



Propuesta Tecnológica para el Monitoreo y Detección de Fugas en Redes de Acueducto

César Iván Duarte Quijano

Ingeniero Electrónico

K-tecnol Saing S.A.S

Bogotá, Colombia

c.duarteq@uniandes.edu.co

Resumen—K-Tecnol ha identificado una oportunidad estratégica para incursionar en el desarrollo e implementación de tecnologías orientadas a la detección de fugas de agua y conexiones ilegales en sistemas de acueducto a gran escala. Esta problemática representa pérdidas significativas para las empresas operadoras del servicio, ya que el agua no facturada no es recuperable económicamente. En Colombia, al igual que en muchos otros países, los métodos actuales para detectar fugas y fraudes han resultado insuficientes debido a la falta de tecnologías avanzadas. Para enfrentar este reto, K-Tecnol propone el uso del sistema Zonescan de la compañía suiza Gutermann, el cual emplea sensores inteligentes y software de mapeo geoespacial para la detección precisa y en tiempo real de fugas. Esta iniciativa busca optimizar la eficiencia operativa de los acueductos y mejorar la sostenibilidad del recurso hídrico.

Palabras clave—Detección de fugas de agua, Conexiones ilegales (bypass), Sistemas de acueducto, Agua no facturada, Sensores inteligentes, Gutermann, Zonescan, Monitoreo en tiempo real, Mapeo geoespacial, Infraestructura hídrica, Redes de distribución de agua

I. INTRODUCCIÓN

Las fugas de agua y las conexiones ilegales representan una problemática crítica en los sistemas de acueducto a gran escala, tanto en Colombia como a nivel mundial. Estas situaciones generan pérdidas significativas para las empresas prestadoras del servicio, ya que implican volúmenes de agua no facturada que afectan directamente la sostenibilidad financiera y operativa del sistema. Aunque existen mecanismos tradicionales de detección y canales de denuncia ciudadana, estos han demostrado ser poco efectivos debido a la limitada disponibilidad de tecnologías especializadas. [1]

En este contexto, la empresa K-Tecnol ha manifestado un fuerte interés en incursionar en el desarrollo e implementación

de soluciones tecnológicas que permitan abordar esta problemática de manera eficiente. Como parte de esta iniciativa, se ha identificado el potencial del sistema Zonescan, desarrollado por la empresa suiza Gutermann, el cual está diseñado para detectar fugas mediante sensores inteligentes que operan en tiempo real. Este sistema se complementa con un software de análisis que permite mapear la red de distribución y localizar con precisión los puntos de pérdida.

La integración de este tipo de tecnologías no solo busca mejorar la eficiencia en la operación de los sistemas de acueducto, sino también contribuir a una gestión más sostenible del recurso hídrico, alineada con las necesidades actuales del sector.

II. OBJETIVOS

II-A. Objetivo general:

Implementar una solución tecnológica basada en sensores inteligentes y análisis geoespacial para la detección eficiente de fugas de agua y conexiones ilegales en sistemas de acueducto a gran escala, con el fin de reducir las pérdidas de agua no facturada y mejorar la eficiencia operativa del servicio.

II-B. Objetivos específicos:

- Implementar un modelo de monitoreo geoespacial que permita mapear la red de distribución de agua, detectar patrones de pérdida y generar alertas tempranas ante posibles conexiones ilegales o anomalías en el sistema.
- Integrar el sistema Zonescan de Gutermann en una red de acueducto, evaluando su capacidad para identificar fugas en tiempo real mediante sensores distribuidos.

III. PROBLEMÁTICA DE LAS FUGAS Y CONEXIONES ILEGALES

En los sistemas de acueducto, las fugas de agua y las conexiones ilegales (bypass) constituyen dos de los principales factores responsables de las pérdidas de agua no facturada. Estas pérdidas representan un desafío crítico tanto desde el punto de vista económico como operativo para las empresas prestadoras del servicio de agua potable.

III-A. Fugas de agua

Las pérdidas de agua ocurren en diferentes lugares de la red: en uniones, válvulas, tuberías en mal estado o mal colocadas, y en accesorios que han envejecido. Aunque muchas de estas pérdidas suceden bajo tierra y son difíciles de notar en la superficie, su acumulación puede ser significativa, afectando la presión del sistema, causando cortes en el servicio y, en situaciones severas, dañando carreteras o edificaciones. De acuerdo con investigaciones internacionales, las fugas pueden representar entre el 20 % y el 40 % del total de agua producida [2], dependiendo de la condición de la infraestructura y del nivel de mantenimiento. En Colombia, este asunto se agrava debido a redes anticuadas, la falta de vigilancia en tiempo real y limitaciones presupuestarias en las empresas encargadas, especialmente en áreas rurales o con alta dispersión de viviendas.

III-B. Conexiones ilegales

Las conexiones ilegales son aquellas que se instalan sin el permiso de la empresa que opera el servicio, con el objetivo de obtener agua sin pagar. Estas acciones, además de ser ilegales, provocan una carga extra en el sistema, desequilibrio en las presiones del agua y alteraciones en las mediciones de uso. También complican la planificación y la expansión efectiva de la red, ya que la información recopilada por los operadores no muestra la verdadera demanda. La lucha contra este tipo de fraude se ha centrado principalmente en revisiones manuales y en canales donde la ciudadanía puede reportar, estrategias que resultan insuficientes, requieren mucho tiempo y tienen una baja tasa de éxito.

III-C. Impacto general

La falta de facturación por el agua significa ingresos perdidos, mientras que los costos de producción, tratamiento y transporte siguen debiendo ser cubiertos. Además, se pierde eficiencia energética, se aumentan los gastos operativos y se produce un uso ineficiente del agua.

IV. TECNOLOGÍAS ACTUALES Y LIMITACIONES

La detección de fugas en redes de acueducto se basa principalmente en métodos manuales:

- Inspección auditiva con geófonos
- Balances hidráulicos entre el agua suministrada y la facturada
- Sistemas SCADA básicos para monitoreo de presión y caudal

Aunque estas herramientas ayudan a detectar anomalías generales, tienen importantes desventajas: necesitan la intervención de personas, cubren solo una parte de la red y no son precisas para encontrar fugas subterráneas o conexiones ilegales. También, tecnologías como las cámaras térmicas o las inspecciones visuales no son muy efectivas en áreas urbanas densas o con redes subterráneas.

Estas desventajas hacen que sea difícil detectar problemas de manera rápida y eficiente, lo que aumenta los costos operativos y retrasa el tiempo de respuesta en situaciones de pérdida. En especial, encontrar conexiones ilegales es un gran reto, ya que no suelen producir señales hidráulicas claras. Por esta razón, es fundamental adoptar tecnologías avanzadas que combinen sensores inteligentes, análisis de datos y monitoreo en tiempo real, lo que permitirá una supervisión más exacta y constante de toda la red de distribución.

V. TECNOLOGÍA ZONSCAN

El sistema Zonescan, desarrollado por la empresa Guterma, la cual es una empresa con más de 70 años de experiencia especializada en tecnologías de detección acústica de fugas de agua. Sus soluciones se utilizan en más de 100 países. La implementación de esta tecnología es una solución avanzada para la detección automática de fugas en redes de acueducto. Este sistema utiliza sensores acústicos inalámbricos que se instalan en válvulas y puntos de acceso a la red. Cada sensor registra el ruido característico que generan las fugas y transmite la información en tiempo real a través de redes de comunicación hacia una plataforma centralizada.



Figura 1. Tecnología Zonescan

V-A. Zonescan SMART

Zonescan SMART es la plataforma de software encargada de analizar y visualizar la información recopilada por los sensores acústicos del sistema. Esta herramienta está basada en Google Maps, por lo que el mapeo geográfico depende de la disponibilidad cartográfica en la zona de implementación. Para ilustrar su funcionamiento, se toma como referencia el ejemplo mostrado en [3].

Cada punto representado en el mapa corresponde a un sensor instalado en ubicaciones estratégicas de la red. El color del punto indica su estado: verde si no se detecta ninguna anomalía, amarillo cuando hay indicios iniciales de una posible

fuga, y rojo cuando el sistema detecta una alta probabilidad de pérdida. Esta clasificación se basa en múltiples parámetros acústicos medidos por los sensores.

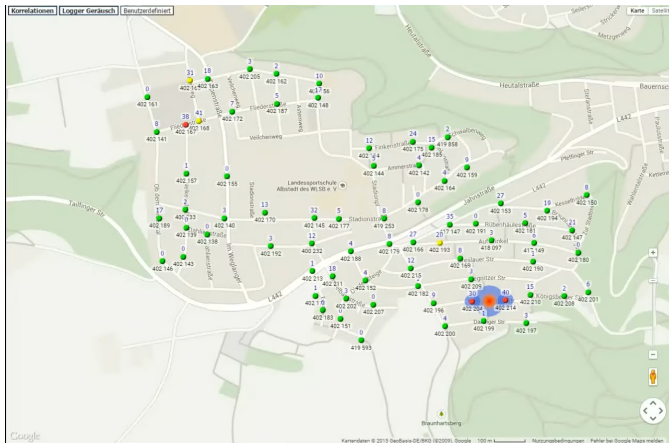


Figura 2. Vista geoespacial

El sistema permite mapear toda la red de acueducto con alta precisión, e incluso incorporar información técnica de las tuberías, como el diámetro y el material. Al hacer clic sobre un sensor, se accede a sus datos registrados, los cuales se recopilan automáticamente entre cada 1 y 2 horas durante la noche, con muestreos cada 5 a 10 segundos.

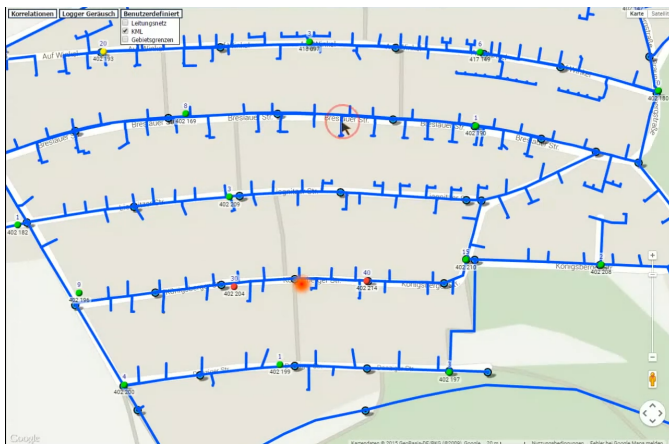


Figura 3. Mapeo de acueducto

Entre los datos que se presentan se encuentra un histograma de amplitud del ruido (en dB), el cual permite identificar cambios anómalos. Aunque el sistema no puede determinar directamente la causa del ruido, también muestra el espectro de frecuencia captado, ya que las fugas suelen generar sonidos en rangos específicos (en Hz) el sistema es capaz de reconocer la falla. El análisis de estos patrones facilita la identificación de fugas reales frente a otras fuentes de ruido.

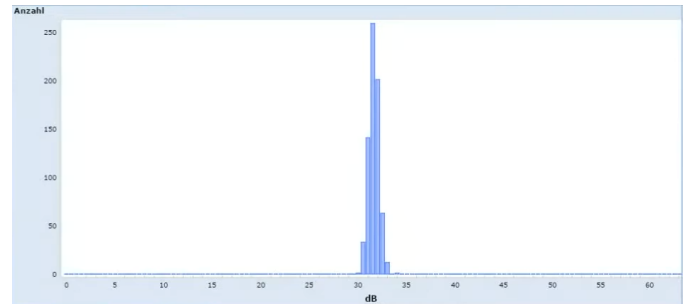


Figura 4. Histograma

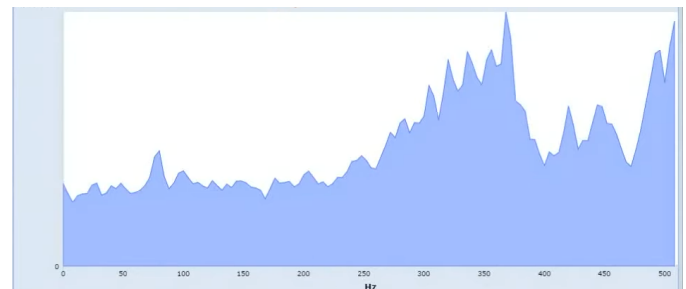


Figura 5. Espectro

Además, el sistema incluye un registro histórico del comportamiento acústico, lo que permite identificar anomalías cuando se detectan valores elevados de forma constante a lo largo del tiempo. Otra funcionalidad destacada es la posibilidad de escuchar la grabación del ruido registrado por el sensor, lo cual puede apoyar el análisis técnico.

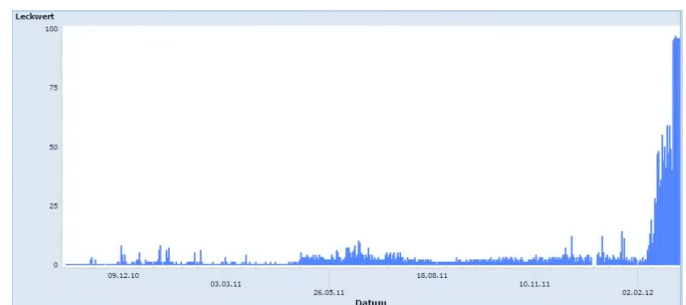


Figura 6. Diagrama histórico

Finalmente, mediante la correlación de señales entre dos sensores que detectan el mismo evento, el sistema es capaz de calcular con precisión la ubicación de la fuga. En el ejemplo analizado, la fuga fue localizada a 56,9m del sensor izquierdo y a 55,5m del derecho. Una vez identificada, el software puede generar un reporte detallado para facilitar la intervención del equipo de mantenimiento y reparación.

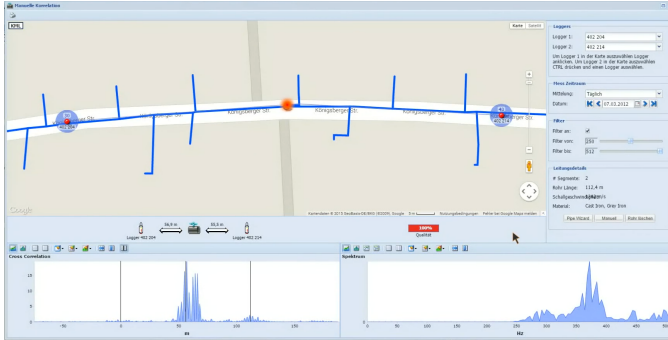


Figura 7. Detección de fuga

VI. IMPLEMENTACIÓN PILOTO Y RESULTADOS ESPERADOS

Se propone implementar el sistema Zonescan en una red de acueducto piloto que tenga características representativas, lo que permitirá evaluar su rendimiento en situaciones reales. La elección del área se basará en aspectos como los niveles históricos de pérdidas, la facilidad para acceder a puntos de instalación y la disponibilidad de información técnica sobre la red. Los sensores acústicos se colocarán en lugares clave para maximizar la cobertura y efectividad en la detección.

Durante la etapa piloto, se recogerán datos de ruido, espectros de frecuencia y relaciones entre los sensores, que serán analizados en la plataforma Zonescan SMART. Esta información ayudará a detectar fugas, problemas recurrentes y posibles conexiones ilegales, además de producir informes automáticos para el equipo técnico. Se espera que esta implementación disminuya de manera notable la cantidad de agua no facturada, mejore los tiempos de respuesta a incidentes de fuga y aumente la precisión para identificar las pérdidas. También permitirá mejorar el uso de recursos operativos y fortalecer la gestión predictiva del mantenimiento. En conjunto, esta solución representa un avance hacia la modernización de las redes de acueducto, enfocándose en la eficiencia, la sostenibilidad y la transformación digital.

VII. CONCLUSIONES

- La identificación temprana de filtraciones de agua y conexiones no autorizadas en sistemas de abastecimiento de agua es un reto fundamental para la viabilidad operativa, económica y ecológica de las empresas que ofrecen este servicio. Las técnicas tradicionales han mostrado ser inadecuadas para resolver este problema de forma efectiva, debido a sus limitaciones en cuanto a cobertura, precisión y automatización.
- La solución propuesta, que se basa en el sistema Zonescan de Gutermann, utiliza sensores acústicos avanzados y una plataforma de análisis geoespacial en tiempo real. Esto permite localizar fugas con exactitud y monitorear la red de manera continua. Su compatibilidad con tecnologías de comunicación mejora su funcionalidad en ambientes urbanos complicados y subterráneos.

- La adopción de esta tecnología en sistemas de abastecimiento de agua en Colombia podría disminuir considerablemente la cantidad de agua no facturada, aumentar la rapidez en la respuesta ante pérdidas y optimizar el uso de recursos operativos. Asimismo, representa un avance importante hacia la digitalización del sistema y el desarrollo de infraestructuras inteligentes.

REFERENCIAS

- [1] A. y U. De los Andes Trabajarán En Plan Para Gestionar Pérdidas de Agua, «Acueducto y U. de Los Andes trabajarán en plan para gestionar pérdidas de agua», Bogota.gov.co, 16 de enero de 2025. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/habitat/distrito-trabaja-en-plan-para-gestionar-perdidas-de-agua-en-bogota>
- [2] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Boletín Técnico de Prestación del Servicio Público de Acueducto, Bogotá, Colombia, acceso en línea: <https://www.superservicios.gov.co>
- [3] Gutermann - Intelligent Water Leak Detection, «Guide to ZONESCAN SMART», YouTube. 28 de agosto de 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=xd9SGkZETcw>
- [4] Guías y videos, Gutermann, 3 de julio de 2018. <https://es.gutermann-water.com/guias-y-videos/>