

# Resumen

Con el paso del tiempo, y debido a múltiples actividades operacionales y de mantenimiento, las redes de los sistemas de abastecimiento de agua (SAAs) sufren intervenciones, modificaciones o incluso, son clausuradas, sin que, en muchos casos, estas actividades sean correctamente registradas. El conocimiento de los trazados y características (estado y edad, entre otros) de las tuberías en los SAAs es obviamente necesario para una gestión eficiente y dinámica de tales sistemas. Sin embargo, en muchas ocasiones, tal conocimiento es muy deficiente o simplemente inexistente. Para buscar y/o actualizar la información referente a los trazados y características de las tuberías de los SAAs, las actividades más comunes son: excavación, elaboración de encuestas a operarios de mayor antigüedad, y localización de objetos visibles (por ejemplo, válvulas). Sin embargo, tales actividades suelen ser inexactas y brindan solo información parcial de las redes de los SAAs, quedando con ello múltiples vacíos de información en el sistema. A esta problemática se suma la detección y el control de las fugas de agua. Este es uno de los mayores problemas al que los SAAs tienen que hacer frente en la gestión de las redes que componen el sistema. Sin embargo, el acceso a información fiable sobre las fugas es una tarea compleja. En muchos casos, las fugas son detectadas cuando los daños en la red son ya considerables, lo que trae consigo altos costes sociales y económicos. En este sentido, los métodos no destructivos (por ejemplo, ground penetrating radar - GPR), pueden ser una respuesta a estas problemáticas, ya que permiten, como se pone de manifiesto en esta tesis, localizar los trazados de las tuberías, identificar características de los componentes y detectar las fugas de agua cuando aún no son significativas. La selección del GPR, en este trabajo se justifica por sus características como técnica no destructiva, que permite estudiar tanto objetos metálicos como no metálicos. Aunque la captura de información con GPR suele ser exitosa, la configuración de la captura, el gran volumen de información, y el uso y la interpretación de la información requieren de alto nivel de habilidad y experiencia por parte del personal.

Esta tesis doctoral se plantea como un avance hacia el desarrollo de herramientas que permitan responder a la problemática del desconocimiento de los activos enterrados de los SAAs. Para ello hemos empleado el GPR, que es una técnica electromagnética y no invasiva, que permite el reconocimiento de los materiales enterrados en el suelo sin perturbar su entorno. El objetivo principal de este trabajo doctoral es, pues, generar herramientas y evaluar la viabilidad de su aplicación en la caracterización de componentes de un SAA, a partir de imágenes GPR, empleando diversas metodologías computacionales y de tratamiento de datos. Estas herramientas tienen vocación de facilitar la toma de decisiones en la gestión técnica de los SAAs.

En este trabajo hemos realizado ensayos de laboratorio específicamente diseñados para plantear, elaborar y evaluar metodologías para la caracterización de los componentes enterrados de los SAAs que tratamos de identificar y estudiar. Adicionalmente, hemos realizado ensayos de campo, que han permitido determinar la viabilidad de aplicación de tales metodologías bajo condiciones no controladas. Las metodologías elaboradas están basadas en técnicas de análisis inteligentes de datos, tales como segmentación y clustering, sistemas multi-agente y otros procesos específicos planteados por el autor. El principio básico de este trabajo ha consistido en el tratamiento adecuado de los datos obtenidos mediante el GPR, a fin de buscar una configuración estable, repetible y que permita obtener, con la menor cantidad posible de datos, información de utilidad para los SAAs respecto a sus componentes, con especial énfasis en las tuberías.

Tras la realización de múltiples actividades, se puede concluir que es viable obtener más información de las imágenes de GPR que la que actualmente se obtiene con la típica identificación de hipérbolas. Esta información, además, puede ser observada directamente, de manera más sencilla, mediante las metodologías planteadas en este trabajo doctoral. Con estas metodologías se ha probado que también es viable la identificación de patrones (especialmente el pre-procesado con el algoritmo *agent race*) que proporcionan aproximación bastante acertada de la localización de las fugas de agua en los SAAs. También, en el caso de las tuberías, se puede obtener otro tipo de características tales como el diámetro y el material.

Como resultado de esta tesis se han desarrollado una serie de herramientas que permiten visualizar, identificar y localizar componentes de los SAAs a partir de imágenes de GPR. De manera más interesante, los datos obtenidos son sintetizados y reducidos de manera que preservan las características de los diferentes componentes registrados en las imágenes de GPR. Estos resultados son prometedores en el sentido de que permiten clasificaciones e interpretaciones más complejas que auguran posibilidades interesantes para el desarrollo de técnicas automáticas de identificación y clasificación. El objetivo último es que las herramientas desarrolladas faciliten la toma de decisiones en la gestión técnica de los SAAs y que tales herramientas puedan ser operadas incluso por personal con una experiencia limitada en el manejo de metodologías no destructivas, específicamente el GPR.