



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

UEN Investigación y Desarrollo
Centro Documentación e Información

Informe técnico Vigilancia Científico-Tecnológica (VCT)
**“Búsqueda documental sobre detección y atención de fugas en
sistemas de distribución de agua potable”**

Fecha de entrega: 20-12-2022

CÓDIGO DE REGISTRO DEL DOCUMENTO: 2022-106-334

Elaborado por: Elvira Guevara Rodríguez	Revisado por: MA. Juan Carlos Flores Zúñiga	Aprobado por: Ing. Jose Pablo Bonilla Valverde
--	--	---



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL
REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Jorge Luis Zapata Arroyo

N° Cédula: 2-0564-875

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC) la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr N° Teléfono: 2242-5090

Firma: _____



	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 2 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.3. Alcance de la solicitud	3
1.4. Limitaciones.....	3
2. METODOLOGÍA	4
2.2. Actividades realizadas	4
3. RESULTADOS.....	5
4. CONCLUSIONES	5
5. RECOMENDACIONES	5
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
7. ANEXOS.....	17
7.1 Entrevista: Ing. Laura Navarro Navarro	17
7.2 Análisis de solución tecnológica en el entorno competitivo.....	17

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 3 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El director de la UEN de Investigación y Desarrollo, Ing. German Mora Montezuma, realizó una solicitud de vigilancia científico-tecnológica (VCT) al Centro de Documentación e Información, mediante correo electrónico sobre **Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable**. El mismo fue registrado en el PIDi de la UEN-ID con el N° 2022- 06-165 con fecha 31-08-2022.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Contar con información actualizada y documentada sobre las investigaciones o propuestas que se han desarrollado a nivel nacional e internacional sobre el tema de **Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable**, que sirva como instrumento de consulta a los funcionarios del AyA, áreas técnicas y operativas para la toma de decisiones en materia de fugas de aguas.


1.3. Alcance de la solicitud

Investigar sobre las diferentes técnicas, metodologías, estrategias y experiencias que se han implementado en otras instituciones de agua potable y saneamiento en la detección y atención de fugas, con el propósito de mejorar la eficiencia y eficacia de los servicios para los usuarios del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

1.4. Limitaciones

Se realizó un proceso de búsqueda de información exhaustiva utilizando los diferentes recursos bibliográficos en línea y sobre la temática; sin embargo, la información que se localizó es a nivel internacional. No se encontró suficiente información sobre protocolos o procedimientos para atender las fugas de agua en forma expedita.

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 4 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

2. METODOLOGÍA

Para elaborar el VCT, se acudió a diferentes fuentes de información como: Google Académico, sitios especializados en agua potable y saneamiento, repositorios especializados y base de datos Taylor And Francis Online; plataforma multidisciplinaria con revistas científicas arbitradas que cuenta con otras bases de datos de consulta.

La información recopilada en este VCT corresponde a los sistemas y metodologías de detección de fugas en sistemas de distribución de agua potable y protocolos sobre atención de éstas en forma expedita.

Adicionalmente, como parte de la metodología, se realizó una entrevista a la Ing. Laura Navarro Navarro, miembro del equipo del Proyecto de Reducción de Agua no Contabilizada y Optimización de la Eficiencia Energética (RANC-EE) de la Gran Área Metropolitana. La funcionaria lidera la iniciativa de modelación hidráulica del Acueducto Metropolitano y su experiencia permite ganar perspectiva interna sobre el tema estudiado.

2.1. Conformación del equipo CEDI


El responsable del subproceso, M.A., Juan Carlos Flores Zúñiga, realiza la programación del VCT según las tareas establecidas al ejecutivo y asigna como responsable de esta actividad a la Licda. Elvira Guevara Rodríguez. La investigación dio inicio el 1 de diciembre del 2022 y se programó la entrega para el 16 de diciembre del presente.

2.2. Actividades realizadas

Para realizar este trabajo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Búsqueda de información por palabras claves en inglés y español sobre la temática en los diferentes sitios web a saber: sitios especializados en agua potable y saneamiento Google Académico, repositorios especializados, base de datos Taylor And Francis Online.

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 5 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

Revisión de cada uno de los archivos en formato pdf. recuperados, con el propósito de valorar la pertinencia de la información.

Acopio de la información y elaborar las referencias bibliográficas de todo el material seleccionado.

Entrevista realizada por correo electrónico a la Ing. Laura Navarro Navarro, experta en el tema. **(ver anexo)**.

3. RESULTADOS

Como producto final se incluye el Informe Técnico Final Vigilancia Científico-Tecnológica (VCT), el cual contiene información sobre las referencias bibliográficas del tema investigado. Además, cada referencia contiene un breve resumen en español e inglés que corresponden a artículos recuperados en línea y el respectivo enlace para el acceso al documento digital.

También se cuenta con los documentos en formato pdf., en caso de que se exista algún problema de acceso a alguna de las fuentes consultadas. **(Ver adjunto)**.


4. CONCLUSIONES

De acuerdo con la investigación realizada, se identificó que existe suficiente información a nivel internacional sobre detección de fugas de agua en sistemas de distribución de agua potable, entre ellos; informes, investigaciones, estudios, propuestas y recomendaciones. Sin embargo, en el tema de atención de fugas, específicamente en servicio al cliente no se encontró suficiente información, únicamente se localizó un App que fue diseñada por la Empresa SAPAL para atender las fugas en forma expedita. También algunas instituciones disponen de formularios en línea en sus sitio web para realizar el reporte respectivo y atenderlas según la legislación vigente de cada país.

5. RECOMENDACIONES

No aplican en este reporte.

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 6 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anaya Estévez, S. (2015). Modelo de gestión y optimización operacional de los daños en redes de distribución de agua. Maestría en Tecnologías de la Información Geográfica, Universidad Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2198>


Resumen

Este documento presenta la aplicación de una metodología simplificada para el desarrollo de un modelo de gestión, que permita optimizar la atención correctiva de los eventos sobre sistemas de distribución de agua potable, haciendo uso de áreas del conocimiento tales como la modelación hidráulica y los Sistemas de Información Geográfica y estableciendo como criterio principal del algoritmo para la priorización de los daños, la cantidad y costos asociados de agua que se pierden mientras el daño no es reparado, así como la cantidad y costos del agua que se deja de vender a los usuarios mientras duran los trabajos de reparación. Como complemento a este documento se introduce un modelo de predicción de regresión lineal múltiple que sirve como herramienta operacional muy valiosa para predecir las fallas para cada tubería durante su vida. Este proyecto toma algunos trabajos previos y el conocimiento en modelación hidráulica desarrollados en el CIACUA (Centro de Investigaciones de Acueductos y Alcantarillados) del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes, en conjunto con el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. La herramienta desarrollada y la metodología fueron aplicadas a la red de distribución de agua de la ciudad de Bucaramanga (Colombia).

Abstract

This document presents the application of a simplified methodology for the development of a management model, which allows optimizing the corrective attention to events on drinking water distribution systems, making use of areas of knowledge such as hydraulic modeling and Water Supply Systems. Geographic Information and establishing as the main criteria of the algorithm for the prioritization of damages, the amount and associated costs of water that are lost while the damage is not repaired, as well as the amount and costs of water that is not sold to users while repair work lasts. As a complement to this document, a multiple linear regression prediction model is introduced, which serves as a very valuable operational tool to predict failures for each pipe during its life. This project takes some previous work and the knowledge in hydraulic modeling developed in the CIACUA (Centro de Investigaciones de

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 7 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

Acueductos y Alcantarillados) of the Department of Civil and Environmental Engineering of the Universidad de Los Andes, in conjunction with the Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. The developed tool and the methodology were applied to the water distribution network of the city of Bucaramanga (Colombia).

- Coaquira Quispe, J., Perez Mamani, I. (2022). "Influencia del envejecimiento de tuberías en la existencia de fugas de la red de agua potable Sector II-A, Juliaca 2022". Universidad César Vallejo.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98535>

Resumen

Para el desarrollo de futuras metodologías para la detección de fugas de aguas en sistemas de distribución de agua potable, es necesario conocer cómo se encuentra la situación a nivel mundial. El trabajo documenta las diferentes técnicas existentes para la detección y localización de fugas en sistemas de distribución de agua potable, también realiza una comparación cualitativa para identificar cuáles son las más adecuadas según las condiciones existentes. De igual forma se analizó la condición actual de Colombia, con respecto al desarrollo mundial.

Abstract


For the development of future methodologies for the detection of water leaks in drinking water distribution systems, it is necessary to know how the situation is worldwide. The work documents the different existing techniques for the detection and location of leaks in drinking water distribution systems, it also makes a qualitative comparison to identify which are the most appropriate according to the existing conditions. In the same way, the current condition of Colombia was analyzed, with respect to world development.

- Comisión Nacional del Agua. (s.f.). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: mejora de eficiencia física.
<https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro39.pdf>

Resumen

El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS), está dirigido a quienes diseñan, construyen, operan y administran los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento de México; busca ser una referencia sobre los criterios, procedimientos, normas, índices, parámetros y casos de éxito que la Comisión

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 8 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

Nacional del Agua (Conagua), en su carácter de entidad normativa federal en materia de agua, considera recomendable utilizar, a efecto de homologarlos, para que el desarrollo, operación y administración de los sistemas se encaminen a elevar y mantener la eficiencia y la calidad de los servicios a la población. Este trabajo favorece y orienta la toma de decisiones por parte de autoridades, profesionales, administradores y técnicos de los organismos operadores de agua de la República Mexicana y la labor de los centros de enseñanza.

Abstract


The Drinking Water, Sewerage and Sanitation Manual (MAPAS) is aimed at those who design, build, operate and manage the drinking water, sewerage and sanitation systems in Mexico; seeks to be a reference on the criteria, procedures, norms, indices, parameters and success stories that the National Water Commission (Conagua), in its capacity as a federal regulatory entity in water matters, considers it advisable to use, in order to standardize them, so that the development, operation and administration of the systems are aimed at raising and maintaining the efficiency and quality of services to the population. This work favors and guides decision-making by authorities, professionals, administrators, and technicians of the water utility agencies of the Mexican Republic and the work of educational centers.

4. Delgado Galván, X. (2011). Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento. [Tesis de doctorado, Universitat Politècnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11238/tesisUPV3600.pdf>

Resumen

La tesis analiza los aspectos relacionados con las fugas de agua en las redes de distribución de agua. Trata de forma especial las diferentes metodologías de estimación de caudales fugados, así como el concepto de nivel económico de fugas, que plantea precisamente del equilibrio que toda empresa desea alcanzar entre los recursos invertidos para minimizar las pérdidas de agua y el valor del agua que se recupera con la inversión de dichos recursos. También presenta una descripción de las alternativas en que se divide la gestión de fugas, el planteamiento de estrategias de gestión, las posibilidades de establecimiento de objetivos de minimización de pérdidas de agua, el costo y beneficio en que se incurre por la existencia de fugas y su gestión, con la finalidad de incluirlas en la evaluación de proyectos y en la toma de decisiones. Se analizan las metodologías más adecuadas, optando por la utilización de la metodología AHP, la cual consiste en descomponer el problema de forma jerárquica, de manera que los elementos que constituyen éste se puedan observar

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 9 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

gráficamente, para así identificar niveles o jerarquías que hagan la diferenciación entre objetivos, criterios y alternativas.

Abstract


The thesis analyzes aspects related to water leaks in water distribution networks. It deals in particular with the different methodologies for estimating leaked flows, as well as the concept of economic level of leaks, which raises precisely the balance that every company wants to achieve between the resources invested to minimize water losses and the value of the water that is recovers with the investment of said resources. It also presents a description of the alternatives into which leak management is divided, the approach to management strategies, the possibilities of establishing objectives for minimizing water losses, the cost and benefit incurred by the existence of leaks and their management, in order to include them in project evaluation and decision-making. The most appropriate methodologies are analyzed, opting for the use of the AHP methodology, which consists of breaking down the problem in a hierarchical way, so that the elements that constitute it can be observed graphically, in order to identify levels or hierarchies that make the differentiation. between objectives, criteria, and alternatives.

5. El-Zahab, S., Zayed, T. (2019). detection in water distribution networks: an introductory overview. *Smart Water* 4, 5. <https://doi.org/10.1186/s40713-019-0017-x>

Resumen

Las fugas en las tuberías de transmisión de recursos son una preocupación creciente para la industria de transmisión de agua. Esto crea la necesidad de prevenir la amenaza de fugas y minimizar sus daños a través de una amplia investigación en tecnología de detección de fugas. Este trabajo proporciona una investigación exhaustiva sobre la historia de la detección de fugas en tuberías mediante el estudio de la base de datos de la web de conocimiento y la visualización de los resultados utilizando el software de visualización VOSviewer y CiteNetExplorer. El análisis de los resultados de la web of Knowledge presenta un conjunto de las diez palabras clave más utilizadas en el campo de la detección de fugas en tuberías que se describen y analizan con más detalle. Además, se llevó a cabo un análisis en profundidad de una muestra de documentos seleccionados al azar para obtener una idea del progreso en la industria durante las últimas cuatro décadas. Este artículo también define un enfoque novedoso para definir las fases de detección de fugas, es decir, el enfoque identificar-localizar-señalar. Además, se identifican dos clases de sistemas de detección de fugas, sistemas estáticos de detección de fugas y sistemas dinámicos de detección de fugas, así como sus capacidades diferenciadoras. Finalmente, este artículo proporciona un resumen de las tecnologías populares de

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 10 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

detección de fugas para proporcionar un amplio sentido de comprensión para el campo de investigación de detección de fugas.

Abstract


Leaks in resource transmission pipelines are a growing concern for the water transmission industry. This creates the need to prevent the threat of leaks and minimize their damage through extensive research in leak detection technology. This paper provides a comprehensive investigation into the history of pipeline leak detection by studying the knowledge web database and visualizing the results using the visualization software VOSviewer and CiteNetExplorer. The analysis of the results from the web of Knowledge presents a set of the ten most used keywords in the field of pipeline leak detection that are described and analyzed in more detail. In addition, an in-depth analysis of a randomly selected sample of documents was carried out to gain insight into the progress in the industry over the past four decades. This article also defines a novel approach to define leak detection phases, ie the identify-locate-report approach. Furthermore, two classes of leak detection systems, static leak detection systems and dynamic leak detection systems, are identified as well as their differentiating capabilities. Finally, this article provides a summary of popular leak detection technologies to provide a broad sense of understanding for the leak detection research field.

6. Malcolm, F. (2001). Leakage management and control: a best practice training manual. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/66893/WHO_SDE_WSH_01.1_eng.pdf

Resumen

Las fugas son uno de los problemas cruciales a tratar para mejorar la eficiencia y eficacia de los servicios de abastecimiento de agua. Aunque las técnicas y los aspectos institucionales involucrados en un programa de control de fugas son bien conocidos, faltan programas de capacitación sobre este problema. Este manual de formación pretende llenar esta brecha. Su uso debe verse como parte de una estrategia general para la promoción prácticas de operación y mantenimiento (O&M) en el contexto de un enfoque integral al desarrollo institucional.

Este manual de formación está dirigido a los profesionales responsables de la Operación y Mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua, que ya cuentan con alguna experiencia de formación. Eso ha sido diseñado para elevar el nivel de formación. Será de gran ayuda para la implementación de actividades de

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 11 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

capacitación y una herramienta importante para los capacitadores en el diseño, preparación y realización de cursos de formación sobre control de fugas.

Abstract

Leaks are one of the crucial problems to address in order to improve the efficiency and effectiveness of water supply services. Although the techniques and institutional aspects involved in a leak control program are well known, training programs on this issue are lacking. This training manual aims to fill this gap. Its use should be seen as part of an overall strategy for promoting operation and maintenance (O&M) practices in the context of a comprehensive approach to institutional development.

This training manual is aimed at professionals responsible for the Operation and Maintenance of water supply systems, who already have some training experience. That has been designed to raise the level of training. It will be of great help in the implementation of training activities and an important tool for trainers in designing, preparing, and conducting leak control training courses.

7. Norzaura Abd. R., Nur Shazwani. M., Wan Hanna M. Wan. M. (2018). Evolution of research on water leakage control strategies: where are we now? Urban Water Journal, **15**:8, 812-826.

https://www.academia.edu/41902089/Urban_Water_Journal_Evolution_of_research_on_water_leakage_control_strategies_where_are_we_now


Resumen

Este estudio proporciona una descripción general de las tendencias de investigación del siglo XXI para las estrategias de control de fugas de agua que se centran en la gestión de la presión, el control activo de fugas, la rehabilitación de tuberías, la gestión de activos y el diseño del área de medición del distrito (DMA). La principal estrategia para reducir las fugas de agua es la gestión de la presión de los sistemas de distribución de agua mediante la configuración óptima de una instalación de válvula reductora de presión. A pesar de las tecnologías disponibles, el compromiso del gobierno, los operadores de agua y los consumidores locales son el criterio más importante para la implementación efectiva de estrategias de control de fugas de agua.

Abstract

This study provides an overview of the 21st century research trends for water leakage control strategies that focus on pressure management, active leakage control, pipe

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 12 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

rehabilitation, asset management and District Metered Area (DMA) design. The main strategy to reduce water leakage is the pressure management of water distribution systems using optimal settings of a pressure reducing valve installation. Despite available technologies, the commitment from the government, the water operators and the local consumers are the most important criterion for the effective implementation of water-leakage control strategies.

8. Ochoa Alejo, L. (2022). ¿Es suficiente reparar las fugas de agua potable? Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento de México. https://revistaaneas.com/2022/09/es-suficiente-reparar-las-fugasde-agua-potable/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=es-suficiente-reparar-las-fugasde-agua-potable

Resumen

En este artículo se expone un análisis sobre el volumen de fugas de agua que se recupera al reparar fugas visibles u ocultas, con el fin de mostrar el impacto que tiene en el incremento de la eficiencia física del sistema de agua potable. Se motiva a que los organismos operadores implementen el control activo de fugas, debido a que esta acción tiene mayor repercusión para lograr una mejor eficiencia física.

Abstract


This article presents an analysis of the volume of water leaks that is recovered when repairing visible or hidden leaks, in order to show the impact, it has on increasing the physical efficiency of the drinking water system. The operating agencies are encouraged to implement active leak control, since this action has a greater impact to achieve better physical efficiency.

9. Ojeda Ramírez, M. (2012). Metodología para la reducción de pérdidas en redes de agua potable y su puesta en práctica en la red de Ciudad Universitaria de la UNAM. [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2407/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Resumen

Se plantea un panorama sobre el abastecimiento de agua potable alrededor del mundo y las implicaciones de las fugas en el abastecimiento de agua en la Zona Metropolitana del Valle de México, los factores que inciden en la aparición de éstas, poniendo especial énfasis en la relación entre la presión en las redes y las fugas en

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 13 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

ellas. También se plantean algunas de las estrategias, los equipos y métodos que existen para la detección y control de las fugas, así como para la gestión del tema.

Abstract

An overview of the supply of drinking water around the world and the implications of leaks in the water supply in the Metropolitan Area of the Valley of Mexico, the factors that affect the appearance of these, placing special emphasis on the relationship between the pressure in the networks and the leaks in them. Some of the strategies, equipment and methods that exist for the detection and control of leaks are also raised, as well as for the management of the issue.


10. Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). Agua: fugas y medidores. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/48220/LksnMtrS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Resumen

Este fascículo presenta dos medidas técnicas simples y eficaces para mantener la red de distribución en buen estado, y a la vez mejorar rápidamente la condición del agua del sistema de abastecimiento: prevención, detección y reparación de fugas; medición de los volúmenes producidos y distribuidos. Estas medidas permiten, frecuentemente sin una inversión fuerte, proteger el ambiente, garantizar un abastecimiento regular a los consumidores menos favorecidos y garantizar una buena calidad del agua. Después de más de cien años de inversiones prácticamente ininterrumpidas, las ciudades disponen ahora de una infraestructura considerable de "redes", las cuales deben manejar a menudo en condiciones difíciles. En este documento pueden encontrar elementos que les ayudarán en esta tarea.

Abstract

This booklet presents two simple and effective technical measures to keep the distribution network in good condition, and at the same time rapidly improve the condition of the water in the supply system: prevention, detection, and repair of leaks; measurement of volumes produced and distributed. These measures make it possible, frequently without a large investment, to protect the environment, guarantee a regular supply to less favored consumers and guarantee good water quality. After more than a hundred years of virtually uninterrupted investment, cities now have a considerable infrastructure of "networks", which they must often manage under difficult conditions. In this document you can find elements that will help you in this task.

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 14 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

11. Rodríguez Amaya. D. (2005). Estado del arte de las metodologías para la detección y localización de fugas en sistemas de distribución de agua potable. Universidad Los Andes.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/22651/u270917.pdf?sequence=1>

Resumen

Para el desarrollo de futuras metodologías para la detección de fugas de aguas en sistemas de distribución de agua potable, es necesario conocer cómo se encuentra la situación a nivel mundial. El trabajo documenta las diferentes técnicas existentes para la detección y localización de fugas en sistemas de distribución de agua potable, también realiza una comparación cualitativa para identificar cuáles son las más adecuadas según las condiciones existentes. De igual forma se analizó la condición actual de Colombia, con respecto al desarrollo mundial.

Abstract


For the development of future methodologies for the detection of water leaks in drinking water distribution systems, it is necessary to know how the situation is worldwide. The work documents the different existing techniques for the detection and location of leaks in drinking water distribution systems, it also makes a qualitative comparison to identify which are the most appropriate according to the existing conditions. In the same way, the current condition of Colombia was analyzed, with respect to world development.

12. Pal, M, Dixon, N. and Flint, J. (2010). Detecting & Locating Leaks in water distribution polyethylene pipes. World Congress on Engineering. 2, 1-6.
https://www.iaeng.org/publication/WCE2010/WCE2010_pp889-894.pdf

Resumen

Este artículo se centra en el problema de la detección y localizar la posición de las fugas de agua en la distribución. Las Tuberías de Polietileno de Media Densidad (MDPE) usan métodos de detección acústica. Una tubería de agua con fugas genera ruido que depende principalmente de la presión del agua, las características de la tubería, el tamaño y la forma de la fuga. En la práctica actual, una técnica de correlación se emplea típicamente para detectar, posicionar y caracterizar estas fugas utilizando el sistema de detección de fugas y ruido producido. Esto ha demostrado ser muy eficiente para metales tubería; sin embargo, no ocurre lo mismo con las

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 15 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

tuberías de plástico MDPE donde la tasa de atenuación con la distancia de la fuga/fuente la señal es muy alta, y las señales de fuga generadas son de baja frecuencia y ancho de banda estrecho.

Para localizar fugas con buena precisión en tuberías de MDPE, el proceso de correlación se basa en la estimación de la velocidad del sonido en agua, tubería y el tiempo de retardo entre las señales de fuga medidas en dos ubicaciones a través de las tuberías. Las tuberías de MDPE son evaluadas experimentalmente y se ha encontrado que la mayoría de las señales de fuga para tuberías MDPE probadas se encuentran en la banda de frecuencia de 20 Hz a 250 Hz, con el límite de frecuencia superior cambia con caudal y características de fuga.

Abstract

This article focuses on the problem of detecting and locating the position of water leaks in the distribution. Medium Density Polyethylene (MDPE) Pipes use acoustic detection methods. A leaking water pipe generates noise which depends on the water pressure, the characteristics of the pipe, the size and shape of the leak. In current practice, a correlation technique is typically employed to detect, position, and characterize these leaks using the noise and leak detection system produced. This has proven to be very efficient for metal tubing; however, the same is not true for MDPE plastic pipes where the attenuation rate with distance from the leak/signal source is very high, and the leak signals generated are of low frequency and narrow bandwidth.

To locate leaks with good accuracy in MDPE pipes, the correlation process is based on estimation of the speed of sound in water, pipe and the delay time between the leak signals measured at two locations through the pipes. MDPE pipes are evaluated experimentally and the majority of leakage signals for tested MDPE pipes have been found to be in the 20 Hz to 250 Hz frequency band, with the upper frequency limit changing with flow rate and leakage characteristics.


13. Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (207, 17 julio).

<https://www.sapal.gob.mx/noticia/360>.

Resumen

El Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León desarrolló la *App Fugas* para reducir el tiempo de atención de los reportes, disminuir el desperdicio del agua y optimizar los recursos materiales y humanos. La Gerencia de Tecnologías de la Información realizó esta aplicación para uso interno del personal del área de Mantenimiento de Redes y Bacheo. A través de *Sappal Móvil* los usuarios reportarán las fugas y de forma inmediata esta información llegará a los supervisores mediante

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 16 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

la aplicación interna Fugas, para llevar a cabo los trabajos de reparación correspondientes. La APP Fugas y el sistema Sappal móvil se pretende hacer más eficientes los procesos y brindar un mejor servicio a los usuarios.

Abstract

The León Drinking Water and Sewerage System developed the Fugas App to reduce the response time for reports, reduce water waste and optimize material and human resources. The Information Technology Management made this application for internal use by personnel in the Network Maintenance and Patching area. Through Sappal Mobile, users will report leaks and this information will immediately reach supervisors through the internal Fugas application, to carry out the corresponding repair work. The Fugas APP and the mobile Sappal system aim to make processes more efficient and provide a better service to users.

14. Solarte, J. y Hernández, H. (2022). Análisis de la reducción de pérdidas comerciales en empresas prestadoras de servicio de acueducto. Revista Agricolae & Hábitat, 5(1), 7 - 37. DOI: <https://doi.org/10.22490/26653176.4834>


Resumen

La reducción de las pérdidas comerciales se ha convertido en un reto para las Empresas de Servicio Público (ESP) de acueducto. Estas pérdidas son un componente clave del agua no facturada (ANF). El volumen global del ANF es de 126 billones de metros cúbicos por año, representando pérdidas de USD 39 mil millones por año. Las pérdidas comerciales son las pérdidas de agua no físicas que, por temas no controlados por las empresas como los fraudes clandestinos y la inexactitud de la medición, no se logran facturar unos volúmenes de agua producidos y consumidos por los clientes. Estas pérdidas no son calculadas con precisión por las ESP, utilizando valores predeterminados o reglas empíricas, lo que incluye un grado de error en la cantidad de consumo de los clientes.

Abstract

Reducing commercial losses has become a challenge for Aqueduct Public Service Companies (APSC) These losses are a key component of non-revenue water (NRW). The overall volume of NRW is 126 billion cubic meters per year, representing losses of USD 39 billion per year. Commercial losses are non-physical water losses that, due to issues not controlled by the companies such as clandestine fraud and inaccurate metering, fail to bill for volumes of water produced and consumed by customers. These losses are not calculated accurately by the APSC, using predetermined values

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 17 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

or empirical rules, which includes a degree of error in their the amount of consumption by customers.

15. Tecnología pionera en el mundo en la detección de fugas de agua. (2016). FuturENVIRO, 33. http://www.futurenviro.com/pdf/articulos/2016-09/AGANOVA_Water_September%202016.pdf

Resumen

Aganova presentó su proyecto estrella: el sistema Nautilus, configurado para la detección de fugas y anomalías en tuberías de transporte de agua de gran diámetro. Mediante este sistema de trabajo se introduce una esfera en el interior de la tubería de transporte, detectando las anomalías existentes. Se han logrado detectar fugas de hasta 0.04 l/s y realizar inspecciones de 10 km en 5 horas. Esta empresa trabaja en el mantenimiento y conservación de las tuberías de abastecimiento y riego de la Axarquía, sistema conocido como Plan Guaro. Dicho plan consta de una red doble de tuberías de gran diámetro que transporta el agua tratada y no tratada desde el embalse de La Viñuela hasta los depósitos de los municipios abastecidos y de las numerosas comunidades de regantes.

Abstract


Aganova presented its flagship project: the Nautilus system, configured for the detection of leaks and anomalies in large-diameter water transport pipes. Through this work system, a sphere is introduced inside the transport pipe, detecting existing anomalies. It has been possible to detect leaks of up to 0.04 l/s and carry out an inspection of 10 km in 5 hours. This company works in the maintenance and conservation of the supply and irrigation pipes of the Axarquía, a system known as Plan Guaro. This plan consists of a double network of large-diameter pipes that transports treated and untreated water from the La Viñuela reservoir to the reservoirs of the supplied municipalities and the numerous irrigation communities.

7. ANEXOS

7.1 Entrevista: Ing. Laura Navarro Navarro

7.2 Análisis de solución tecnológica en el entorno competitivo

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 18 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

Laura Navarro Navarro Ejecutivo Avanzado

Equipo Proyecto de Reducción de Agua no Contabilizada y Optimización de la Eficiencia Energética (RANC-EE) - GAM



Experiencia

2022 Actualidad

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

- Miembro del Equipo RANC-EE GAM, líder de la iniciativa de modelación hidráulica del Acueducto Metropolitano.
- Cinco años de experiencia en el Proyecto de Reducción de agua no contabilizada y eficiencia energética (RANC-EE)
- Trece años de experiencia en el ejercicio de la Ingeniería orientada al recurso hídrico y el desarrollo de proyectos.

Educación

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Licenciatura en Ingeniería Agrícola

Universidad Fidelitas
Licenciatura en Ingeniería Civil

Contacto

Email: lanavarro@aya.go.cr

Telef. : 2242-5000 ext 5842

Sitio web: www.aya.go.cr


San José, Costa Rica

Entrevista

- ¿Cuál es la situación a nivel nacional en materia de fugas dentro del concepto de agua no contabilizada?

Actualmente se tiene un promedio de 1.51 fugas/km/año en la GAM, lo que está muy por encima de los valores que pueden considerarse como normales en una red en buen estado. Se desconoce la incidencia de fugas no visibles debido a que los reportes de fugas visibles consumen los recursos de mantenimiento. Estos

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 19 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

datos provienen de un registro exhaustivo que como Equipo hemos venido realizando los últimos años.

- En el marco de las investigaciones de RANC-EE sobre agua no contabilizada, ¿cuánto corresponde a fugas?

Del balance hídrico realizado por el Consorcio Aguas de Escazú (CAde) para el Acueducto Metropolitano con datos del año 2021 se tiene un volumen reportado de entrada al acueducto de 188 934 804 m³/año, de esto 68 484 414 m³/año corresponden a perdidas reales (estimadas con un margen de error de $\pm 18.3\%$), lo cual corresponde a un 36.25% de la producción total que se está perdiendo por fugas.

- ¿Qué fuentes estadísticas evidencian su afirmación?

El balance hídrico es desarrollado cada año por un profesional experto en el tema que forma parte del Consorcio Aguas de Escazú (CAde), empresa consultora contratada dentro del Proyecto RANC. Las fuentes de información para la elaboración del balance corresponden a datos oficiales generados por la institución.

- ¿Con qué metodologías de detección temprana de fugas en las redes de agua potable cuenta AyA?

No se tienen identificadas en la Sub-Gerencia GAM metodologías de detección temprana de fugas en las redes, desconozco si en la Sub-Gerencia Sistemas Periféricos cuentan con estas metodologías.


- ¿Que se necesita para implementar metodologías de atención de fugas más expeditas?

Inversión en la sectorización, gestión de presiones, monitoreo y control, sistemas de alertas que permitan un trabajo preventivo y menos correctivo.

- ¿Qué metodologías de atención de fugas están disponibles en el mercado, pero AyA no ha invertido en ellas?

Una de ellas es la detección de fugas con imágenes satelitales.

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 20 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

- ¿Cuál es el impacto económico de las fugas?

Tiene un alto impacto económico no solo por los costos de reparación asociados si no por la pérdida física de agua que ya fue tratada. El impacto al final se traduce en el costo de implementar nuevas fuentes para compensar el déficit por pérdidas.

- ¿Qué impacto reputacional tienen las fugas en los usuarios? ¿Cuál es la evidencia de ese impacto?

La imagen de la institución se ve afectada cuando el problema de las fugas se hace recurrente en algunas zonas, llegando a afectar el suministro y el estado de las carreteras; lo cual genera disgusto en los vecinos. Se evidencia en comentarios que se escuchan o se leen en redes sociales, las cuales se han convertido en los últimos años en medios de protesta y desahogo de la población.

- ¿Cuáles son los principales tipos de fugas y cuáles son las más comunes en AyA?

La principal discriminación que se realiza es por ubicación entre redes y acometidas debido a que varían en cantidades, costo de reparación, tipo de personal y causas entre otros.

También se podrían clasificar en fugas por daños mecánicos, excesos de presión o vida útil de la tubería, pero la información disponible para esta clasificación no es tan robusta como se quisiera.


- ¿Existen técnicas modernas para diagnosticar las fugas en los sistemas y cuál se utiliza en el AyA?

Entendiendo la consulta como técnicas que permitan determinar con exactitud la causa de las fugas, no se cuenta con técnicas modernas que se realicen en la institución. El proyecto RANC se ha dado a la tarea de recopilar evidencia en campo sobre las reparaciones, también se trabaja en la identificación de sectores con presiones excesivas y se plantea elaborar un catastro actualizado con información sobre tuberías en materiales inadecuados que puedan contrastarse con el registro de incidencias.

Referencia:

(Navarro Navarro, L. Comunicación personal, 1 de diciembre 2022. Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable).

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 21 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

Análisis de solución tecnológica en el entorno competitivo

Durante el presente año la Dirección de Desarrollo Tecnológico de la UEN de Investigación y Desarrollo, ha venido estudiando ofertas de empresas con nuevas soluciones tecnológicas con el fin de mejorar la detección de fugas para su oportuna atención.

El siguiente resumen presentado por el Ing. Jorge Merizalde Dobles, Director de dicha dependencia, indica el tipo de soluciones originadas del sector privado.

Resumen

Sesión técnica detección de fugas por satélite

Impartida por Hidromedidores (México)


David Sinaloa y Liliana Cruz liliana.cruz@hidromedidores.com.mx

El pasado 15 de marzo de 2022, la empresa Hidromedidores (México) realizó una presentación al AyA sobre el servicio de detección satelital de fugas, brindado por su representada ASTERRA (Israel). El servicio de detección se basa en imágenes captadas en el rango de las microondas (banda L), tomadas por un satélite dedicado. La interpretación de las imágenes permite diferenciar la presencia de agua potable en el subsuelo, de la de agua salada; además, la captura de imágenes no se afecta por obstáculos climáticos como las nubes o la lluvia.

Dentro de las limitaciones de la tecnología, destaca la imposibilidad de diferenciar entre una o múltiples fugas simultáneas causantes de una misma “mancha”. Asimismo, se requiere que la tubería se encuentre por encima del nivel freático.

Las imágenes captadas por el satélite cubren un área de 50 x 80 km. Por esta razón, la empresa indica que la relación beneficio-costos de la tecnología resulta atractiva a partir

Detección y atención de fugas en sistemas de distribución de agua potable

	Formulario: Informe técnico final Vigilancia científico-tecnológica (VCT)	Página 22 de 22
	Código: GTE-106-01-F2	N° de Versión: 01

de sistemas con al menos 600 km de redes de tubería a inspeccionar en una misma imagen. La empresa ofrece dos modalidades de servicio:

- A. Adquirir imagen (US\$200 / km. de imagen y puntos de interés)
- B. Servicio de análisis de la imagen y reparación de fugas

En cualquiera de los dos casos, posteriormente se realizan las reparaciones en el orden priorizado que arroje el análisis. Por otro lado, según lo manifestado por los funcionarios de la UE RANC-EE, la empresa RyM también ofrece el servicio de detección satelital de fugas de ASTERRA, si bien el modelo de negocio planteado es distinto. En todo caso, es criterio de la UE RANC-EE que el servicio se contrate contra demanda, con pago por km. de tubería y direccionando de manera priorizada los esfuerzos hacia los sitios de interés institucional, para reducir costos y obtener el máximo provecho. LA UE RANC-EE plantea términos de referencia para integrar este servicio dentro de sus contrataciones planeadas para la reducción del agua no contabilizada en los sistemas a intervenir dentro de su programación.