



EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTELIGENTES PARA INFRAESTRUCTURA HÍDRICA [SWIT]

Autor: Elio F. Arniella, P.E – Smart Water Analytics LLC

Editor: Yvon Mellinger



EVALUACIÓN

TECNOLOGÍA

INTELIGENTE

INFRAESTRUCTURA

HÍDRICAS

ONDE

GIAS

TES PARA

RUCTURAS

(SWIT)

Author:

ELIO F. ARNIELLA, P.E.
Smart Water Analytics LLC

Editor:

Yvon Mellinger

Preparada para:

La División de Agua y Saneamiento, y
el Departamento de Conocimiento y
Aprendizaje del Banco Interamerica-
no de Desarrollo a través del Fondo
de Conocimiento para la innovación

Copyright © 2017 Banco Interamericano de Desarrollo.

Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas [CC-IGO 3.0 BY-NC-ND] (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI [UNCITRAL]. El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



El autor desea agradecer la División de Saneamiento del BID (WSA) por el apoyo recibido, especialmente por parte del equipo de la WSA con sede en el Caribe [Yvon Mellinger, Evan Cayetano Marle Reyes, Osuji Onyemauchekwu y Glaister Cunningham], así como Anamaria Nunez en la Sede en Washington DC. Un reconocimiento especial a las Empresas por su contribución a la encuesta y al estudio de caso [Dr. John Mwansa Gerente General interino de la BWA, Kim Best - Director de la Unidad de Gestión de Proyectos de BWA para el Proyecto del BID BA-L1015, Andy Gill - Gerente del préstamo del Banco de Desarrollo del Caribe [CDB], Charles Leslie - director del Departamento de Ingeniería de la BWA, Steven Lindo - Gerente en BWA, David McCartney - Cowater, director del proyecto de transformación empresarial, Lewis O'Reilly - CDB, Albert Gillings director del proyecto de DMAs del programa CDB, y David Lashley - consultor de obras civiles y saneamiento en Barbados].

ÍNDICE

13	1.0. INTRODUCCIÓN
13	1.1. Reconocimiento
13	1.2. Panorama General
15	2.0. VISTA SOBRE LAS SWITS
15	2.1. Medición Inteligente (AMR/AMI)
19	2.2. Distritos Hidrométricos (DMAs), Áreas de Gestión de Presión (PMAs) y Detección de Fugas
26	2.3. Sistema de Información de Gestión (MIS)
27	2.4. Sistemas de Información Geográfica (GIS) incluyendo georreferencia de activos
29	2.5. Control de supervisión y adquisición de datos (scada)
29	2.6. Modelos hidráulicos y de calidad de agua
31	2.7. Monitoreo de Calidad de Agua a Distancia
34	3.0. ESTUDIO DE CASO: LA BARBADOS WATER AUTHORITY (BWA)
35	3.1 Evaluación de SWITs en base a entrevistas durante la visita
37	3.2 Lecciones Aprendidas y conclusiones del estudio de caso
38	4.0 ESTUDIO DE COMPAÑÍAS DE SERVICIOS PÚBLICOS
41	5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
43	REFERENCIAS

LISTADO DE IMÁGENES

- 18 **FIG. 1** Vistazo sobre Tecnología de Medición Inteligente
- 20 **FIG. 2** Esquema de un distrito hidrométrico de un sistema de distribución de agua.
- 22 **FIG. 3** Beneficios de la gestión de la presión.
- 23 **FIG. 4** Dispositivos de control de presión.
- 39 **FIG. 5** Sumario de resultados de estudios de compañías de servicios de agua.
- 39 **FIG. 6** Diagrama de tabla de puntaje comparando los niveles relativos de SWITs.
- 40 **FIG. 7** Clasificación general de compañías según SWITs.
- 41 **FIG. 8** Desarrollo e implementación de SWITs sugeridos

Tecnologías Inteligentes para Infraestructura Hídrica [SWIT]

SWIT tienen el potencial de contribuir significativamente a mejorar la prestación de los servicios y la eficiencia de los proveedores de servicios de agua; reduciendo los costos y las pérdidas de agua, simplificando la operación y el mantenimiento y mejorando la gestión de datos y activos, permitiendo la toma de decisiones basadas en información.

SWIT incluye los siguientes productos:

- Medición inteligente [AMR / AMI]
- Distritos Hidrométricos [DMAs]
- Gestión de Presión [PMA]
- Detección Activa de Fugas
- Sistemas de Información de Gestión [MIS]
- Sistemas de Gestión de Relaciones con los Clientes [CRM]
- Sistemas de Información Geográfica [SIG]
- Control de Supervisión y Adquisición de Datos [SCADA]
- Modelado Hidráulico

Pero no se reducen a esos, ya que la información puede ser complementada por sistemas de monitoreo de la calidad del agua, y de recolección de datos hidrológicos.

El costo del SWIT está disminuyendo mientras su desarrollo avanza, por lo que es esencial que los operadores de agua de LAC incorporen SWIT en sus herramientas de operación de la manera más rentable, y estratégica. Para garantizar que se obtengan todos los beneficios de los SWIT, la División de Agua y Saneamiento [WSA] del BID está trabajando para:

- Asegurar que los especialistas de LAC se mantengan al tanto de los avances y progresos en SWIT
- Facilitar un mejor entendimiento, por parte de los prestadores de servicios de agua, de los costos y beneficios de los SWIT
- Explorar las limitaciones en su implementación y definir estrategias para abordar y superar estas dificultades y,
- Presentar sus conclusiones en un formato accesible, manteniendo actualizada la información y las discusiones.

SUMARIO EJECUTIVO

El objetivo de este documento es presentar una evaluación de la situación actual en la aplicación de Tecnologías Inteligentes para Infraestructura Hídrica [SWIT por sus siglas en inglés] y aportar una serie de recomendaciones para la integración de esas tecnologías por parte de los proveedores de servicios de agua en la región de América Latina y el Caribe.

Las SWITs tienen el potencial de contribuir considerablemente a una mayor provisión y eficiencia del servicio. Estas tecnologías incluyen:

- Medición Inteligente [AMR/AMI]

- Distritos Hidrométricos [DMAs]

- Gestión de Presión [PMA]

- Detección Activa de Fugas

- Sistemas de Información de Gestión [MIS]

- Sistemas de Gestión de Relaciones con los Clientes [CRM]

- Sistemas de Información Geográfica [GIS]

- Control de Supervisión y Adquisición de Datos [SCADA]

- Modelos Hidráulicos

Y son descritas en este documento, que presenta asimismo un estudio de caso de la aplicación de estas tecnologías por parte de la Barbados Water Authority (BWA, Proveedora de los servicios de agua de Barbados), un estudio del nivel de implementación en compañías de servicios de agua representativos de la región del Caribe, y recomendaciones derivadas de las lecciones aprendidas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras una evaluación de las SWITs y de compañías de servicios de agua en el Caribe, se pueden formular las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- En general, un liderazgo profesional y compromiso con la integración de tecnologías son cruciales para el éxito de un programa de mejora y modernización del sistema de agua. Un “Equipo de Integración de SWITs” debería ser designado y entrenado desde el inicio del programa.

- Para la compañía es importante desarrollar una visión y un plan de acción de largo plazo para integrar y optimizar las SWITs. La planificación y visión deberían ser desarrolladas con personal interdepartamental de gestión, operaciones, distribución, ingeniería, área comercial e IT. Asimismo, es recomendable que las empresas de servicios busquen la asistencia de profesionales con una vasta experiencia en las disciplinas SWIT pertinentes.

- Tanto las SWITs como GIS, Modelos Hidráulicos y Gestión de Activos, deberían desarrollarse en una fase inicial de preparación previa a la implementación de SWITs de capital intensivo como AMR/AMI.

- DMAs y PMAs deben ser implementados en paralelo con un Sistema de Información de Gestión [MIS] integrado para sacar plena ventaja de los beneficios y optimizar la inversión.

- Los programas de Reemplazo y Rehabilitación [R&R] de tuberías deberían ser considerados como último recurso sólo luego de:
 - Una adecuada evaluación de las condiciones de las tuberías
 - Un análisis de criticidad de la infraestructura
 - Un análisis de causa y efecto de rotura de tuberías

- Tener DMAs y PMAs en los sistemas, y conocer con certeza dónde se producen las pérdidas de agua [por DMA/PMA] de modo que puedan establecerse las prioridades de R&R correspondientes en base un caso de negocios.
-
- El complemento de proyectos parece ser más exitoso cuando una tercera parte con experiencia previa en el tema se hace cargo de ellos, particularmente con proyectos llave en mano.
-
- Es necesario que las actividades de proyectos de Terceros/Llave en Mano sean estrictamente supervisadas y monitoreadas en lo que concierne a presupuesto, cronograma y precisión técnica.
-
- Los proyectos de SWITs requieren un fuerte componente de entrenamiento y participación del personal permanente de la compañía que debe ser financiera y profesionalmente incentivado para llevar adelante las futuras operaciones.
-

Notas:

Esta publicación es una revisión inicial del concepto de SWITs que podría ser complementada mediante evaluaciones adicionales. Por lo tanto, comentarios y sugerencias de lectores son bienvenidos y pueden ser enviados a YVONM@iadb.org.

Las menciones a nombres de compañías o productos deberían ser consideradas a título ilustrativo, no como apoyo del BID a esas empresas o productos.

1.0. INTRODUCCIÓN

1.1. RECONOCIMIENTO

Este estudio ha sido financiado por el Departamento de Conocimiento y Aprendizaje [KNL] del Banco Interamericano de Desarrollo [BID] a través del Fondo de Conocimiento para la Innovación. Estuvo a cargo de la División de Agua y Saneamiento [WSA] para fortalecer el conocimiento sectorial de las Tecnologías de Infraestructura Hídrica Inteligentes o SWITs, a través de una evaluación de la situación actual en la aplicación de SWITs en la región del Caribe y el aporte de recomendaciones claves para la integración de esas tecnologías por parte de los proveedores de servicios de agua.

1.2. PANORAMA GENERAL

Las SWITs tienen el potencial de contribuir a mejorar la prestación del servicio y la eficiencia de sus proveedores. Esas tecnologías incluyen:

- Medición Inteligente [AMR/AMI]

- Distritos Hidrométricos [DMAs]

- Gestión de Presión [PMA]

- Detección Activa de Fugas

- Sistemas de Información de Gestión [MIS]

- Sistemas de Gestión de Relaciones con los Clientes [CRM]

- Sistemas de Información Geográfica [GIS]

- Control de Supervisión y Adquisición de Datos [SCADA]

- Modelado Hidráulico

Reconociendo este potencial, la WSA del BID ha financiado la implementación de esas tecnologías a través de préstamos a empresas de servicios de agua en toda la región. Notablemente, varios países del Caribe han incluido una serie de tecnologías inteligentes en sus proyectos de agua y saneamiento y, por lo tanto, se ha adoptado un foco específico sobre esta región.

Para garantizar que se logren los beneficios plenos de las tecnologías inteligentes es esencial:

- Asegurar que los profesionales del agua se mantengan al día de los progresos y avances de estas tecnologías;

- Facilitar una mejor comprensión de los costos y beneficios de estas tecnologías;

- Explorar las barreras y limitaciones en la implementación de todas estas tecnologías, tales como costo, resistencia institucional al cambio, inadecuada capacidad profesional, y envejecimiento de las infraestructuras existentes, y

- Definir estrategias para hacer frente a estas cuestiones.

2.0. VISTA SOBRE LAS SWITs

2.1. MEDICIÓN INTELIGENTE (AMR/AMI)

La medición inteligente es un componente de la red inteligente que permite a una empresa de servicios obtener lecturas de mediciones a voluntad (diariamente, cada hora, o más frecuentemente, sin la necesidad de lectores manuales para transmitir información). Hay dos tipos: [1] Lectura de Medición Automatizada [AMR], y [2] Infraestructura de Medición Automatizada [AMI]. Estas dos clases de tecnologías son descritas a continuación.

Lectura de Medición Automatizada [AMR] abarca los métodos de recorrido a pie y con vehículo al igual que una red fija, usualmente con comunicación unidireccional desde el medidor al sistema de facturación. La tecnología AMR incluye:

Medición en marcha: Esta solución de medición ahorra recursos y permite que los datos de medición de agua sean recogidos en forma instantánea sobre la marcha. Después de instalar el dispositivo y el software de lectura en una camioneta o camión de trabajo, la cuadrilla puede obtener rápidamente lecturas de medición precisas simplemente por medio de conducir a través de un área de servicio.

Lectura de medición táctil: Para las áreas que no son propicias para la circulación de vehículos, la lectura de medición táctil es una excelente solución. La aplicación de un dispositivo manual de lectura de medición directamente al medidor de agua envía una señal de radio que automáticamente transmite datos de medición y los almacena en el dispositivo portátil.

Infraestructura de Medición Automatizada [AMI] consiste en un sistema de red fija, con medidores inteligentes que proveen comunicaciones bidireccionales entre el medidor de agua y la empresa de servicio. La utilización de AMI incrementa la eficiencia de los servicios y elimina los costos de la lectura de medición rutinaria. Cuando se combina la AMI con gestión de datos de medición geoespacial, aumenta la exactitud y precisión de la lectura del medidor, reduciendo las relecturas. Esto resulta en lecturas exactas y puntuales que están listas para facturación, con una identificación de medidores que hayan fallado o estén fallando antes de la facturación concreta, lo que incrementa el flujo de caja de la compañía..

VENTAJAS DE LOS MEDIDORES INTELIGENTES

Los medidores inteligentes pueden beneficiar a la empresa de servicios, al medio ambiente, y a los clientes de la siguiente manera:

- Aminorando el costo de lectura de medición al eliminar la lectura de medición manual;
- Mejorando la seguridad de los empleados al reducir el número de personal en la calle;
- Reduciendo errores de facturación y disputas;
- Monitoreando el sistema de agua de manera puntual;
- Programando horarios flexibles de lectura, disminuyendo las demoras en la facturación de cuentas comerciales;
- Aportando datos útiles para equilibrar la demanda de los clientes;
- Permitiendo una posible fijación dinámica de precios [subiendo o bajando el costo del agua según la demanda, promociones, e incentivos a los clientes];
- Beneficiando al medio ambiente a través de una reducción de la contaminación de los vehículos utilizados por los medidores de lectura;
- Evaluando el Agua No Facturada en tiempo real o en intervalos mas cortos;
- Facilitando los datos para establecer patrones de consumo nocturno, para analizar los flujos nocturnos mínimos [MNF], y ofrecer un feedback más detallado sobre patrones de consumo de agua;
- Permitiendo a los clientes ajustar sus hábitos a menor consumo de agua;
- Proveyendo información de facturación en tiempo real, reduciendo lecturas estimativas y costos de re-facturación;
- Reduciendo los llamados de quejas de los clientes y aumentando la satisfacción de los usuarios;

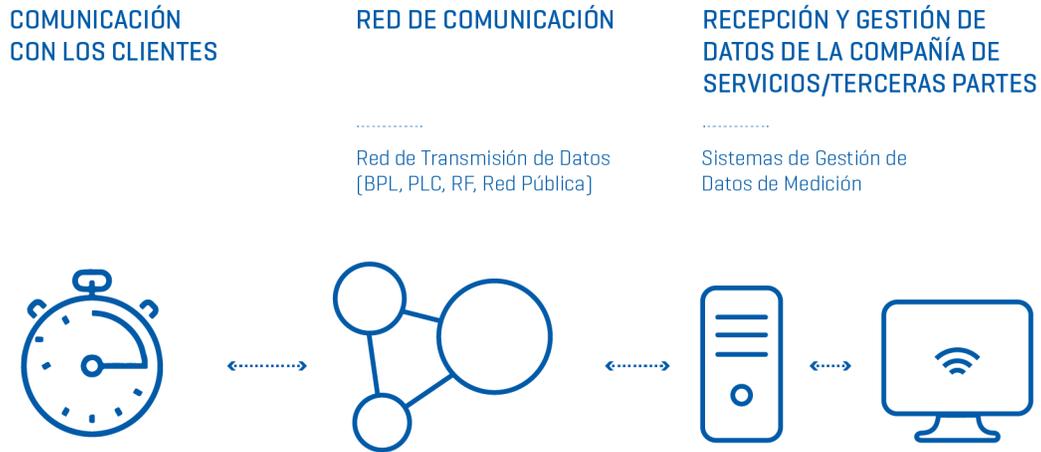
- Mejorando el monitoreo de potenciales adulteraciones de los medidores y robo de agua; y
- Detectando las fugas de agua de manera más rápida para que sean reparadas con más celeridad.

DESVENTAJAS DE LOS MEDIDORES INTELIGENTES

Mientras que los medidores inteligentes tienen muchos beneficios, también presentan desafíos para las empresas de agua, los clientes, y el medio ambiente. Los medidores requieren:

- Inversiones de capital inicial;
- Compromisos financieros de largo plazo con la nueva tecnología de medición y el correspondiente software;
- Garantizar la seguridad de los datos de medición y prevenir ataques informáticos;
- Hacer una transición hacia nueva tecnología y procesos con entrenamiento adecuado;
- Gestionar la reacción pública y la aceptación de los nuevos medidores por parte de los clientes;
- Gestionar y almacenar grandes cantidades de datos; y
- Deshacerse de los viejos medidores.

El siguiente es un esquema de la tecnología de medición inteligente.



> FIGURA 1. Vistazo sobre Tecnología de Medición Inteligente

- Datos recopilados transmitidos a través de:
 - _____
 - Banda Ancha por Tendido Eléctrico [BPL]
 - _____
 - Comunicaciones por Tendido Eléctrico [PLC]
 - _____
 - Redes de Frecuencia de Radio [RF] Fija
 - _____
 - Redes Públicas [por ejemplo, telefonía fija, celular]
 - _____
- Los datos de medición son recibidos por el sistema central AMI y enviados al Sistema de Gestión de Datos de Medición [MDMS] que maneja el almacenamiento de datos y análisis para proveer la información a la empresa de servicio de manera útil.
 - _____
- La AMI permite comunicaciones bidireccionales, de modo que podría haber también comunicación desde la empresa hacia el medidor.
 - _____

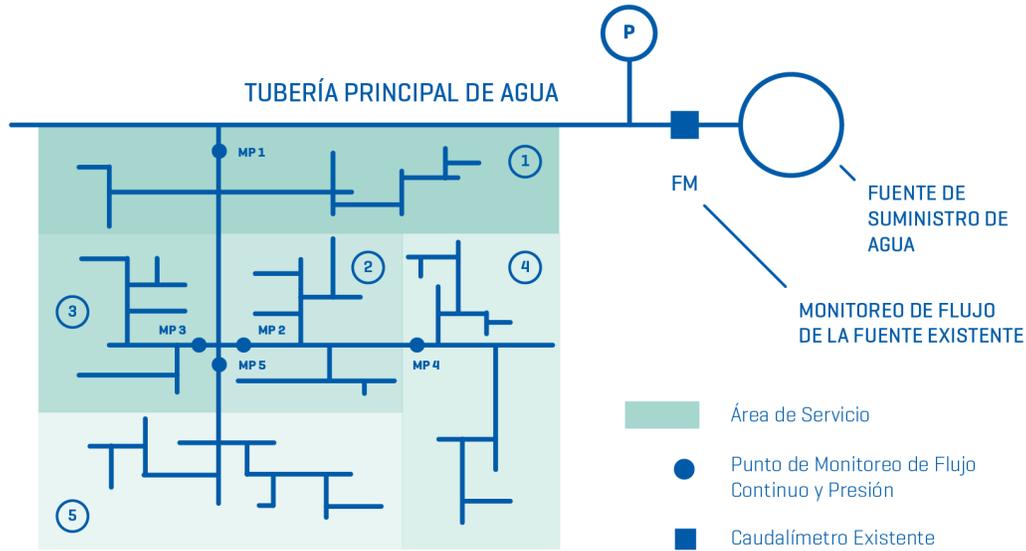
2.2. DISTRITOS HIDROMÉTRICOS (DMAS), ÁREAS DE GESTIÓN DE PRESIÓN (PMAS) Y DETECCIÓN DE FUGAS

Todas las empresas de servicios en el mundo sufren pérdidas de agua debido a fugas e ineficiencia comercial, lo que se conoce como Agua No Facturada (NRW). La metodología más efectiva y comprobada para reducir NRW reside en una combinación dinámica de SWITs que incluye herramientas como GIS y modelado hidráulico, el uso de DMAs, PMAs, Detección Activa de Fugas, y MIS.

DISTRITOS HIDROMÉTRICOS [DMAS]

La mayor parte de las compañías de agua utilizan un sistema de balance hídrico amplio, o auditoría, que mide el agua suministrada a los clientes restándole el volumen que los clientes consumen. Esas auditorías de agua son útiles para obtener los volúmenes totales del sistema en su integridad, pero tienen limitaciones para mostrar a los operadores dónde se producen las pérdidas, o qué clase de pérdidas son. El DMA es un método comprobado que utiliza una combinación de SWITs para medir las pérdidas de agua. Puede ser definido como un sub-sistema discreto de red de distribución en el que el suministro y consumo pueden ser medidos separadamente del resto del sistema. Al dividir el sistema en varios distritos hidrométricos (DMAs) sub-medidos, la gerencia de la compañía puede identificar áreas en las que el NRW es predominante y desarrollar planes de acción e intervención específicos para reducir las pérdidas. Los DMAs son creados usualmente por medio del cierre de válvulas de sectorización o por medio de la desconexión permanente de las tuberías entre áreas vecinas. El agua que fluye a y desde el DMA es medida y los flujos son analizados periódicamente para monitorear el nivel de NRW. Los DMAs pueden ser clasificados en tres categorías diferentes:

- Entrada única
- Entradas múltiples
- Dormiente – en que las válvulas de sectorización se abren o cierran para alcanzar niveles específicos de servicio por parte de una compañía



> FIGURA 2. Esquema de un distrito hidrométrico de un sistema de distribución de agua.

¿Qué es lo que convierte al método de DMA en una SWIT exitosa?

Un DMA incluye una combinación de herramientas inteligentes, instrumentación, y software manejados por gente experimentada a cargo del sistema. La efectividad de un DMA depende de cómo el personal de la compañía utilice estas herramientas y las tecnologías inteligentes para identificar anomalías en el área de servicio sub-medido con el fin de proceder a una intervención apropiada en el menor tiempo posible. Típicas SWITs utilizadas para instalar y operar DMAs son:

- Medidores maestros digitales;
- Medidores de clientes (analógicos o digitales);
- Sistemas de Información Geográfica (GIS);
- Modelos hidráulicos y de calidad de agua;
- Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA);
- Sistemas inalámbricos y celulares de transmisión remota;
- Transductores de presión;

- Sistemas de almacenamiento en servidores y/o la Nube; y
- Software y hardware para elaborar informes sobre los Indicadores Claves de Rendimiento (KPIs).

Ventajas de los DMAs

Los DMAs pueden beneficiar a la compañía de agua, al medio ambiente y a los clientes de la siguiente manera:

- Identificando desviaciones de los flujos y presiones normales;
- Reduciendo el tiempo de atención a reparaciones de fugas;
- Ayudando a priorizar los esfuerzos para identificación de fugas;
- Permitiendo el análisis avanzado de patrones de consumo de los usuarios, y de fugas, y sus cantidades;
- Controlando las fugas de trasfondo cuando es utilizado junto con una gestión proactiva de la presión;
- Extendiendo la vida de las tuberías matrices por medio del manejo de la presión; y
- Apoyando los esfuerzos de conservación de agua, disminuyendo la demanda dependiente de la presión.

Desventajas de los DMAS

Los DMAs requieren:

- Inversión de capital en grado variable dependiendo de la configuración y condiciones operacionales de las válvulas, accesorios, y capacidades de comunicación de datos;
- Cuidado en la planificación, diseño, y puesta en marcha progresiva para mantener un adecuado rendimiento hidráulico (flujo interno, y flujo excedente contra incendios) y cumplimiento de la calidad de agua;

- Planes de mantenimiento proactivos; y
- Un incremento en la frecuencia de descarga de hidrantes para mantener la calidad del agua.

GESTIÓN DE LA PRESIÓN [PM] Y ÁREAS DE GESTIÓN DE LA PRESIÓN [PMAS]

La presión tiene una influencia fundamental en las tasas de fuga de los sistemas de distribución, y un número constantemente creciente de compañías de servicio están reconociendo que una buena gestión de la presión es una base fundamental para un buen manejo de las fugas y de la infraestructura.

Los beneficios comprobados de la gestión de la presión en los sistemas de distribución incluyen no solamente la reducción de las fugas y de algunos componentes de consumo, sino también beneficios para las compañías de servicios y los clientes, resultantes de un menor número de fallas de tuberías y de fugas. Estos beneficios incluyen menores costos de reparación y reinstalación, menor responsabilidad civil y menor publicidad negativa, menores costos de control activo de fugas, diferimiento de las renovaciones de infraestructura y una más prolongada vida de los activos, de las tuberías matrices y conexiones de servicios de, al igual que un menor número de problemas vinculados con las conexiones de servicio para los clientes y sistemas de plomería internos a las casas, todo lo cual redundará en una menor cantidad de quejas de los clientes. Una PMA es un DMA permanentemente aislado con control de presión y medición utilizada para controlar las fugas de fondo y fugas no reportadas, y para ayudar en la reducción de las frecuencias de roturas.



> FIGURA 3: Beneficios de la gestión de la presión.

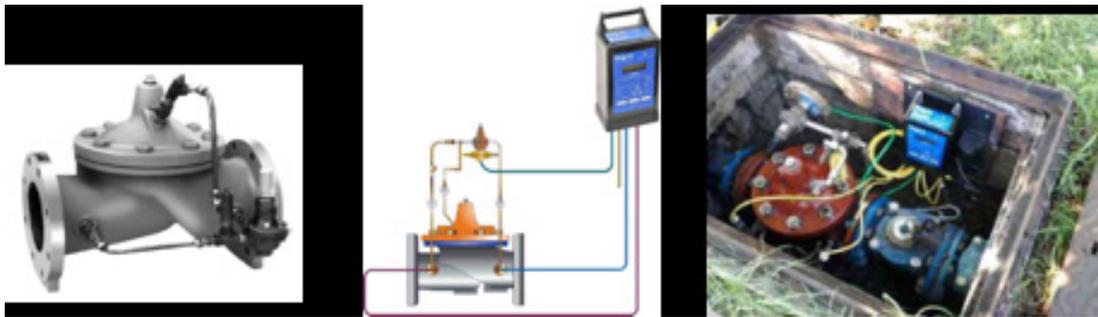
La Gestión de la Presión [PM] se logra reduciendo el Grado de la Pendiente Hidráulica [HGL] de un área de servicio por medio de la utilización de:

- Variadores de Frecuencia [VFD]

- Válvulas para Reducción de Presión [PRV] convencionales

- PRVs inteligentes

- Tanques de Almacenamiento



> FIGURA 4. Dispositivos de control de presión.

Las imágenes de arriba muestran una PRV Inteligente que utiliza un dispositivo de regulación de presión que controla el rendimiento de una PRV de acuerdo con un método de control predeterminado. Incorpora tecnología del Sistema Global de Comunicaciones Móviles [GSM], que permite la transmisión de datos a distancia y control "aéreo" de los parámetros de configuración. La unidad reguladora modula la presión de salida de una PRV en uno de cuatro métodos:

- Control de Tiempo: Salida de PRV ajustada de acuerdo con un perfil diario o semanal pre-establecidos;

- Control de Flujo: Presión de salida modulada según la demanda;

- Ciclo Cerrado: Presión de salida ajustada según feedback en tiempo real de la presión desde un punto crítico; o

- Autoaprendizaje: Un punto crítico de presión de un transductor de presión es utilizado para generar automáticamente un perfil de control: en caso de que la presión crítica se encuentra fuera de los límites prefijados, se utilizan mensajes de alarma desde el transductor para corregir la presión de salida de la PRV.
-

DETECCIÓN ACTIVA DE FUGAS Y ESTUDIOS DE DETECCIÓN DE FUGAS

Las fugas [perdidas reales] son usualmente la mayor causa de pérdida de agua en los sistemas de distribución de agua. Para minimizar los riesgos para la salud pública, los costos económicos, y para conservar el agua, las compañías de servicios deberían auditar regularmente sus sistemas de distribución y realizar estudios de detección de fugas en las tuberías. Las auditorías ofrecen una visión general de las pérdidas de agua e identifican áreas del sistema de distribución que tengan fugas excesivas. Los estudios de detección de fugas determinan la localización exacta de filtraciones por medio de la utilización de dispositivos de escucha acústica y modernos correladores de sonido de fugas. El equipamiento acústico es efectivo para cañerías de metal, pero no es tan efectivo para las de plástico. Sin embargo, varios vendedores de dispositivos de base acústica para detección de fugas han desarrollado importantes modificaciones para mejorar la efectividad de los correladores de sonido de fugas al igual que los procedimientos de campo para cañerías de plástico. Las fugas en tuberías tanto metálicas como plásticas podrían ser asimismo localizadas con técnicas no acústicas tales como gas trazador, imágenes infrarrojas, y radar de penetración en el suelo. El uso de estas técnicas es todavía muy limitado y su efectividad no está tan bien establecida como la de los métodos acústicos.

Las fugas no detectadas, incluso las pequeñas, pueden provocar grandes volúmenes de pérdidas de agua dado que esas fugas pueden existir durante mucho tiempo. La detección activa de fugas es crucial para identificar pérdidas no reportadas y pérdidas en el sistema de distribución. Encontrar y reparar fugas a través de un programa de detección activa reducirá las pérdidas de agua y, en muchos casos, ahorrará sumas sustanciales de dinero. Sin programas de detección de fugas, las pérdidas pueden ser encontradas solamente cuando son superficiales, o cuando colapsan grandes infraestructuras. Un control activo de fugas reducirá costosas horas extras para reparaciones de emergencia y los costos de responsabilidad asociados. Detectar las fugas es sólo el primer paso para la eliminación de las pérdidas. La reparación de las fugas es el paso más costoso en el proceso.

En general, la detección de fugas y sus reparaciones resulta en una inmediata reducción de NRW, si bien el reemplazo tendrá un impacto más prolongado al punto de que elimina de raíz la causa de las fugas. El factor más importante en un programa de detección y reparación de pérdidas son informes precisos y detallados que sean consistentes a lo largo del tiempo y fáciles de analizar. Infor-

mes sobre producción y ventas de agua, y sobre costos y beneficios de fugas y roturas, se tornarán crecientemente importantes a medida que los costos del agua y los costos de las fugas y roturas aumentan y que los programas de detección y rehabilitación se vuelven más relevantes. Generalmente, el sistema de agua debería mantener tres conjuntos de informes: [1] Informes mensuales sobre NRW, [2] Informes sobre reparación de fugas y [3] Un GIS actualizado del sistema de distribución que muestre la ubicación, tipo, material de tubería e historial, y la clase de cada fuga.

Tecnología de Detección de Fugas por Medio de Gas Helio

La tecnología de detección de fugas por medio de gas helio es utilizada para descubrir filtraciones en los sistemas de distribución de agua. El proceso se describe a continuación.

El gas helio es inyectado en una tubería de agua a través de componentes de acero inoxidable. Se hace circular el helio disuelto a través la red por medio de la operación normal del sistema. El gas emerge a la superficie del suelo a través de fugas en el sistema (roturas de tuberías, conexiones, líneas de servicio, medidores, etc.) Dado que el helio es 5 veces más liviano que el aire, una vez que la mezcla de helio y agua escapa de la tubería, el gas helio migra hacia la superficie del terreno. El recorrido de la tubería es rastreado por encima del suelo con equipo especializado que detecta la concentración del helio en la atmósfera. Una concentración de helio anormalmente alta medida por encima de la superficie del suelo es indicativa de una fuga. Cuando se encuentran estructuras impermeables por encima de las tuberías, se perforan pequeños agujeros en la superficie para promover una liberación de helio más rápida. Una vez que se detecta una fuga, se marca a los fines de su identificación.

Tecnología de Escaneo Satelital

Esta tecnología utiliza imágenes aéreas espectrales –tomadas de sensores montados en satélites– para localizar fugas en tuberías de distribución y transmisión enterradas en el suelo. Las imágenes crudas son luego superpuestas con la red de agua GIS de un cliente y son procesadas a través de algoritmos exclusivos de Utilis. El algoritmo detecta el agua potable por medio de la búsqueda de la “firma” espectral particular típica del agua potable.

La compañía que ofrece esta tecnología –Hydromax– procesa los datos para trazar un informe gráfico de fugas individualizadas que se superpone sobre un mapa con calles, tuberías e información de dimensiones. El resultado es que las fugas son encontradas sin incurrir en el tiempo y el uso de la mano de obra que se requiere para la metodología de base acústica.

Radar de penetración en el suelo [GPR]

El método GPR geofísico es una herramienta rápida y de alta resolución para investigación no invasiva bajo la superficie. El GPR produce radiación electromagnética que se propaga a través del suelo y luego retorna a la superficie. Las ondas de radar viajan a velocidades que dependen de la constante dieléctrica de la sub-superficie. Las reflexiones son producidas por variaciones en la constante dieléctrica debidos a cambios en el material y/o condiciones de la sub-superficie. El tiempo de viaje de las ondas electromagnéticas desde que dejan la antena de transmisión hasta el medio y rebotan de regreso a la antena receptora en la superficie es una función de la profundidad del punto de reflexión y las propiedades eléctricas del medio. De este modo, la interpretación de esta energía reflejada puede brindar información sobre variaciones estructurales subterráneas y condiciones del medio. Al igual que en las técnicas sísmicas geofísicas, hay un balance entre frecuencia y resolución estructural. Las ondas de alta frecuencia producen modelos de mayor resolución solamente a profundidades someras, mientras que ondas de baja frecuencia producen modelos de menor resolución que pueden localizarse a mayor profundidad. La selección de una antena adecuada es una meta que depende de los objetivos del proyecto. Lo más frecuente es que los datos sean recopilados a lo largo de un perfil, de modo que diagramas de las señales registradas con respecto a la posición de estudio y tiempo de viaje pueden ser asociados con imágenes de estructuras subterráneas. Las señales del GPR pueden ser recogidas en forma bastante rápida e interpretaciones iniciales pueden ser hechas con un procesamiento mínimo de datos, haciendo por lo tanto el uso del radar de penetración en el terreno para investigación geofísica de escasa profundidad rentable con el menor soporte técnico. [Cardimona y otros, 1998].

El GPR podría, en principio, identificar fugas en tuberías enterradas ya sea por medio de la detección de vacíos subterráneos creados por el agua filtrada que erosiona el material en torno a la cañería, o la detección de cambios anómalos en las propiedades del material alrededor de las tuberías debido a saturación hídrica. A diferencia de los métodos acústicos, la aplicación de radar de penetración en el terreno para la detección de fugas es independiente del tipo de caños (por ejemplo, metálicos o plásticos). Por lo tanto, el GPR podría tener un mayor potencial para evitar dificultades que se encuentran con los métodos acústicos de detección de filtraciones comúnmente utilizados, ya que se aplica a tubos de plástico [Hunaidi y Giamou, 1998]. El GPR podría asimismo ser utilizado como un suplemento para estos métodos para aumentar la precisión en zonas de alto riesgo tales como calles de tráfico intenso y grandes estructuras.

2.3. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE GESTIÓN (MIS)

Los Sistemas de Información de Gestión [MIS] son un componente muy importante de las SWITs para cualquier compañía de agua. Sin embargo, la mayoría de esas empresas funcionan en silos y

utilizan sistemas de información separados para facturación, Sistemas de Gestión de Relaciones con los Clientes [CRM], órdenes de trabajo, administración de activos, datos de medición de clientes, GIS, y modelos hidráulicos. Muy pocas compañías de servicios tienen MIS integrados, ya que esos sistemas requieren experiencia en hardware y software y, en la mayoría de los casos, programación y codificación específicas.

Los MIS han ayudado a las compañías de servicios a mejorar el monitoreo de consumo no facturado o sub-facturado, permitiéndoles detectar ingresos no recaudados. Ahora están en condiciones de monitorear el uso de agua, NRW y conservación de manera más efectiva, logrando también un mayor cumplimiento de las regulaciones por medio de información consistente sobre el servicio a los clientes. Estos sistemas están dando lugar a una mayor concientización acerca de consultas, quejas, comportamiento y preferencias de los clientes, ayudando a las compañías a brindar servicios más efectivos y crear incentivos a los clientes para administrar su demanda de agua.

GESTIÓN DE RELACIONES CON LOS CLIENTES [CRM]

Las compañías están acercándose al consumidor y esta evolución es apoyada por plataformas más participativas y de autoservicio como parte de la Gestión de Relaciones con los Clientes [CRM]. La computación en la nube y el big data incluyen la gestión de medios sociales o “negocios sociales”, en la que los clientes actualizan en tiempo real sus buenas (o no tan buenas) experiencias. Los clientes pueden utilizar asimismo aplicaciones de auto-servicio para directamente activar o desactivar los servicios — proveyendo apoyo 24/7 por medio de la eliminación de la necesidad de hablar directamente con un representante del servicio a los clientes, con el beneficio adicional de menores costos.

La tecnología digital aporta la capacidad de proveer un procesamiento de facturación y pago más preciso, tiempos de respuesta más rápidos para cambiar domicilios y facturas, y quitar o agregar servicios, al igual que muchas otras funciones. A través de la tecnología las compañías pueden tener una nueva comprensión de las necesidades de los clientes y brindar más valor a los domicilios individuales, comercios y empresastodo esto a un menor costo y con mayor confiabilidad.

2.4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA [GIS] INCLUYENDO GEORREFERENCIA DE ACTIVOS

Los Sistemas de Información Geográfica [GIS] son un conjunto organizado de hardware informático, software, y datos geográficos, apoyado por personal entrenado para capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar y desplegar eficientemente todas las formas de información con referencia

geográfica. Un GIS opera primordialmente en base a datos espaciales, pero también incluye eventos y datos específicos.

El volumen de datos geoespaciales recogido por las compañías de servicios está creciendo exponencialmente. La medición geográfica es impulsada tanto por nuevas tecnologías — GPS, cámaras digitales satelitales y aerotransportadas, Detección y Medición por Medio de Luz (LIDAR), y otros dispositivos digitales — como por un mayor despliegue de estas tecnologías. Aplicaciones GIS claves para servicios de agua incluyen el estudio y grabación de la siguiente información geoespacial:

- Red de tuberías — Diámetro Interior (ID), material, fecha de instalación, e historial de rotura de líneas y reparación de los tuberías;

- Válvulas: ID, coordenadas de ubicación, elevación, tamaño, material, fecha de instalación, número de serie y estado (abierta, cerrada o parcialmente abierta);

- Bombas: ID, marca, modelo, elevación central de descarga, peso, fechas de reparaciones y de instalaciones, registros de mantenimiento, capacidad, tamaño del motor, y estado;

- Tanques de almacenamiento: Coordenadas de ubicación, material, elevación de la base, elevación del nivel alto del agua, y dimensiones;

- Medidores de clientes: tamaño, marca, número de serie, número de cuenta, fecha de instalación, fecha de reemplazo de registro, fechas de calibración, y registros de consumo de clientes;

- Hidrantes: Coordenadas de ubicación, dimensión del tubo, marca, registros de mantenimiento, y fecha de instalación; y pueden incluir también

- Fotos y otra información digital

La proliferación de dispositivos móviles impacta todo tipo de industrias y aplicaciones, y el GIS no es la excepción. Los avances de tecnología GIS y en la informática móvil y de la nube, permiten ahora a las organizaciones llevar GIS al campo, donde los trabajadores pueden interactuar directamente con la información necesaria para ver, capturar, actualizar y sincronizar los cambios entre el campo y la oficina.

2.5. CONTROL DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)

El sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) es un programa de aplicación de software con apoyo de recolección de datos en tiempo real, capaz de automatización desde un nivel básico a un nivel muy alto de sofisticación. El SCADA puede ser expandido con la adición de sensores que recogen datos sobre equipamiento tales como la presión en una bomba, niveles de tanques, temperatura del agua y concentraciones residuales de cloro.

Ventajas del SCADA

- Los operadores no tienen que leer y registrar manualmente lecturas de medidores a intervalos regulares porque los datos sobre utilización de agua son recogidos automáticamente;
- Los datos pueden ser descargados a conveniencia del operador. Pueden generar informes pre-programados en forma instantánea; y
- Pueden ser preparados para acceso telemétrico por radio, satélite, teléfono celular, o teléfono de línea fija y le permiten al usuario un control remoto del sistema y acceso instantáneo a los datos.

Telemetría. La telemetría consiste básicamente en acceder a los datos y controlar el sistema por medios a distancia. Una telemetría básica de SCADA puede hacerse vía satélite, radio, y teléfono celular o de línea fija. Con una instalación de telemetría, los operadores pueden programar el sistema para que funcione automáticamente y pueden acceder al sistema a distancia para verificar su estado, y operarlo en cualquier momento.

2.6. MODELOS HIDRÁULICOS Y DE CALIDAD DE AGUA

Los modelos hidráulicos se han tornado una herramienta esencial para la planificación, diseño, operación y optimización de redes de distribución de agua. Algunas empresas avanzadas están usando actualmente modelos hidráulicos en tiempo real para monitorear y resolver problemas de su sistema de distribución. Estos modelos están convirtiéndose en una parte cada vez más importante de las operaciones del servicio. Una aplicación del modelado hidráulico es el análisis de las redes de tuberías. Utilizando algoritmos programados para resolver repetidamente ecuaciones de continui-

dad y energía, el software informático puede reducir en gran medida la cantidad de tiempo requerido para analizar un sistema que opera bajo presión. Los modelos hidráulicos pueden convertirse en una valiosa herramienta y muchas compañías han desarrollado modelos de sus sistemas y los utilizan para planificar crecimiento y expansiones del sistema en el futuro.

A menudo los modelos hidráulicos son utilizados para validar el diseño de tuberías nuevas o rehabilitadas. También son utilizados para verificar la capacidad del sistema o analizar el efecto de infraestructura modificada dentro del contexto de todo el sistema de distribución de agua o su sub-sistema. La mayoría del software de modelado hidráulico comercialmente accesible presenta las siguientes características:

- Análisis de estado-estable;
- Análisis de períodos extendidos;
- Análisis de flujo anti-incendios;
- Análisis de transientes hidráulicas;
- Análisis de calidad de agua;
- Desarrollo de escenarios;
- Optimización de presión;
- Evaluación de escenarios de demanda existente y futura;
- Optimización operacional;
- Análisis del suministro actual del agua y de emergencia.

La calibración y validación del modelo según los datos observados son necesarias a fin de establecer el nivel requerido de precisión de un modelo hidráulico. También se necesita un adecuado entrenamiento del personal para desarrollar confianza en la capacidad del modelo de representar lo que está sucediendo en el sistema, y qué puede suceder bajo futuros escenarios.

MODELOS DE CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua, aunque sea aceptable a la salida de la planta de tratamiento, puede deteriorarse antes de llegar al usuario. Los cambios en la calidad pueden ser causados por transformaciones químicas o biológicas, por una pérdida de la integridad del sistema, o por la mezcla de aguas de diferentes fuentes. Hasta recientemente, poca atención era prestada al problema del cambio de calidad del agua en el sistema de distribución. Datos de calidad en el campo son importantes para desarrollar, verificar y comprender los modelos predictivos. Esos datos de calidad deberían ser recogidos con intervalos de tiempo suficientes como para reflejar cambios en la dinámica del sistema. Las simulaciones apoyan a la compañía de servicios en el mantenimiento de la calidad del agua potable. Los escenarios que a menudo son simulados con modelos de calidad de agua son:

- Mezclar aguas de diferentes fuentes;
- Edad del agua a lo largo de un sistema;
- Niveles de cloro residual;
- Aumento de subproductos desinfectantes.

2.7. MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA A DISTANCIA

El método más comúnmente utilizado en todo el mundo para desinfectar agua potable es una dosis de cloro, y una concentración residual de cloro es esencial a lo largo de la red de distribución para prevenir la re-contaminación. La mayoría de las empresas de servicios en el mundo realizan monitoreos periódicos de cloro residual y Recuento de Placas Heterotróficas (HPC) en diferentes puntos de la red. Este procedimiento es tedioso y requiere que las muestras de agua sean enviadas a un laboratorio para ser analizadas; los datos podrían ser registrados y luego analizados para determinar si el sistema cumple con los límites de cloro residual. En años recientes muchas compañías han implementado sistemas de monitoreo de calidad de agua a distancia, mayormente movidas por cuestiones de seguridad. Los parámetros más comúnmente monitoreados en estos sistemas de monitoreo a distancia son:

- Turbidez
- pH

- Conductividad

- Cloro residual

- Carbono orgánico total

La instalación y operación de un sistema de monitoreo continuo en el sistema de distribución o “Sistemas de Redes Inteligentes” permite una comprensión de las condiciones de suministro de agua que podrían haber sido previamente desconocidas o no totalmente entendidas. Las ventajas de utilizar el monitoreo a distancia son:

- Permitir la corrección de problemas en un corto período de tiempo;

- Mejorar la calidad del agua distribuida, por medio de datos sobre calidad en tiempo real;

- Proveer protección adicional a la salud pública;

- Proveer alertas tempranas de adulteración del sistema y ataques terroristas;

- Monitoreo de los parámetros convencionales de calidad de agua (por ejemplo, cloro, pH y conductividad), con el potencial de detectar escenarios de contaminación de graves consecuencias que de otro modo no serían detectados a tiempo para acciones de respuesta; y

- Ahorros en costos operacionales y de mantenimiento/reemplazo.

Los desafíos de los sistemas de control de calidad del agua a distancia pueden incluir:

- Lograr una tasa aceptable de alertas inválidas y desarrollar un proceso de investigación de alertas que maneje efectivamente las alertas inválidas, minimizando el impacto operativo y manteniendo la atención del personal;

- Manejar, entre otras condiciones, la variabilidad en la calidad de agua del sistema de distribución dado que esto puede complicar el manejo de la tasa de alertas inválidas;

-
- Financiar costos del capital inicial y costos de O&M (Operación & Mantenimiento) en curso que podrían ser altos (los costos efectivos dependerán del número y clase de sensores instalados) y proveer adecuado entrenamiento al personal de la compañía;
-
- Mantener y calibrar los sensores a través de esfuerzos de la compañía continuos y consistentes; y
-

La efectividad del monitoreo de calidad de agua a distancia depende de:

- El tipo, número y colocación de sensores (existen herramientas de apoyo para la optimización de la colocación de sensores);
-
- La frecuencia de la recolección de datos y procedimientos de análisis;
-
- El mantenimiento y calibrado efectivo del equipo;
-
- El grado al que los monitores están integrados dentro de un programa general comprensivo incluyendo sociedades de primer nivel de respuesta; y
-
- Cultura empresarial de apoyo (por ejemplo, personal que siga los procedimientos establecidos).
-

En este capítulo se ha presentado una extensiva pero no exhaustiva revisión de opciones de SWITs, junto con sus principales ventajas y limitaciones. La implementación de dichas tecnologías debería estar integrada dentro de la estrategia de largo plazo de la compañía, y que debería existir un esfuerzo progresivo y constante para ampliar el uso de esas tecnologías con el objetivo de mejorar la calidad del servicio, reducir sus costos, y optimizar el uso de los recursos humanos, financieros y ambientales.

3.0. ESTUDIO DE CASO: La Barbados Water Authority (BWA)

El estudio de caso de la Barbados Water Authority (BWA) se presenta porque esa compañía ha implementado varias SWITs, incluyendo Modelado Hidráulico, Sistemas de Información de Gestión (MIS), Sistemas de Gestión de Relaciones con los Clientes (CRM), Sistemas de Información Geográfica (GIS), Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA), y Medición Inteligente. El estudio se basa sobre:

- Entrevistas con varios miembros del personal de la BWA para obtener información sobre las “lecciones aprendidas” en la implementación de SWITs y el nivel de competencia alcanzado en sacar plena ventaja de esas herramientas y de las SWITs;
- Revisión de los registros relevantes que podrían aportar información sobre la efectividad de las SWITs implementadas por la empresa;
- Revisión de la estrategia general de la compañía para la integración y cronograma para la implementación de las SWITs;
- Observación de las instalaciones relevantes de herramientas de SWITs utilizadas por la BWA

La BWA es la entidad de Barbados encargada de proveer la isla con agua potable y colecta y tratamiento de aguas residuales para las áreas de Bridgetown y la Costa Sur. La Autoridad es asimismo responsable del monitoreo, evaluación, control y protección de los recursos hídricos en representación del interés público.

La compañía brinda una cobertura casi total de suministro de agua aunque algunos individuos tienen derechos históricos de bombeo para explotar las aguas subterráneas de sus propios pozos y perforaciones. Los recursos de la empresa son principalmente agua subterránea de buena calidad de acuíferos no confinados que ésta desinfecta y bombea hacia el sistema de distribución. La BWA ha logrado proveer agua a los clientes sobre un esquema 24/7 a una presión relativamente buena. A la inversa, el sistema no está fuertemente integrado, es bastante inflexible, y está pobremente monitoreado.

En 2011 el BID aportó financiamiento a la BWA para cooperación técnica (TC)(BA- T1010) para ayudarla a desarrollar una planificación estratégica de largo plazo y un detallado plan de acción para mejorar su eficiencia económica, calidad de servicios y sostenibilidad financiera de largo plazo. Específicamente, la TC tenía la finalidad de desarrollar el marco institucional, evaluar la idoneidad de los recursos humanos, Sistemas de Información de Gestión (MIS), y la gestión del suministro de agua, redes de aguas residuales y recursos hídricos. El proyecto incluía la preparación de un Plan de Acción para el fortalecimiento institucional y mejoras de la infraestructura hídrica. Las conclusiones de la TC apoyaron la definición del alcance del préstamo BID BA-L1015.

3.1 EVALUACIÓN DE SWITS EN BASE A ENTREVISTAS DURANTE LA VISITA

La BWA ha introducido significativas mejoras en su sistema de suministro y distribución de agua en los últimos cinco años. Sin embargo, algunos de los esfuerzos para mejorar la eficiencia del servicio están todavía en desarrollo y en algunos casos las actividades planificadas no han logrado alcanzar sus metas, o no han estado a la altura de las expectativas. A continuación se presentan cuestiones específicas en conexión con SWITs.

1. **GIS** — La implementación de un GIS fue iniciada como parte de la consultoría que desarrolló el plan de acción para mejorar la eficiencia de la compañía. Se hicieron trabajos adicionales con apoyo de un consultor externo. Sin embargo, la validación de campo de varios atributos del GIS continúa pendiente y muchos esfuerzos son todavía necesarios para el desarrollo de un GIS pleno.
2. **Geo-referenciación de Medidores De Clientes** — Esta tarea fue procurada, contratada y completada. Aún está pendiente la validación y revisión de la exactitud de la información y del nivel real de conclusión.
3. **Modelo Hidráulico** — Como parte de la consultoría inicial que desarrolló el plan para mejorar la eficiencia de la BWA se comenzó un modelo hidráulico. Durante el año pasado hubo progresos adicionales en este esfuerzo. Los archivos del modelo hidráulico fueron evaluados y el modelo fue calibrado con datos de campo en 2016. No obstante, el modelo no es todavía plenamente funcional dado que fueron detectados varios errores, por ejemplo, presiones negativas, nodos con elevación cero, etc. Adicionalmente, la BWA no tiene el software adecuado para utilizar el modelo pleno. La versión del software que la empresa tiene en propiedad está restringida por el número de tuberías, y el modelo actualizado excede el número autorizado de tuberías. Considerando que esto es una herramienta crucial para que pueda hacer una planificación adecuada de DMAs e integración de AMR y sistemas de gestión de información, la compañía debería:

- Requerir a la consultora que desarrolla el modelo que brinde un modelo plenamente funcional lo más pronto posible; y

 - Adquirir el software necesario para utilizar el modelo a plenitud.

4. **Medidores Maestros** — La BWA compró parte de los medidores maestros necesarios para el planeado proyecto DMA. Al tiempo de la evaluación, esos medidores no habían sido instalados.
5. **Reemplazo De Tuberías** — La BWA reemplazó 48,5 km de tuberías a un costo de US\$19,0 millones o US\$392 por metro, utilizando métodos convencionales al igual que técnicas sin zanja tales como ruptura de la conducción y perforación direccional. La compañía planea actividades adicionales de reemplazo que deberían basarse sobre:
- Una evaluación revisada de las condiciones de las tuberías;

 - La información a ser colectada sobre futuros DMAs; y

 - Un análisis revisado de los datos de fallas de tuberías para determinar las causas y sitios donde el deterioro es más predominante.

6. **SCADA** — La BWA procuró y contrató los servicios de un consultor externo para establecer un sistema de SCADA que incluyera niveles de los tanques y condiciones de las bombas. El sistema está operando pero aparentemente el personal de la empresa no lo está utilizando en sus operaciones diarias. En consecuencia, la BWA debería:
- Darle al personal de operaciones entrenamiento sobre SCADA;

 - Revisar los Procedimientos Estándar de Operaciones; e

 - Incluir el SCADA como herramienta operacional para manejar pozos, bombas y tanques y DMAs cuando son instalados.

7. **Sistemas de Información De Gestión** — La BWA está implementando actualmente un

Proyecto de Transformación de Negocios a través de un apoyo del gobierno de Canadá. Según el contratista que lo ejecuta — CoWater — este proyecto logrará integrar dentro del servicio el sistema de información de administración. Incluirá sistemas de Información para el cliente [CIS], administración de las órdenes de trabajo, y sistemas de facturación comercial. Se espera que el Sistema de Información de Gestión [MIS] maneje datos de 50.000 medidores de clientes. También incluirá 200 clientes comerciales de una red de AMR monitoreada por medio de vehículos.

8. **DMAs y NRW** — La BWA está planeando la implementación de su proyecto de DMA con recursos financieros de un préstamo del Banco de Desarrollo del Caribe [CDB]. El proyecto depende de la calibración y funcionalidad del modelo hídrico y es crucial para la implementación del reemplazo de los medidores de AMR.

3.2 LECCIONES APRENDIDAS Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE CASO

1. Durante los últimos cinco años, la BWA ha aumentado su capacidad y parte de su personal ha mejorado su capacidad para la adquisición e implementación de SWITs. En general, parece que el personal de la empresa aún carece de la competencia, entrenamiento y motivación necesarios para sacar plena ventaja de los beneficios de SWITs.
2. Aparentemente los proyectos de adquisición y ejecución han sido llevados a cabo sin la necesaria integración beneficiosa ni adecuada secuenciación.
3. Se han iniciado varios componentes de SWITs pero pocos han sido completados o validados.
4. Es un hecho común que luego de que los proyectos son ejecutados no haya seguimiento ni supervisión para asegurar que el trabajo sea hecho en forma acorde con las especificaciones o planes. En general, hay ausencia de liderazgo técnico y de capacidad profesional para ejecutar los proyectos y sacar ventaja de los beneficios de la nueva tecnología.

Estas observaciones relativas a este estudio de caso reflejan en realidad cuestiones comunes que se dan en la mayoría de las empresas de servicios en el mundo con respecto a la implementación de SWITs.

4.0 ESTUDIO DE COMPAÑÍAS DE SERVICIOS PÚBLICOS

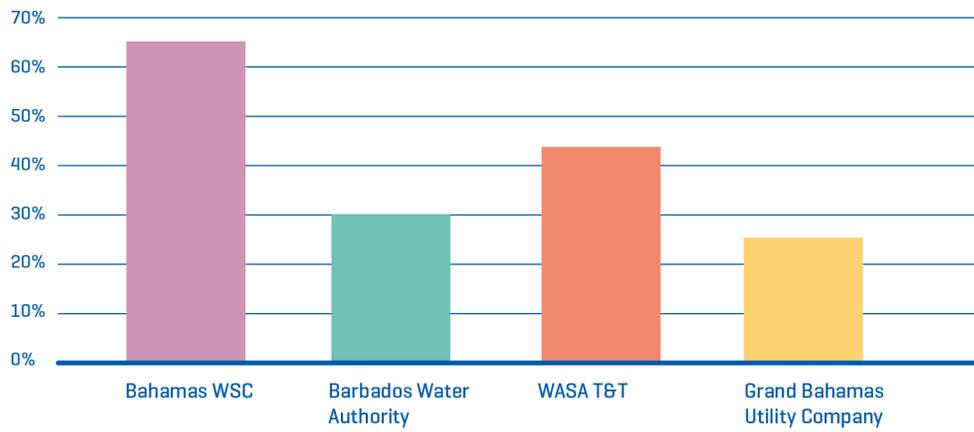
Un estudio de compañías de servicios públicos con respecto al uso de SWITs fue hecho entre las empresas de agua en el Caribe, incluyendo Bahamas Water and Sewerage Corporation (WSC), Barbados Water Authority (BWA), Grand Bahamas Utility Company (GBUC), la National Water Commission (NWC) de Jamaica y la Water and Sewerage Authority (WASA) de Trinidad y Tobago. El formulario del estudio y el sumario de los resultados en la Figura 5.

x-Bahamas WSC | **T**-WASA T&T | **G**-Grand Bahamas Utilities Company | **B**-Barbados Water Authority

Estado de SWITs	Smart Metering (AMR/AMI)	Meter Testing	District Metered Areas (DMAs)	Pressure Management	Pressure Metered Areas (PMAs)	Active Leak Detection and Leak Detection Surveys	Management Information Systems (MIS)	Customer Relations Management Systems (CRM)	Geographical Information Systems (GIS) including asset georeferencing	Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)	Hydraulic Modeling	Water Quality Modeling	Remote Water Quality Monitoring
La Compañía ha implementado esta SWIT	xT		xT	xT	xT	xTB	xTB	xTB	xTB	xTB	xTB		xT
La Compañía planea implementar esta SWIT	xGB	B	GB	GB	GB							xTGB	GB
Nivel de desarrollo													
Completo			x	x	x	x	x	x	x	x			
Menos de 20%	TGB	TGB	B	TB	TB	G	G		G	GB	G	TGB	xTGB
Entre 20% y 50%						B							
Entre 50% y 80%								G	B		T	x	
Alrededor de 90%						T	TB	TB	T		xB		
100%													
Nivel de Uso Real													
Menos de 20%	TGB	TGB	GB	TGB	TGB	GB	G		G	GB	GB	TGB	TGB
Entre 20% y 50%			T			T				T	x		
Entre 50% y 80%								T	B		T		

continúa en la siguiente página

NIVEL ESTIMADO DE IMPLEMENTACIÓN DE SWITs



> FIGURA 7. Clasificación general de compañías según SWITs.

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluaciones de la implementación de SWITs en las compañías de servicios de agua en el Caribe, permiten extraer las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- En general, un liderazgo profesional y compromiso con la integración de tecnologías son claves para el éxito de una mejora del sistema de aguas y un programa de modernización. Un “Equipo de Integración de SWIT” debería ser designado y entrenado desde el comienzo del proyecto.

- Es importante que la compañía desarrolle una visión y un plan de acción a largo plazo para integrar y optimizar SWITs. La planificación y la visión deberían ser desarrolladas con personal interdepartamental y con la asistencia de profesionales con vasta experiencia en las disciplinas pertinentes.

- Es necesario que la implementación de SWITs sea gradual (por ejemplo, AMR/AMI no deberían ser iniciadas antes de DMAs y PMAs. Adicionalmente, DMAs y PMAs deberían ser implementados en paralelo con un MIS integrado a fin de sacar plena ventaja de los beneficios e inversión).

- Los programas de reemplazo y rehabilitación de tuberías (R&R) deberían ser considerados como último recurso sólo después de:
 - Una adecuada evaluación de las condiciones de los tubos
 - Un análisis de criticidad de la infraestructura
 - Tener DMAs y PMAs en los sistemas y saber con certeza dónde se producen situaciones de agua no recuperable (por medio de DMA/PMA) de modo que las pertinentes prioridades de R&R puedan ser establecidas en base a un caso de negocios.

- La implementación de proyectos parece ser más exitosa cuando un contratista con experiencia en el tema se hace cargo, particularmente en proyectos llave en mano. No obstante, también es necesario que estas actividades de terceros en proyectos llave en mano sean estrictamente supervisadas y monitoreadas respecto del presupuesto,

cronograma y precisión técnica. El pago a los contratistas debería estar estrictamente vinculado con el rendimiento y adecuada ejecución. Estos proyectos requieren un fuerte componente de entrenamiento y participación permanente del personal de la compañía que debe ser financiera y profesionalmente incentivado para llevar a cabo operaciones futuras

- SWITs como GIS, Modelos Hidráulicos, y Gestión de Activos, deberían ser desarrollados en una fase inicial previa a la implementación de SWITs de capital intensivo. La Figura 14 muestra un diagrama de flujo de secuencia sugerida de preparación e implementación de SWITs.
- Tal como se muestra en la Figura 14, la planificación e implementación de SWITs es un proceso interactivo y requiere una significativa curva de aprendizaje para integrar y sacar beneficios plenos de la tecnología y herramientas. En general, el factor humano en gestión, operaciones, ingeniería, servicios comerciales y servicios al cliente, gestión de información, entrenamiento, y experiencia externa son claves para la exitosa planificación, procedimiento presupuestario, programación e implementación de SWITs.



FIGURA 8: Desarrollo e implementación de SWITs sugeridos

REFERENCIAS

- E. ARNIELLA; J. THORNTON—“Non-revenue Water Component Analysis Defines Water Loss Control Strategies” North America Water Loss 2015, Atlanta Georgia Diciembre 2015.
- E. ARNIELLA—“Optimizing Surge Control Options Through Monitoring and Modeling” AWWA ACE14, Boston, Junio 2014.
- E. ARNIELLA—“Component Analysis to Prioritize NRW Reduction Investments” IWA Water Loss 2014, Viena, Austria, Abril 2014.
- E. ARNIELLA, R. ROSBURY—“Getting a Handle on Water Main Breaks” AWWA Distribution Systems Symposium, Chicago, Septiembre 2013.
- E. ARNIELLA—“District Water Balance Method for Water Loss Component Analysis in DMAs”, AWWA Distribution Systems Symposium, Chicago, Septiembre 2013.
- E. ARNIELLA, W. JERNIGAN—“AWWA Water Audits/Water Loss Control Webinar” Diciembre 19, 2012.
- E. ARNIELLA—“Analysis of Water Loss Components using District Water Audits ” Caribbean Water and Wastewater Association, 21º Conferencia Anual, Paradise Island, Bahamas, Octubre 2012.
- M. BRACKEN—“Acoustic Condition Assessment”, Publicado el 8 de Noviembre del 2016.
- CARDIMONA, S.J., CLEMENT, W.P. AND KADINSKY-CADE, K. “Seismic reflection and ground-penetrating radar imaging of a shallow aquifer”. Geophysics, 63, 1310±1317. 1998.
- M. DOBRICEANU, A. BITOLEANU, M. POPESCU, S. ENACHE, E. SIBTIRELU—“SCADA System for Monitoring Water Supply Networks” Faculty of Electromechanical, Environmental and Industrial Info University of Craiova, Decebal Bd. 107, 200440, Craiova, ROMANIA
- J. THORNTON, A. LAMBERT—“Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships”, 2008
- J. THORNTON—“Water Loss Control Manual”, McGraw-Hill, ISBN 007-1374345, 2002
- J. THORNTON—“Managing Leakage by Managing Pressure”. Water 21, Octubre del 2003
- U.M. SHAMSI—“GIS Tools for Water, Wastewater, and Stormwater Systems”, ASCE Press, 2002



**EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTELIGENTES
PARA INFRAESTRUCTURA HÍDRICA
[SWIT]**

