eliminar cuentas inactivas, verificar nuevas cuentas y llevar a cabo estudios demográficos.
<b>Dimensionamiento de Medidores</b>	3	3	Existen procedimientos, pero son informales, y rara vez se siguen.	Existen procedimientos formales, a veces no se siguen, pero se conocen las causas y se están tomando medidas al respecto.	Existen procedimientos formales, se pone mayor empeño en los grandes usuarios, con los pequeños a veces no se siguen, se conocen las causas y se toman medidas al respecto
<b>Renovación de medidores</b>	3	1	No existen procedimientos escritos y formales sobre la frecuencia de reemplazo de medidores. Los medidores sólo son reemplazados si se rompen o dejan de funcionar y se reportan.	Existen procedimientos, pero son informales, y tienen su base en la "imitación" de otras empresas o documentos de orientación general. Determinan la frecuencia de reemplazo de medidores para grandes y pequeños clientes.	Existen procedimientos formales, y específicos sobre la frecuencia de reemplazo de medidores para diferentes demandas, con base en análisis financieros genéricos de costo del medidor y error de medición.
<b>Precisión de los Medidores</b>	5	1	Las pruebas de medición se realizan en talleres externos, y de manera limitada, pequeñas muestras de nuevos medidores.	Se está construyendo un taller propio de banco de pruebas de medidores para ampliar la actividad.	Existe un taller propio de medición para las pruebas de los medidores nuevos y reparados, gestión de quejas de los clientes, y la prueba esporádica según la edad.
<b>Conexiones sin medidor</b>	5	1	Existe interés en reducir el número de conexiones sin medidor, se ha enfrentado a la presión política para trasladar a los clientes de un sistema de baja tarifa plana, y no avanzó.	Se está reduciendo gradualmente el número de conexiones sin medidor, pero esto (por ahora) sólo ha impactado en un modesto número de clientes.	Se está reduciendo de forma constante el número de conexiones sin medidor, pero todavía hay un número pequeño de conexiones sin medidor
<b>Uso No autorizado</b>	5	3	Las conexiones no autorizadas en ocasiones se detectan, en el curso de otras actividades	Hace más de 5 años que no se realizan inspecciones. Los usuarios no autorizados tienen la oportunidad de ser "legitimados".	Existe un programa de detección de conexiones / legitimación en toda la red, al menos cada 5 años
<b>Pérdidas intradomiciliarias</b>	3	3	Campañas de concientización Social en la propia Web de la Empresa y en la factura.	Campañas de concientización Social en algunos medios masivos.	Existen campañas en medios masivos Radio / TV / Impresos. Se realizan algunos talleres en espacios públicos.

Pérdidas Aparentes	Calificación IA	Calificación ASSA	Escala de puntaje de las prácticas		
			Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
Políticas de desconexión	3	1	Los clientes nunca se desconectan por falta de pago, se consideró una política de este tipo, pero se detuvieron por consideraciones políticas	Los grandes clientes son a menudo desconectados por falta de pago, o se acepta un pago parcial.	Grandes y pequeños clientes son desconectados por falta de pago, pero sólo después de un largo periodo de falta de pago (por ejemplo, > 180 días)
Promedio	4,0	2,3			

\*NOTA: La recuperación de un m<sup>3</sup> de Pérdidas Aparentes representa el valor de venta de ese m<sup>3</sup> (10 a 20 veces más que el valor de producción)

### *Criterios de evaluación sobre las Pérdidas Aparentes:*

#### **Actualización de Catastros**

IA dispone de un catastro de clientes actualizado basado en la Normativa Constitucional que a los clientes se les debe cobrar por el Consumo Real, lo que promueve la instalación universal de micromedición.

ASSA dispone de un catastro actualizado de clientes.

#### **Dimensionamiento de Medidores**

Interagua está desarrollando la implementación de un estudio realizado sobre Perfiles de Consumo.

ASSA dispone de un procedimiento general de dimensionamiento de medidores.

#### **Renovación de medidores**

Como producto de los estudios de perfiles de consumo, Interagua actualiza la renovación de Medidores en función de optimizar la eficiencia de medición.

ASSA no dispone de un plan de Renovación de micromedidores.

#### **Precisión de los Medidores**

Interagua dispone de un banco de pruebas de micromedidores.

ASSA no dispone de un banco de pruebas.

#### **Conexiones sin medidor**

En Interagua existe por la Normativa Constitucional un Plan Actualizado de Instalación de Micromedidores.

ASSA no dispone de un Plan de Instalación de Micromedición, por razones políticas y sociales imperantes en Argentina.

#### **Uso No autorizado**

Interagua es una Concesión de los Servicios a una Empresa Privada. Por lo tanto tiene como propósito maximizar la facturación.

ASSA no dispone de un plan de búsqueda de consumos no autorizados, por razones políticas y sociales imperantes en Argentina.

#### **Pérdidas intradomiciliarias**

Tanto Interagua como ASSA realizan campañas de concientización.

#### **Políticas de desconexión**

Interagua es una Concesión de los servicios a una Empresa Privada. Por lo tanto posee políticas duras de desconexión por falta de pago.

ASSA no dispone de políticas de desconexión, por razones políticas y sociales imperantes en Argentina

### 10.2.2 Pérdidas Reales.

Pérdidas Reales	Calificación IA	Calificación ASSA	Escala de puntaje de las prácticas		
			Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
Capacidades de reparación de fugas (Personal, Equipo y Motivación)	3	3	La capacidad técnica de reparaciones es limitada. Las reparaciones son paliativas y temporarias, a menudo las fugas vuelven a aparecer.	Existe una buena capacidad técnica para la reparación de la red y las conexiones. Sin embargo, en algunos casos las reparaciones no son permanentes.	Existe una muy buena capacidad técnica y compromiso de reparación de la red, aparecen fugas con poca frecuencia.
Tiempo de reparación de fugas (Red Primaria)	3	3	La reparación de Fugas suele tomar más de 2 semanas y no se llevan registros.	El tiempo medio de reparación es de entre 3 y 7 días, se toman registros.	El tiempo medio de reparación es de entre 1,5 y 3 días, se toman registros.
Tiempo de reparación de fugas (Conexiones de servicios)	3	3	Las reparaciones de las Fugas suelen tomar muchas semanas para ser reparadas y no se toman registros	El tiempo medio de reparación es de 7 a 14 días. Se toman registros básicos.	El tiempo medio de reparación es entre 3 y 7 días. Se toman registros básicos.
Gestión de Presión	3	3	La presión no se gestiona. Las presiones son altas (> 30 m) en muchas áreas de la red.	Existen algunos sectores con un manejo básico de presión, pero todavía existen algunas zonas con presión alta (> 30m).	Los sectores de la red cuentan con un manejo avanzado o básico de gestión de presión según sea necesario, se aseguran presiones razonables en todas las áreas de la red
Programa de control activo de fugas	3	1	Existe equipamiento básico para la detección de fugas, pero no se utilizan - sólo se reparan las fugas reportadas o visibles	Se realizan regulares rastrillajes de fugas, en algunas áreas activas, pero no se ha determinado la frecuencia óptima de detección activa de fugas. Se mantienen algunos registros, pero en realidad no son utilizados.	Se realizan constantes rastrillajes de fugas, basados en procedimientos de otras empresas o manuales técnicos. Se mantienen registros sobre las fugas detectadas, y el volumen estimado.
Sectorización. SHM (Sector Hidráulico Medido)	3	1	Menos del 25% de la Red de distribución se encuentra sectorizada y con el aislamiento verificado.	Más del 50% de la Red de distribución se encuentra sectorizada y con el aislamiento verificado.	Más del 75% de la Red de distribución se encuentra sectorizada y con el aislamiento verificado.
Gestión de Activos	3	3	Durante el año pasado se han reparado o reemplazado menos del 0,5% de la red de abastecimiento de agua, y sólo en zonas propensas a roturas.	Durante el año pasado se han reparado o reemplazado entre 1% y 3 % de la red de abastecimiento de agua, basado en zonas propensas a roturas	Se desarrolló un enfoque de gestión de activos, con horarios planificados de reparaciones y reemplazos, basados en el material de la tubería, edad, y consideraciones económicas del costo y el beneficio
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,0</b>	<b>2,4</b>			

\*NOTA: La recuperación de un m<sup>3</sup> de Pérdidas Reales representa el valor de producción y transporte de ese m<sup>3</sup> (mucho más bajo que el valor de venta)

### *Crterios de evaluaci3n sobre las P3rdidas Reales:*

#### **Capacidades de reparaci3n de fugas (Personal, Equipo y Motivaci3n)**

Tanto Interagua como ASSA disponen de cuadrillas propias y Empresas Contratistas para la reparaci3n de fugas.

#### **Tiempo de reparaci3n de fugas (Red Primaria)**

Tanto Interagua como ASSA disponen de contratos con premios y castigos para el cumplimiento de tiempos de reparaci3n.

#### **Tiempo de reparaci3n de fugas (Conexiones de servicios)**

Tanto Interagua como ASSA disponen de contratos con premios y castigos para el cumplimiento de tiempos de reparaci3n.

#### **Gesti3n de Presi3n**

Interagua necesita de un plan de gesti3n de presiones ya que son usuales, debido a las condiciones topogr3ficas de Guayaquil, los dep3sitos en altura y las v3lvulas reguladoras de presi3n .

ASSA no posee Gesti3n de Presi3n, pero tampoco necesita debido a las condiciones topogr3ficas.

#### **Programa de Control Activo de Fugas**

Interagua en la actualidad tiene un alto nivel de p3rdidas totales (superior al 50%) en consecuencia se encuentra en desarrollo un programa de Control Activo de Fugas con el prop3sito de disminuir las p3rdidas reales.

ASSA no posee ning3n programa de Control Activo de Fugas.

#### **Sectorizaci3n. SHM (Sector Hidr3ulico Medido)**

Interagua en la actualidad tiene un alto nivel de p3rdidas totales (superior al 50%), en consecuencia, uno de los instrumentos con el prop3sito de disminuir las p3rdidas reales es la Sectorizaci3n de las Redes en distritos de SHM.

ASSA no tiene sectorizada la Red.

#### **Gesti3n de Activos**

Interagua en la actualidad tiene un alto nivel de p3rdidas totales (superior al 50%), en consecuencia surgen las necesidades de disminuir las P3rdidas Reales desarrollando un programa de Renovaci3n y Rehabilitaci3n de Redes.

ASSA realiza Renovaciones y rehabilitaciones ante reclamos (como Acci3n Correctiva).

### 10.2.3 Sistemas de Información

Sistemas de información	Calificación IA	Calificación ASSA	Escala de puntaje de las prácticas		
			Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
Plan de sistemas de información	3	1	No existe un Plan para el desarrollo de Sistemas de información, pero se reconoce la necesidad de una implementación debido a que los sistemas actuales son de una eficacia limitada	Existe un especialista que intenta: Asegurar la actualización de la Información, Validar con regularidad los Sistemas de Información Individuales, que los sistemas sean compatibles para la integración.	Existe una planificación en los sistemas de información que se está ejecutando actualmente. El plan asegura que la información se mantenga actualizada, que los sistemas de información individuales sean validados con regularidad, se han programado mejoras, y los sistemas son compatibles para la integración.
Sistemas de Información generales de ANC (indicadores clave y tendencias)	3	1	Sistema con las estimaciones anuales de las conexiones de agua, la producción de agua, el consumo facturado autorizado y agua no facturada	Sistema informático simple con estimaciones trimestrales de las conexiones de agua, la producción de agua, consumo facturado autorizado, agua no facturada, y los indicadores clave de la IWA	Existe una base de datos completa sobre estos parámetros con la compatibilidad GIS. Se encuentra actualizando continuamente la base de datos
Fuentes de Agua / Sistema de Información del suministro	3	3	Sistema con estimación de cantidades de producción de agua estimadas para cada planta de producción por trimestre	Sistema informático simple con cantidades medidas de producción de agua para cada planta de producción, información de medición de las importaciones y exportaciones por mes, calibración del medidor al menos cada 5 años	Sistema informático con cantidades medidas de producción de agua para cada planta de producción, información de medición de las importaciones y exportaciones por día, calibración del medidor al menos cada año, con la exportación de datos para modelado
Sistema de Información al Cliente y Facturación	5	3	Sistema simple, con irregulares de lectura trimestrales / facturaciones, y una mayor fiabilidad debido al simple proceso de verificación	Base de datos computarizada simple con la información del cliente y la historia mensual o trimestral de consumo con la verificación de datos simple y la capacidad de exportación de datos	Base de datos informatizada con la información del cliente, coordenadas geográficas, fechas de lectura de medidores, historial de consumo y análisis de tendencias, el equipo de medición utilizado, etc. vincula directamente a un sistema GIS
Mapas de Distribución de Agua y de red - Data Systems (GIS u otro)	3	3	Hay algunos mapas de las partes del sistema de distribución, pero no están organizados	Los mapas son recientes en CAD, pero no son en forma de GIS. Los mapas incluyen tuberías, válvulas, conexiones, PRV, válvulas de aire, etc. No se actualizan continuamente.	Existen mapas GIS actualizados. Los mapas incluyen tuberías, válvulas, conexiones de servicio, PRV, válvulas de aire, etc. Los mapas se actualizan cuando se realizan nuevas conexiones, o expansiones / renovaciones.
Sistema de Gestión de Mantenimiento	3	3	Hay algunos registros de mantenimiento correctivos = reparaciones y reemplazos (única red), pero los datos no están completos o bien organizados	Existe una base de datos informatizada con poca información, pocos años, de mantenimiento de la red de rutina (envejecimiento, etc.), las reparaciones y reemplazos (conexiones de red y de servicios)	Base de datos informatizada con registros detallados durante muchos años, de mantenimiento de la red de rutina (envejecimiento, etc.), reparaciones y reemplazos (red y conexiones de servicio), con información sobre la ubicación geográfica, pueden estar vinculados directamente a un sistema GIS
Información de Integración de Sistemas / Compatibilidad	3	3	Hay muy pocos sistemas de información en uso, organizados de diferentes maneras, por lo que la integración es imposible.	Los sistemas de información son desarrollados por diferentes departamentos, están todos concebidos de forma independiente, la integración y la	Todos los sistemas de información y bases de datos utilizan una capa de base GIS común, por lo que se pueden integrar. Las actualizaciones y mejoras están sincronizadas para que la información sea completa y

Sistemas de información	Calificación IA	Calificación ASSA	Escala de puntaje de las prácticas		
			Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
				compatibilidad resulta difícil	consistente.
<b>Base de datos sobre material de las tuberías, la edad y condición, tasa de ruptura</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	Existen algunos registros de información parcial sobre estos parámetros, pero se encuentran desactualizados	Existen datos suficientemente completos en CAD pero sin georreferenciar en GIS	Existe una base de datos completa sobre estos parámetros con la compatibilidad de GIS. La base de datos se actualiza continuamente
<b>Base de datos de la configuración y el rendimiento SHM</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	Existen algunos registros de información parcial sobre estos parámetros, pero se encuentran desactualizados	Existen datos suficientemente completos en CAD pero sin georreferenciar en GIS	Existe una base de datos completa sobre estos parámetros con la compatibilidad de GIS. La base de datos se actualiza continuamente
<b>Modelo de la red hidráulica</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	A pesar de ser conscientes de los beneficios potenciales, no existe un modelo hidráulico y no tiene intención de desarrollar uno	Existe un modelo hidráulico proporcionando un flujo de información de presión para algunas partes de la red	Existe un modelo hidráulico totalmente desarrollado que proporciona información sobre el flujo y la presión. Se actualiza periódicamente.
<b>Promedio</b>	<b>3,2</b>	<b>2,4</b>			



### *Criterios de evaluación sobre los Sistemas de Información:*

#### **Plan de sistemas de información**

En Interagua la dirección operativa técnica tiene como premisa principal el desarrollo e implementación de un plan General de Sistemas de Información, para ello se encuentra en pleno desarrollo de la implementación del sistema Open SMARTFLEX.

ASSA no posee un plan.

#### **Sistemas de Información generales de ANC (indicadores clave y tendencias)**

En Interagua, el sistema SMARTFLEX posee una aplicación particular para la gestión del ANC, permite llevar registros actualizados de la totalidad de las intervenciones que se realizan, y tiene la disponibilidad de generar reportes específicos para las diferentes clases de requerimientos.

ASSA no posee.

#### **Fuentes de Agua / Sistema de Información del suministro**

En Interagua y en ASSA, la producción de agua (caudales y presiones) se reportan al Centro de Operaciones mediante un sistema SCADA.

#### **Sistema de Información al Cliente y Facturación**

Interagua posee un Sistema de Facturación desarrollado que le permite generar la Factura del cliente y realizar su entrega in situ en la oportunidad de la medición mensual de consumo del cliente.

ASSA posee un Sistema Computarizado que le permite disponer de los reportes necesarios para la Gestión comercial (cliente/facturación).

#### **Mapas de Distribución de Agua y de red - Data Systems (GIS u otro)**

Interagua dispone de una red sectorizada que le permite realizar reportes de caudales entrantes, salientes y consumidos y de presiones por cada uno de los SHM.

ASSA dispone en CAD de la Red completa de Rosario.

#### **Sistema de Gestión de Mantenimiento**

Interagua dispone de una red sectorizada que junto al Sistema AXIS permite disponer de datos de la gestión de mantenimiento.

ASSA dispone de Información en CAD y el sistema NSR para la gestión de datos de mantenimiento.

#### **Información de Integración de Sistemas / Compatibilidad**

A la fecha Interagua y ASSA se encuentran intentando integrar los Sistemas Informáticos, asegurando la compatibilidad de los datos y reportes.

#### **Base de datos sobre material de las tuberías, la edad y condición, tasa de ruptura**

Interagua y ASSA disponen en base CAD la totalidad del catastro de las tuberías instaladas (con información del diámetro, material, traza, válvulas, etc).

### **Base de datos de la configuración y el rendimiento SHM**

Interagua dispone en base CAD la totalidad del catastro de las tuberías instaladas (con información del diámetro, material, traza, válvulas, etc) a nivel de SHM, incluyendo caudales y presiones.

ASSA no dispone de información a nivel de SHM.

### **Modelo de la red hidráulica**

Interagua dispone del modelo Watercad que permite la simulación de comportamiento de la Red de Agua (caudales y presiones).

ASSA dispone del modelo EPANET que permite la simulación de comportamiento de la red de agua (caudales y presiones).

### 10.2.4 Balance de Agua

Prácticas del balance de agua	Calificación IA	Calificación ASSA	Escala de puntaje de las prácticas		
			Pobre (1)	Adecuado (3)	Bueno (5)
<b>Confección de un Balance</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	Se han hecho intentos para obtener un balance de agua, pero las Pérdidas Reales y Aparentes son desconocidas	Se prepara un Balance Hídrico anual utilizando un formato propio pero confiable.	Se prepara un balance hídrico anual de acuerdo con el formato IWA
<b>Estimación de la entrada de Agua al sistema (medición maestra) incluye la importada y exportada</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	Se mide más de 50 % de la entrada del sistema de Red. No se sabe la precisión de los medidores.	Toda la entrada del sistema se mide con medidores confiables, pero rara vez son calibrados.	Toda la entrada del sistema se mide con medidores confiables, se calibran cada 2-5 años
<b>Estimación del consumo medido facturado (medición del Usuario)</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	La única información sobre la precisión real de los medidores de los usuarios se basa únicamente en la lectura de los fabricantes	Esporádicamente se realizan pruebas sobre distintos tipos de medidores existentes para proporcionar una estimación del error con un intervalo de confianza del 60%.	Se realizan pruebas periódicas sobre distintos tipos de medidores existentes para proporcionar una estimación precisa del error con un intervalo de confianza del 70%.
<b>Estimación del consumo no medido facturado</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	Las investigaciones son incipientes y se basan en información secundaria	Se realizan estimaciones en datos parciales	Se investiga el número y el uso del agua por las conexiones sin medidor.
<b>Estimación del consumo autorizado no facturado</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	Las investigaciones son incipientes y se basan en información secundaria	Se realizan estimaciones en datos parciales	Se investigan los tipos de consumos no facturados autorizados, tales como el uso del agua por las agencias del gobierno, la lucha contra incendios, la línea de descarga de agua, etc.
<b>Estimación del consumo no autorizado</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	Las investigaciones son incipientes y se basan en información secundaria	Se realizan estimaciones en datos parciales	Se investigan los de consumo no autorizado, incluyendo las conexiones ilegales, conexiones indocumentadas, medidores manipulados y otros consumos no autorizados.
<b>Estimación de los errores de manejo de datos</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	Las investigaciones son incipientes y se basan en información secundaria	Se realizan estimaciones en datos parciales	Se investigan los tipos de errores en el uso de datos, debido a los problemas de transferencia de lectura / defectos en los datos del medidor
<b>Registros de fugas para el análisis de componentes</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	La única manera de saber el número de fugas reparadas es buscar en el libro de quejas de los clientes.	Existen registros detallados de la ubicación, diámetro de la tubería, el material, el tipo de fugas, la fecha de la detección, y la fecha con la duración de la reparación.	Se mantienen registros detallados que indican la ubicación, diámetro de la tubería, material y tipo de fuga, así como la fecha de la detección y la fecha y duración de la reparación, y hemos se vincula al GIS.
<b>Pruebas de flujo por la Noche y el análisis para estimar las fugas</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	La red no tiene zonificación o los sectores existentes, no están equipados con medidores de flujo o sensores de presión	Los sectores tienen instrumentos, pero los dispositivos no han sido calibrados o no están equipados con registradores de datos. Se realizan estimaciones en datos parciales	Todos los sectores tienen medición de flujo efectiva, se realiza la prueba de flujo por la noche de forma recurrente, pero no hay control de los niveles de presión
<b>Promedio</b>	<b>3,4</b>	<b>1,4</b>			

### *Criterios de evaluación sobre el Balance de Agua:*

#### **Confección de un Balance**

Interagua confecciona un Balance Propio.

ASSA no dispone de un balance de agua sustentado en datos medidos de consumo.

#### **Estimación de la entrada de Agua al sistema (medición maestra) incluye la importada y exportada**

Interagua cuenta, en la Ciudad de Guayaquil, con 3 Plantas Potabilizadoras en las que son medidos los caudales de Entrada y de Salida mediante macromedidores.

ASSA cuenta, en la ciudad de Rosario, con una Planta Potabilizadora para la cual se realiza una estimación de la producción en base a registros de caudalímetros e información secundaria (energía consumida).

#### **Estimación del consumo medido facturado (medición del Usuario)**

Por la normativa constitucional, en Interagua la mayoría de los clientes tiene micromedición y son facturados los consumos en forma mensual.

ASSA No dispone de un parque de micromedidores extenso, por lo tanto no puede hacerlo.

#### **Estimación del consumo no medido facturado / consumo autorizado no facturado / consumo no autorizado**

En Interagua poseen pocos clientes con estimaciones de consumo, algunos de ellos es porque en el periodo falló el micromedidor.

ASSA no dispone de una política de estimación de consumo no medido facturado

#### **Estimación de los errores de manejo de datos**

Interagua dispone de un incipiente plan de estimación de errores en el manejo de datos, por ejemplo actualmente se desarrolló el Estudio de Perfiles de Consumo con el propósito de disminuir Errores de Medición.

ASSA maneja pocos datos de micromedición, por lo tanto la estimación de errores es incipiente.

#### **Registros de fugas para el análisis de componentes**

Interagua dispone en sistema AXIS la gestión de los reclamos y reparaciones de fugas completa.

ASSA dispone en sistema NSR (Nuevo Sistema de Reclamos) la gestión de los reclamos y reparaciones de fugas completa.

#### **Pruebas de flujo por la Noche y el análisis para estimar las fugas**

Interagua como parte del Programa de Disminución de ANC realiza estudios de pruebas de consumo nocturno.

ASSA no lo hace.

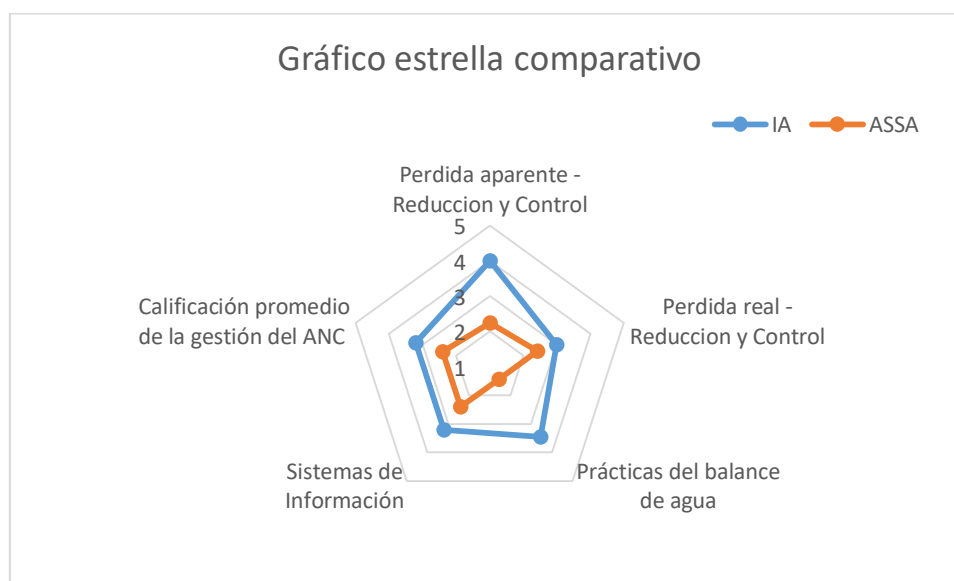
### 10.3 Calificación General

En base a los resultados obtenidos del análisis de gestión de la RANC entre ambas Empresas se presentan resultados globales, los cuales permiten caracterizar en forma comparativa las actividades que actualmente se encuentran realizando, no solo en forma cualitativa, sino con una cuantificación estimativa de la gestión.

**Tabla 10.1: Resultantes del análisis de valuación realizado**

	Interagua	ASSA
<b>Pérdida aparente - Reducción y Control</b>	<b>4,0</b>	<b>2,3</b>
<b>Pérdida real - Reducción y Control</b>	<b>3,0</b>	<b>2,4</b>
<b>Sistemas de Información</b>	<b>3,2</b>	<b>2,4</b>
<b>Prácticas del balance de agua</b>	<b>3,4</b>	<b>1,4</b>
<b>Calificación Promedio de la gestión del ANC</b>	<b>3,2</b>	<b>2,4</b>

**Figura 10.2: Gráfico de Estrella de las resultantes del análisis de valuación realizado**



De los resultados obtenidos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. La mayor diferencia entre las evaluaciones se encuentra en la Reducción y Control de las Pérdidas Aparentes, esto tiene su explicación por cuanto la Empresa concesionaria Interagua ha realizado grandes esfuerzos tendientes a aumentar su facturación universalizando el cobro por micromedición y disminuyendo las Pérdidas Aparentes y o Comerciales. Esto conlleva a que Interagua, por su condición de régimen tarifario, obtuvo una importante relación costo/beneficio.
2. En los términos de Control de Pérdidas Reales, la diferencia es menor, ya que los recursos necesarios para su disminución son importantes y la relación costo/beneficio

para ambas Empresas es menor que en el caso de la disminución de las Pérdidas Aparentes.

3. Interagua en función de los puntos 1 y 2 ha tenido una necesidad mayor de cuantificar en forma detallada el Balance de Agua, ya que resulta de fuerte interés comercial conocer cada una de sus componentes.
4. Ambas Empresas han desarrollado Sistemas de información con características similares, la mayor diferencia radica en que Interagua le ha dado mayor importancia a los sistemas de macromedición y sectorización, por cuanto esta información resulta valiosa para la RANC.

## 11. Conclusiones/reflexiones finales

Como se ha referenciado, el ANC constituye un problema que refiere a la mejora en la eficiencia de las Empresas Prestadoras de Servicio de Agua Potable, la sustentabilidad ambiental, y el crecimiento de la cobertura de abastecimiento (universalización del servicio – aspecto social y sanitario objetivo principal de éste tipo de Empresas).

En general, es aceptable un nivel de ANC entre el 15 a 25 por ciento. Un nivel de pérdidas más grandes requeriría una atención especial y acciones correctivas. Sin embargo, avances en la tecnología y una gestión integrada para la RANC podrían hacer posible una disminución por debajo del 15 por ciento. Mientras que los porcentajes son buenos como guías de manejo, una medida más significativa es el volumen del agua perdida. Una vez que el volumen es conocido, los gastos de las pérdidas pueden ser determinados y la rentabilidad de la implementación de acciones correctivas puede ser entonces determinada.

El ANC en general ha sido desagregado en Pérdidas Aparentes (Comerciales) y Pérdidas Físicas (Reales).

Entre los aspectos vinculados a las Pérdidas Aparentes se han definido los siguientes temas de análisis:

- ✓ Actualización de Catastros
- ✓ Dimensionamiento de Medidores
- ✓ Renovación de medidores
- ✓ Precisión de los Medidores
- ✓ Conexiones sin medidor
- ✓ Uso No autorizado
- ✓ Perdidas intradomiciliarias
- ✓ Políticas de desconexión

Entre los aspectos vinculados a las Pérdidas Físicas se han definido los siguientes temas de análisis:

- ✓ Capacidades de reparación de fugas (Personal, Equipo y Motivación)
- ✓ Tiempo de reparación de fugas (Red Primaria)
- ✓ Tiempo de reparación de fugas (Conexiones de servicios)
- ✓ Gestión de Presión
- ✓ Programa de control activo de fugas

- ✓ Sectorización. (SHM)
- ✓ Gestión de Activos

Los aspectos vinculados a la RANC comprenden también los sistemas de gestión que emplean las Empresas para su identificación, control, e intervenciones tales como:

- ✓ Sistemas de Información
- ✓ Métodos de realización de Balances de Agua
- ✓ Benchmarking
- ✓ Régimen tarifario
- ✓ Organización de la Empresa para enfrentar las problemáticas

Asimismo, es importante destacar en términos económicos que:

- ✓ La recuperación de un m<sup>3</sup> de PA representa el valor de venta de ese m<sup>3</sup> (10 a 20 veces más que el valor de producción).
- ✓ La recuperación de un m<sup>3</sup> de PR representa el valor de producción y transporte de ese m<sup>3</sup> (mucho más bajo que el valor de venta).

Como puede apreciarse, éste resulta un sistema muy amplio y complejo en el que se han manejado y analizado una gran cantidad de datos.

En éste trabajo se han identificado y cuantificado mediante una matriz de calificación las performances de dos Empresas Prestadores de servicio de Agua Potable en América Latina: Interagua (en Guayaquil - Ecuador) y ASSA en (Rosario – Argentina). Los datos para el análisis fueron obtenidos de los respectivos Informes Anuales de ambas Empresas.

**Tabla:** Resumen de los resultados obtenidos

	Interagua	ASSA
<b>Pérdida aparente - Reducción y Control</b>	<b>4,0</b>	<b>2,3</b>
<b>Pérdida real - Reducción y Control</b>	<b>3,0</b>	<b>2,4</b>
<b>Sistemas de Información</b>	<b>3,2</b>	<b>2,4</b>
<b>Prácticas del balance de agua</b>	<b>3,4</b>	<b>1,4</b>
<b>Calificación Promedio de la gestión del ANC</b>	<b>3,2</b>	<b>2,4</b>

De los resultados obtenidos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- ✓ El ANC para la ciudad de Guayaquil, Empresa Interagua, representa aproximadamente el 55% de su producción, siendo éste un valor muy alto. Sin embargo a favor de la



gestión que realiza la Empresa, puede decirse que éste es un valor estimado con gran exactitud por cuanto se tienen registros de los caudales ingresantes al sistema desde las plantas potabilizadoras y los registros de micromedición generalizada que representan el consumo facturado.

- ✓ El ANC para la ciudad de Rosario, de la Empresa ASSA, es estimado en un 45% de la producción valor que también es muy alto. Sin embargo, éste valor no presenta una fuerte incertidumbre por cuanto los caudales ingresantes a la red desde las plantas potabilizadoras no son medidos en forma directa y no se disponen de registros generalizados de micromedición, por lo que el consumo de los usuarios es estimado con un gran error.
- ✓ La mayor diferencia entre las evaluaciones se encuentra en la Reducción y Control de las Pérdidas Aparentes, esto tiene su explicación por cuanto la Empresa concesionaria Interagua ha realizado grandes esfuerzos tendientes a aumentar su facturación universalizando el cobro por micromedición y disminuyendo las Pérdidas Aparentes y/o Comerciales. Esto conlleva a que Interagua, por su condición de régimen tarifario, obtuvo una importante relación costo/beneficio.
- ✓ En los términos de Control de Pérdidas Reales, la diferencia es menor, ya que los recursos necesarios para su disminución son importantes y la relación costo/beneficio para ambas Empresas es menor que en el caso de la disminución de las Pérdidas Aparentes.
- ✓ Interagua en función de los puntos 1 y 2 ha tenido una necesidad mayor de cuantificar en forma detallada el Balance de Agua, ya que resulta de fuerte interés comercial conocer cada una de sus componentes.
- ✓ Ambas Empresas han desarrollado Sistemas de información con características similares, la mayor diferencia radica en que Interagua le ha dado mayor importancia a los sistemas de macromedición y sectorización, por cuanto esta información resulta valiosa para la RANC.
- ✓ En ambas Empresas se ha observado que sus Organizaciones realizan la gestión del RANC de manera desagregada en direcciones y gerencias sectoriales (Dirección Comercial, Dirección Técnica, y sus Gerencias dependientes)

Una reflexión al concluir éste trabajo, es que las actividades de Reducción de ANC son relativamente simples a nivel de Ingeniería: Gestión de Presiones, Reparación de tuberías y fugas, etc., pero las Empresas Prestadoras de Servicios fallan en gestionar un proyecto de reducción de pérdidas porque están preocupadas por su día a día. No pueden armar una estrategia de largo plazo a 10 años con una meta hacia la RANC. Lo más importante para llegar a la eficiencia tiene que ver con un compromiso muy fuerte de la Gerencia. Se tiene que definir que el proyecto de eficiencia y de reducción de pérdidas sea primordial en la agenda diaria. Para realmente llegar a una eficiencia lo primero que se necesita es alinear a toda la organización.

La planificación de la RANC tiene por fin no solamente la ejecución de intervenciones y obras con su debida definición y programación, sino también desarrollar la organización en la Empresa para llevar adelante la gestión e implementar los procedimientos destinados a medir sus respectivos impactos y rentabilidad en términos de recuperación de caudal.

Por lo tanto, el programa deberá organizarse con una estructura de proyecto integral teniendo como finalidad recuperar y procesar la información que permita extrapolar los resultados de los trabajos de las intervenciones.

Este mejor gerenciamiento permitirá dirigir con mayor eficiencia las acciones para la RANC y proyectar con mejor precisión y fundamento su evolución considerando las intervenciones e inversiones que se vayan realizado en cada una de las áreas específicas.

Las principales actividades a realizar son las siguientes:

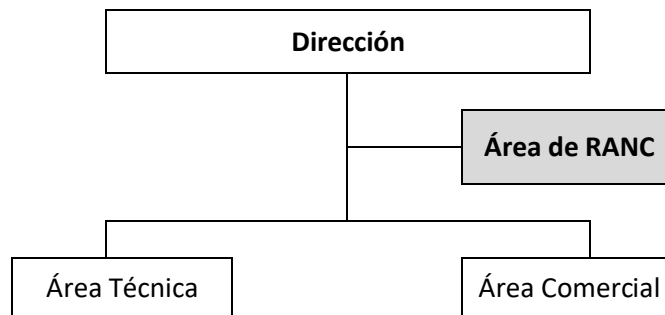
- **Organizar** los programas detallados, procedimientos, soportes y reportes para el desarrollo de los trabajos en zonas-piloto.
- **Analizar** los resultados obtenidos de las acciones específicas (técnicas y comerciales) sobre la base de indicadores de eficiencia y costos.
- **Concluir** sobre la rentabilidad de cada acción y extrapolar sobre la zona homogénea.
- **Elaborar** los elementos de presupuesto anual correspondientes:
  - ✓ Trabajos de investigación (mediciones, detección de fugas, control/inspección de conexiones y medidores)
  - ✓ Recursos humanos internos y subcontratación.
  - ✓ Acciones correctivas (cambio de medidores, reparación de fugas, empadronamiento de usuarios):

- ✓ Obras de adecuación (rehabilitación / renovación de redes, regulación de presión): ingeniería de detalle, ejecución y fiscalización de obras.

La finalidad fundamental de ésta organización es lograr que los criterios y metodologías que se apliquen en la Empresa, y que las etapas del trabajo, sean uniformes y consistentes.

Como conclusión de mayor relevancia de éste trabajo, resulta que el ANC constituye un problema transversal a toda la Empresa, el área Técnica y Comercial deben unirse en el objetivo de controlarla y reducirla, con este criterio resulta necesario la existencia de un área independiente de éstas dos y que se encuentre como nexo entre éstas y la Dirección de la Empresa, tal como se detalla en el siguiente organigrama:

**Figura 11.1: Organigrama con el área de RANC**



El área de RANC debe velar por el ciclo del proceso de Benchmarking hacia la mejora de la RANC.

## 12. Referencias bibliográficas

- Ballestero, M., Arroy, V., & Mejía, A. (2015). *Universalización de servicios de Agua Potable y saneamiento*. CAF.
- (GIZ) GmbH y VAG-Armaturen GmbH. El Institute for Ecopreneurship (IEC) de la University of Applied Sciences Northwestern Switzerland (FHNW). (enero 2011). *D. Ziegler; F. Sorg; P. Fallis; K. Hübschen; L. Happich; J. Baader; R. Trujillo; D. Mutz; E. Oertlé; P. Klingel; A. Knobloch*. Eschborn, Alemania: Deutsche Gesellschaft für.
- A&S Consultores Ltda. (Marzo 2014). *Agua no Facturada en Sstemas de Agua Potable*. Chile: Econssa.
- AFERAS. (2001). *El Régimen Tarifario en los Servicios de Agua Potable y Saneamiento*.
- ASSA - COFES. (2015). Presentacion PPT de ANC. *Taller Agua No Contabilizada - Aguas Santafesinas*.
- Bluebagages. (2016). *Fontanería - Pérdidas de Agua*. Recuperado el 16 de Marzo de 2017, de <http://www.bluebagages.com/fontaneria/perdidas-de-agua.php>
- Brothers, K. (2002). SHM Design - One Size May Not Fit All.9. *Proceedings of the 5th - Water Loss Reduction Specialist Conference*. Ciudad del Cabo, Sudáfrica: IWA.
- Cabrera Marcet, Enrique; Cobacho Jordán, Ricardo; Almandoz Berrondo, Javier; Cabrera Rochera, Enrique; Arregui de la Cruz, Francisco. (2002). *La gestión del agua en los países de la Unión Europea; paradigmas del Norte y el Sur*. Sevilla: Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas.
- Cabrera, E., Dane, P., Haskins, S., & Theuretzbacher, H. (2011). Benchmarking para servicios de agua. *Guiando a los prestadores de servicio hacia la excelencia*. IWA.
- Cassa, A. M. (2005). A Numerical Investigation into the Behavior of Leak Opening in UPVC Pipes under Pressure. *CCWI 2005 Water Management for the 21st Century*.
- Castillo, R. R. (s.f.). SCADA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO.
- Cepal - Naciones unidas - Gobierno de Chile. (2012). *La Economía del Cambio Climático en Chile*. Santiago: Naciones Unidas.
- Cleary, E. (s.f.). EL BENCHMARKING (BM) DESDE EL BENCHMARKING (BM) DESDE EL SECTOR PRIVADO AL SECTOR PÚBLICO. *Apuntes sobre su aplicación en el sector público de América Latina*. SIPAL.
- Constante, S. (2013). Latinoamerica debe combatir la ineficiencia hídrica. *BN americas*, 1-3.
- Copadata. (s.f.). *Control de supervisión y adquisición de atos (SCADA)*. Recuperado el Enero de 2018, de Control Optimo y optimización de equipos: <https://www.copadata.com/es/soluciones-hmi-scada/control-de-supervision-y-adquisicion-de-datos-scada/>
- DVGW, Arbeitsblatt W. (2003). Pipe network inspection and water losses. *Measures, procedures and rating*. Bonn, Alemania: DVGW.

- Ente Regulador (ERSAPS). (diciembre de 2007). Procedimientos y buenas prácticas en Gestión de Medidores. Tegucigalpa, Honduras.
- Fanner, P. (2004). Assessing real water losses: a practical approach. *Water 21 - Magazine of the International Water Association*, 49-50.
- Farley, M. (2001). Leakage management and control. *A best practice training manual*. Ginebra, Suiza: World Health Organization.
- Farley, M. (2001). *Leakage Management and Control*. WHO.
- Fernandez Cirelli, Alicia y du Mortier, Cecile. (2005). *Evaluación de la condición del agua*. San Martín: Solar Safe Water.
- Fluence. (19 de Febrero de 2016). *¿Que es el Agua No Contabilizada?* Recuperado en marzo de 2017, de <https://www.fluencecorp.com/es/que-es-el-agua-no-contabilizada/>
- Gobierno de Aragón. (2015). Documento sobre contadores de Agua. Aragón, España.
- Hladej, M. (2007). City of Vienna – Network Information System – How to record the condition of water distribution systems. *IWA International Specialised Conference* (pág. 108). Bucharest, Romania: Descrierea CIP a Bibliotecii Nationale a Romaniei.
- IMTA. (2007). Fondo para la comunicación y la educación ambiental. *Conceptos de reducción y control de pérdidas y de sectorización de redes de distribución*. Mexico.
- instagua. (2016). *Epanet*. Obtenido de <http://www.instagua.upv.es/Epanet>
- Instituto nacional del Agua. (2016). *Laboratorio de Hidráulica*. Recuperado en Marzo de 2017, de <https://www.ina.gov.ar/lha/index.php?lha=27>
- IWA. (2000). *WLRanda Ltd: ILLMS Ltd*. Obtenido de <http://www.leakssuite.com/concepts/iwa-water-balance/>
- IWA, L. (2001). What do we know about pressure: leakage relationships in distribution system? *Conference “System Approach to Leakage Control and Water Distribution System Management”*. República Checa.
- Jeffcoate, B. m.-P., & Saravanapavan, A. (s.f.). *La reducción y el control del agua no contabilizada*.
- Jimenez Aldana, M. (2002). La sectorización hidráulica como estrategia de control de pérdidas en sistemas de acueducto. *Zeta Periodismo*.
- Jimenez, M. (2014). *Gestión de Control de Pérdidas y demanda de agua en Bogotá - Colombia*. Quito - Ecuador: Acueducto.
- John Morrison, S. T. (2007). District metered areas - Guidance notes. Reino Unido: IWA.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2002). The Balance Scorecard. Barcelona: Harvard Bussines College.
- Lambert, A. O. (2003). Assessing Non-Revenue Water and its Components - a practical approach. *Water 21 - Magazine of the International Water Association*, 50-51.
- Lambert, A. y. (2002). Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index. *Proceedings of the IWA Specialised Conference, Leakage Management - A Practical Approach*. Lemesos, Chipre.

- Lambert, A., & Fantozzi, M. (2010.). Recent Developments in Pressure Management. *Proceedings of the IWA International Specialised Conference "Water Loss 2010"*. São Paulo, Brasil.
- Latin Consult. (2013). *Asistencia técnica a los prestadores de servicio de los municipios beneficiarios del Promosas*. Honduras.
- LOVEDAY, M. A. (2005). SHM Sustainability in Developing Countries. *IWA Conference Leakage 2005*. Canada.
- Martinez, E. (s.f.). *Eveliux*. Recuperado el 01 de 2018, de Big Data: Como procesar grandes volúmenes e información: <http://www.eveliux.com/mx/Big-Data-como-procesar-grandes-volumenes-de-informacion.html>
- McKenzie, R. y. (2010). Scope for Pressure Management in South Africa. . *Proceedings of the IWA International Specialised Conference 'Water Loss 2010*. São Paulo, Brasil.
- MIDEPLAN & Pontificia Universidad Católica de Chile. (s.f.). Reducción de Pérdidas en Sistemas de Agua Potable. Santiago, Chile.
- Minaverry, C. M. (2013). La sustentabilidad de la normativa tarifaria del servicio de agua. *Oikonomos*.
- Ministerio de Planificación y cooperación. (Noviembre de 1997). Reducción de pérdidas en sistemas de Agua Potable. Santiago, Chile.
- Miranda, Helen Zárate; Cornejo, Javier. (s.f.). Usos de la herramienta de análisis hidráulico en ARCGIS. Buenos Aires: Curso: Cartografía general y diseño cartográfico. Facultad de Ingeniería Civil. UBA.
- miya. (2013). *Latinoamérica debe combatir la ineficiencia hídrica*. Obtenido de [http://www.miya-water.com/user\\_files/press\\_room/news/2013\\_december/dec\\_2013\\_miya\\_latam\\_business\\_news\\_americas\\_6dec\\_sp.pdf](http://www.miya-water.com/user_files/press_room/news/2013_december/dec_2013_miya_latam_business_news_americas_6dec_sp.pdf)
- miya. (s.f.). *miya - Arison Group*. Obtenido de <http://www.miya-water.com/es/facts-and-definitions/dictionary-of-terms>
- Montoya. (2012). Efecto de la presión sobre las fugas de agua en un sistema de tubería simple. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 78-86.
- Morrison, J. T. (2007). Sustainable District Metering. *Proceeding of the IWA International Specialised Conference Water Loss*. Bucarest, Rumania.
- Mos, S. F. (s.f.). *Per Tutatis*. Recuperado en Enero de 2018, de ¿Qué son los Sistemas de Apoyo a la Toma de decisiones (DDS)?: <http://pertutatis.cat/que-son-los-sistemas-de-apoyo-a-la-toma-de-decisiones-dds/>
- Mundial, B. (3 de Septiembre de 2003). *América Latina: ¿Por qué las empresas de agua y saneamiento intentan ahorrar energía?* Obtenido de [Bancomundial.org: http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2013/09/03/latin-america-water-loss-energy-efficiency](http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2013/09/03/latin-america-water-loss-energy-efficiency)
- Naciones Unidas, O. d. (2010). El derecho al agua: folleto informativo n° 35.
- Olaya, V. (2014). Sistemas de Información Geográfica.

- Pollo-Cattaneo, M. F. (2017). *La Organización y sus sistemas de Información*. CABA: CEIT.
- R. McKenzie, C. S. (2005). BABE (burst and background estimate) methodology. *Assessment of real losses in potable water distribution systems: some recent developments*.
- Thornton, J. y. (2007). Pressure management extends infrastructure life and reduces unnecessary energy costs. *Proceedings of the IWA International Specialised Conference - Water Loss 2007*. Bucarest, Rumania.
- Thornton, J., & Allan, L. (2005). Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure:burst frequency and pressure: consumption relationships. *Proceedings of the IWA Specialised Conference - Leakage 2005*. Canada: IWA.
- Thorton, J. S. (2014). *Water Loss Control* McGraw-Hill.
- Universidad Tecnológica de Pereira. (2007). Catastro de usuarios y suscriptores como una herramienta de gestión en empresas de acueducto. *Publicación*. Colombia.
- University of Dayton. (2003). *Advanced Water Distribution Modeling and Management*.
- VAG; Giz, Ministerio federal de cooperación Económica y desarrollo. (2013). Guía para la reducción e las pérdidas de agua. *Un enfoque en la gestión e la presión*.
- Vermersch, Michel y Rizzo, Alex. (2007). Conference Proceeding Volume I. *IWA International Specialised Conference* (pág. 111). Bucharest, Romania: Descrierea CIP a Bibliotecii Nationale a Romaniei.
- VI SEREA. (2006). Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua. Joao Pessoa, Brasil.
- Walski, T. M. (2003). *Advanced Water Distribution Modeling And Management*. . Waterbury:Haestad Press.
- Warren, R. C. (2007). Leakage methodology review: variation in per capita consumption estimates. Dorking, Reino Unido.
- Water Management Internacional. (s.f.). *wmi-water*. Obtenido de <http://www.wmi-water.com/wmi/wmi.nsf/web/glossaire.htm&lng=3>
- Zacharia M. Lahlou, P., Wilson, W. y., & Lynchburg. (s.f.). Detección de Fugas y Control e Pérdida de Agua. *Tecnología en Breve*.
- Zeiler, M. (1999). *Modeling our World*. Redlands: Environmental System Research Institute.

## 13.Anexos

Se adjuntan en versión digital:

- ✓ Informe Anual año 16 de la concesión de Interagua – Agosto 2016 –Julio 2017
- ✓ Reporte de parámetros técnicos meses Agosto 2016 a Julio 2017
- ✓ Informe Anual año 2016 Aguas Santafesinas.