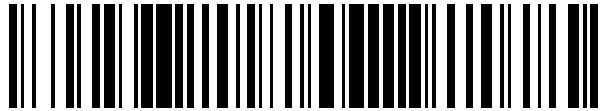


19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 604 807**

21 Número de solicitud: 201631038

51 Int. Cl.:

G06Q 50/06 (2012.01)
G06T 7/00 (2007.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

28.07.2016

30 Prioridad:

29.07.2015 IT 102015000039946

43 Fecha de publicación de la solicitud:

09.03.2017

71 Solicitantes:

NEPTUNE S.R.L. (100.0%)
Via Filippo Corridoni, 67
04100 LATINA IT

72 Inventor/es:

MARCHETTO, Riccardo y
MICHELINI, Giuseppe

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **Método y sistema para buscar fugas de agua a través de análisis de imágenes generadas mediante sistemas de detección remota**

57 Resumen:

Método y sistema para buscar fugas de agua a través de análisis de imágenes generadas mediante sistemas de detección remota.

Método (1) para buscar fugas en una red de suministro de agua comprendiendo: obtener datos de georreferencia de la red (bloque 11); obtener imágenes generadas mediante sistemas de detección remota que representan una región donde se extiende dicha red de suministro de agua (bloque 12); procesar las imágenes obtenidas y los datos de georreferencia de la red y generar un mapa digital georreferenciado con la humedad del suelo en la región donde se extiende dicha red (bloque 13); y localizar fugas en la red basándose en el mapa digital georreferenciado generado (bloque 14). El método (1) está caracterizado por obtener (bloque 12), desde una base de datos (3) que almacena imágenes de la superficie de la Tierra generadas mediante sistemas de detección remota, únicamente imágenes que representan una región donde se extiende la red y que se han detectado remotamente en condiciones meteorológicas que satisfacen requisitos meteorológicos predeterminados.

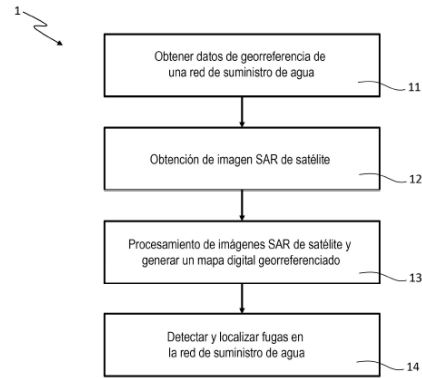


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

MÉTODO Y SISTEMA PARA BUSCAR FUGAS DE AGUA A TRAVÉS DE ANÁLISIS DE IMÁGENES GENERADAS MEDIANTE SISTEMAS DE DETECCIÓN REMOTA**Campo técnico de la Invención**

5 La presente invención se refiere a buscar fugas en una red de suministro de agua, o en su lugar una red de tuberías genérica para la transferencia y/o distribución y/o transporte de agua. En particular, la presente invención se refiere a un método y sistema para buscar fugas en una red de suministro de agua a través del análisis de imágenes generadas mediante sistemas de detección remota.

10

Estado de la técnica

Como es bien conocido, las fugas en una red de suministro de agua, por ejemplo un acueducto, constituyen un problema grave, tanto en términos económicos, ya que provocan daño financiero a la administración/autoridad/compañía que gestiona la red, como desde el punto de vista ambiental, ya que provocan el desperdicio de un recurso natural valioso.

15

Una fuga de agua puede tener diversas causas, tal como un orificio en una tubería por ejemplo, o una rotura en un casquillo, o la ruptura de una junta de conexión de tubería, etc. La fuga de agua bajo presión produce un “sonido”, o en su lugar una vibración mecánica con una frecuencia de entre 300 y 3000 Hz, que se propaga corriente arriba y corriente abajo con una velocidad que depende, entre otras cosas, del material con el que está fabricada la tubería, así como su diámetro y espesor.

20

Muchos de los métodos actualmente usados para buscar fugas de agua están basados en consecuencia en el uso de instrumentos que posibilitan identificar el sonido anteriormente mencionado, tal como los geófonos. En particular, como es conocido, un geófono es un instrumento equipado con un sensor, específicamente un micrófono de alta sensibilidad, calibrado a las frecuencias del sonido producido por una fuga de agua. En uso, un operador coloca el geófono en la superficie del terreno a lo largo de la ruta de una cañería de agua a inspeccionar y escucha para detectar la presencia de cualquier fuga. Como puede suponerse fácilmente, los métodos de detección de fugas de agua basándose en el uso de geófonos implican tiempos extremadamente largos y costes muy altos puesto que la búsqueda debe llevarse a cabo etapa por etapa a lo largo de toda la extensión de las tuberías. Además, la fiabilidad y precisión de estos métodos depende de la sensibilidad auditiva, y por lo tanto de la experiencia, de los operadores que participan en la búsqueda.

25

30

Ha habido una mejora en la búsqueda de fugas de agua debido a la introducción de los denominados correladores, en concreto equipo electroacústico que representa una evolución del geófono y que posibilita localizar una fuga de agua con mayor precisión. En

35

particular, los correladores están típicamente constituidos por una unidad central a la que están conectados dos micrófonos piezoeléctricos de alta sensibilidad, de una manera cableada o inalámbrica, estando el último colocado en los dos extremos de una cañería de agua a inspeccionar y que puede capturar y amplificar los sonidos que se propagan a lo largo de esta cañería de agua. La unidad central está programada de manera oportuna para determinar la posición exacta de una posible fuga a lo largo de la cañería de agua basándose en las señales capturadas mediante los dos micrófonos piezoeléctricos.

Además, puede haber también métodos basándose en el uso de trazadores de gas, por ejemplo un gas inerte formado de una mezcla de hidrógeno (5 %) y nitrógeno (95 %).

Estos métodos típicamente prevén:

- vaciar completamente la cañería de agua a inspeccionar;
- rellenar la cañería de agua con el trazador de gas; y, finalmente,
- realizar una comprobación etapa por etapa a lo largo de la ruta de la cañería

de agua usando un instrumento o sensor que puede detectar la presencia del gas, para identificar la presencia y posición de una fuga a lo largo de la cañería de agua.

Adicionalmente, cuando se buscan fugas de agua, en ocasiones se usan las denominadas “pruebas de etapa”, es decir, pruebas especiales (normalmente llevadas a cabo durante la noche) que contemplan la búsqueda selectiva de fugas en secciones individuales de la red de suministro de agua (por medio de cerrar válvulas específicas de manera oportuna).

Todos los métodos anteriormente indicados implican tiempos de búsqueda extremadamente largos, son invasivos para los usuarios finales y, por encima de todo, no proporcionan resultados óptimos, ya que no permiten una reducción drástica en la presencia de fugas.

Además, los métodos anteriormente mencionados implican también costes de búsqueda bastante altos. Por ejemplo, suponiendo una búsqueda de fuga de agua a través de un área de 100 km² donde hay una red de suministro de agua formada por 500 km de tubería, los métodos de búsqueda anteriormente mencionados, que generalmente están caracterizados por un coste de búsqueda promedio de 150 euros por km, implicarían un coste de búsqueda global de aproximadamente 75.000 euros.

Recientemente, se han propuesto también técnicas basándose en el uso de imágenes de la superficie de la Tierra generadas mediante sistemas de detección remota para buscar y localizar fugas en tuberías, cañerías, redes de suministro de agua, etc.

Por ejemplo, el documento EP 1 308 895 A2 (en lo sucesivo identificado como Ref1 por simplicidad descriptiva) describe un método para superponer representaciones gráficas de localizaciones del terreno en imágenes de localizaciones del terreno después de detectar

la presencia de fallo o fallos de material o fallos en estructuras fabricadas por el hombre en tales localizaciones del terreno, incluyendo dicho método: proporcionar un sensor de imagen espaciado remotamente del terreno y que captura secuencialmente un número de imágenes de diversas localizaciones del terreno para proporcionar imágenes digitales de tales localizaciones del terreno; procesar imágenes digitales capturadas para determinar la presencia de un fallo material potencial en una estructura fabricada por el hombre de acuerdo con posiciones de coordenadas predeterminadas que localizan las estructuras fabricadas por el hombre en una o más de las imágenes digitales capturadas; identificar puntos de referencia en las localizaciones del terreno que corresponden a los mismos puntos de referencia en las representaciones gráficas de la localización del terreno; y superponer la representación gráfica con los puntos de referencia en al menos una de las imágenes digitales capturadas.

Además, el documento US 2010/092241 A1 (en lo sucesivo identificado como Ref2 por simplicidad descriptiva) describe una técnica para reducir filtraciones en canales de irrigación. En particular, Ref2 enseña cómo reducir esta filtración realizando las siguientes operaciones:

- obtener datos aéreos de un canal de irrigación obtenidos con el uso de una unidad de obtención de imágenes aérea,
- identificar un cuerpo de agua desde la imagen aérea,
- analizar valores de brillo de píxel de agua del cuerpo de agua para percibir perturbaciones del agua indicativas de filtración de agua, y
- emitir la localización del sitio de filtración de agua en una pantalla bidimensional o tridimensional.

Adicionalmente, el capítulo 6, por Diofantos G. Hadjimitsis et al., titulado “Detection of Water Pipes and Leakages in Rural Water Supply Networks Using Remote Sensing Techniques” (en lo sucesivo identificado como Ref3 por simplicidad descriptiva), del libro “Remote Sensing of Environment - Integrated Approaches”, InTech, 10 de julio de 2013, ISBN 978-953-51-1152-8, describe diversos ejemplos de procesamiento de imágenes generadas mediante sistemas de detección remota para identificar fugas de agua.

Además, el documento EP 0 989 353 A2 (en lo sucesivo identificado como Ref4 por simplicidad descriptiva) describe un sistema para vigilancia de tubería automatizada, donde esta vigilancia está basada en la integración y visualización de información con respecto a dicha tubería. En particular, de acuerdo con la Ref4, los datos de tubería y los datos de satélite se usan para proporcionar vigilancia para una tubería; los datos de satélite están integrados con los datos de tubería para producir un mapa de tubería actual; el mapa de tubería actual se compara a continuación con un mapa de tubería previo para determinar si

la ruta de la tubería o un entorno circundante de la tubería ha cambiado; los datos por satélite incluyen imágenes de satélite de muy alta resolución (VHR) y los datos de tubería incluyen datos de localización que son una serie de coordenadas del sistema de posicionamiento global (GPS).

5 Finalmente, el documento US 2014/000348 A1 (en lo sucesivo identificado como Ref5 por simplicidad descriptiva) describe un procedimiento para localizar una fuga en una tubería, comprendiendo dicho método las siguientes etapas:

- detectar localmente un evento en una tubería;
- generar al menos una señal, codificada de acuerdo con el evento detectado; y
- 10 • detectar una firma de frecuencia de dicha señal en imágenes generadas mediante un radar de apertura sintética.

Objeto y descripción de la invención

El objeto de la presente invención es proporcionar un método de búsqueda para fugas de agua que, en general, posibilita que se superen las desventajas de los métodos y técnicas actualmente usados y, en particular, reduce los tiempos y costes de búsqueda, 15 aumenta la precisión de fiabilidad de búsqueda, y reduce drásticamente la presencia de fugas en una red de suministro de agua.

Este y otros objetos se consiguen mediante la presente invención en la medida que se refiere a un método y a un sistema para buscar fugas en una red de suministro de agua, 20 como se define en las reivindicaciones adjuntas.

En particular, el método para buscar fugas en una red de suministro de agua de acuerdo con la presente invención comprende:

- a) obtener datos de georreferencia de una red de suministro de agua;
- b) obtener, basándose en los datos de georreferencia de la red de suministro de 25 agua, imágenes generadas mediante sistemas de detección remota, representando las imágenes obtenidas una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende dicha red de suministro de agua;
- c) realizar procesamiento de las imágenes obtenidas y de los datos de georreferencia de la red de suministro de agua y generar, basándose en el procesamiento 30 realizado, un mapa digital georreferenciado que muestra dicha red de suministro de agua y contenido de humedad del suelo en la región en la que se extiende dicha red de suministro de agua; y
- d) detectar y localizar una o más fugas en la red de suministro de agua basándose en el mapa digital georreferenciado generado.

35 En detalle, el método para buscar fugas en una red de suministro de agua de acuerdo con la presente invención está caracterizado por que la etapa b) incluye obtener,

desde al menos una base de datos que almacena imágenes de la superficie de la Tierra generadas mediante sistemas de detección remota, únicamente imágenes que representan una región de la superficie de la Tierra en las que se extiende la red de suministro de agua y que se han detectado remotamente en condiciones meteorológicas que satisfacen requisitos meteorológicos predeterminados.

5

Preferentemente, la etapa b) incluye:

- seleccionar, desde las imágenes almacenadas en dicha base de datos que almacena imágenes de la superficie de la Tierra generadas mediante sistemas de detección remota, únicamente imágenes que representan una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua y que se han detectado remotamente en condiciones meteorológicas que satisfacen dichos requisitos meteorológicos predeterminados, descartando

10

- todas las imágenes que no representan una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua y

15

- todas las imágenes que representan una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua y que se han detectado remotamente en condiciones meteorológicas que no satisfacen dichos requisitos meteorológicos predeterminados; y

20

- obtener, desde dicha base de datos que almacena imágenes de la superficie de la Tierra generadas mediante sistemas de detección remota, únicamente las imágenes seleccionadas.

De manera conveniente, la etapa b) incluye:

- buscar, en dicha base de datos que almacena imágenes de la superficie de la Tierra generadas mediante sistemas de detección remota, imágenes de una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua; y,

25

- para cada imagen encontrada,

- comprobar, basándose en datos obtenidos desde una o más bases de datos meteorológicas, condiciones meteorológicas de la región en la que se extiende la red de suministro de agua en la fecha de la detección remota de dicha imagen, y

30

- obtener dicha imagen únicamente si las condiciones meteorológicas satisfacen dichos requisitos meteorológicos predeterminados.

Preferentemente, las fugas en la red de suministro de agua se detectan y localizan a través del análisis del contenido de humedad del suelo mostrado en el mapa digital georreferenciado en, o en las cercanías de, dicha red de suministro de agua; además, dichos requisitos meteorológicos predeterminados son preferentemente indicativos de

35

condiciones meteorológicas predeterminadas adecuadas para realizar dicho análisis de contenido de humedad del suelo.

Breve descripción de las figuras

5 Para un mejor entendimiento de la presente invención, algunas realizaciones preferidas, proporcionadas a modo de ejemplo no limitativo, se describirán ahora con referencia a las figuras adjuntas (no a escala), en las que:

- La Figura 1 muestra esquemáticamente un método para buscar fugas en una red de suministro de agua de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;
- 10 • La Figura 2 muestra un ejemplo de un mapa digital georreferenciado generado implementando el método de la Figura 1; y
- La Figura 3 muestra esquemáticamente un sistema para buscar fugas en una red de suministro de agua de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

15 Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

La siguiente descripción se proporciona para posibilitar a un experto en el campo realizar y usar la invención. Diversas modificaciones a las realizaciones mostradas serán inmediatamente evidentes para los expertos y los principios genéricos descritos en el presente documento podrían aplicarse a otras realizaciones y aplicaciones sin alejarse del alcance de protección de la presente invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

20 Por lo tanto, la presente invención no se pretende que esté limitada a las realizaciones expuestas en el presente documento, sino que esté de acuerdo con el alcance más amplio coherente con los principios y características desvelados en el presente documento y definidos en las reivindicaciones adjuntas.

La presente invención surge de la idea innovadora del solicitante para aprovechar imágenes proporcionadas mediante sistemas de detección remota, es decir sistemas de observación de la Tierra, para buscar fugas en una red de suministro de agua.

De hecho, como es conocido, los sistemas de detección remota proporcionan 30 imágenes espaciales de alta resolución de la superficie de la Tierra, que pueden usarse para fines institucionales, comerciales, civiles y militares, tales como, por ejemplo:

- monitorizar actividad volcánica;
- prevención y gestión de desastres medioambientales (por ejemplo, terremotos);
- 35 • vigilancia de océanos y costas;
- vigilancia de recursos agrícolas y forestales;

- control de la urbanización;
- producción de mapas técnicos y temáticos de alta resolución;
- detección de gas;
- monitorizar el agujero en la capa de ozono; y
- control y análisis de humedad del suelo.

5

Con referencia específica a este último punto, en concreto el control y análisis de la humedad del suelo, el uso de imágenes de áreas de la superficie de la Tierra proporcionadas mediante sistemas de detección remota es ampliamente conocido hoy en día para el fin de generar imágenes que muestran el contenido de humedad (o agua) del suelo en estas áreas, es decir mapas de humedad del suelo georreferenciados. Con respecto a esto, puede hacerse referencia, por ejemplo, al capítulo 4 de “Satellite Remote Sensing of Surface Soil Moisture” por B. W. Barrett y G. P. Petropoulos del libro “Remote Sensing of Energy Fluxes y Soil Moisture Content” por G. P. Petropoulos, CRC Press 2013, páginas 85-120, donde se presenta un amplio panorama de:

10

15

- tecnologías de detección remota por satélite usadas para fines de análisis de humedad del suelo; y
- métodos para determinar el contenido de humedad del suelo basándose en imágenes por satélite obtenidas a través del uso de estas tecnologías de detección remota por satélite.

20

En detalle, “Satellite Remote Sensing of Surface Soil Moisture” describe varios sistemas de satélite de observación de la Tierra usados para el análisis de contenido de la humedad del suelo y basándose en el uso de satélites equipados con:

25

- sensores electrónicos pasivos diseñados para medir la radiación electromagnética con longitudes de onda entre 0,4 y 2,5 μm , es decir, sensores ópticos;
- sensores electrónicos pasivos diseñados para medir radiación electromagnética con longitudes de onda entre 3,5 y 14 μm , en concreto en el denominado espectro infrarrojo térmico (TIR); y
- sensores electrónicos que operan en microondas, en concreto a frecuencias entre 0,3 y 300 GHz (es decir a longitudes de onda entre 1 m y 1 mm), activos y pasivos, específicamente y respectivamente
 - radares de apertura sintética (SAR) y
 - radiómetros de microondas.

30

Como es conocido, la utilización de estos sensores posibilita formar, o generar, imágenes de alta resolución de la superficie de la Tierra que pueden usarse para fines de análisis de la humedad del suelo. De hecho, “Satellite Remote Sensing of Surface Soil Moisture” también describe técnicas de procesamiento para imágenes por satélite obtenidas

35

mediante detección remota óptica, TIR, SAR, etc. Estas técnicas permiten generar imágenes que muestran el contenido de humedad del suelo, es decir mapas georreferenciados de contenido de la humedad del suelo. Algunas técnicas se usan para procesar únicamente imágenes obtenidas mediante un tipo específico de detección remota, es decir únicamente imágenes ópticas, o imágenes TIR o imágenes SAR, etc. En su lugar, otras técnicas permiten que la información transportada mediante diferentes tipos de imagen se fusione, por ejemplo imágenes ópticas y TIR, imágenes ópticas y de microondas, imágenes obtenidas mediante sensores de microondas pasivos y activos, etc.

Como es conocido, cada tipo de sensor tiene ventajas y desventajas con respecto a los otros tipos. Por ejemplo, los sensores ópticos proporcionan excelentes resoluciones espaciales, pero pueden funcionar únicamente durante el día. Adicionalmente, la efectividad de estos sensores depende fuertemente de las condiciones atmosféricas y meteorológicas de la escena observada. A la inversa, los sensores TIR pueden operar tanto de día como de noche y proporcionan también excelentes resoluciones espaciales. Desafortunadamente, la efectividad de los sensores TIR depende también fuertemente de las condiciones atmosféricas y meteorológicas de la escena observada.

Los sensores SAR probablemente representan la mejor solución. De hecho, estos sensores pueden operar tanto de día como de noche, proporcionan también excelentes resoluciones espaciales y sustancialmente no se ven afectados por las condiciones atmosféricas y meteorológicas de la escena observada. Como es ampliamente conocido, una imagen SAR de un área de la superficie de la Tierra se forma transmitiendo pulsos de radar hacia esta área por medio de un SAR a bordo de una plataforma aérea o por satélite y recibiendo las señales de eco relacionadas. Procesando las señales de eco recibidas, es posible entonces formar una imagen de alta resolución del área observada mediante el SAR. Los pulsos de radar transmitidos mediante un SAR pueden penetrar también el suelo y la vegetación (hasta diversas profundidades dependiendo del tipo y composición del suelo). Por lo tanto, además de la información superficial, un sistema SAR puede proporcionar también información con respecto a la superficie, tal como información relacionada con la humedad del suelo por ejemplo.

Hoy en día, el número de misiones de satélite de observación de la Tierra basándose en sensores SAR es bastante alto. Además, este número está destinado a crecer continuamente en los próximos años. Todo esto significa que hoy, ya hay amplia disponibilidad de imágenes por satélite SAR de la superficie de la Tierra, disponibilidad que está destinada a aumentar incluso más en los próximos años.

En consideración de todas las ventajas anteriormente indicadas de detección remota por satélite SAR, una realización preferida de la presente invención está basada en el uso

de imágenes por satélite SAR de la superficie de la Tierra. Esta realización preferida se describirá en detalle en lo sucesivo, sin ninguna pérdida de generalidad en relación con la invención. De hecho, es importante señalar que para el fin de buscar fugas en una red de suministro de agua, la presente invención puede aprovechar también de manera
5 conveniente imágenes generadas mediante otros tipos de detección remota, por ejemplo, detección remota óptica, TIR, multi-espectral e hiperespectral, etc., además, o como alternativa, a detección remota SAR. Además, la presente invención puede aprovechar también de manera conveniente imágenes detectadas remotamente mediante plataformas aéreas, tales como aviones, drones, etc., además, o como alternativa, a las imágenes por
10 satélite.

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un método para buscar fugas en una red de suministro de agua (indicada como una totalidad por el número de referencia 1) de acuerdo con la realización preferida anteriormente mencionada de la presente invención, basándose en el uso de imágenes por satélite SAR de la superficie de la Tierra.

15 Como se muestra en la Figura 1, el método 1 prevé, antes de todo lo demás, obtener datos de georreferencia de una red de suministro de agua (bloque 11), en el que dichos datos de georreferencia preferentemente comprenden uno o más mapas georreferenciados de dicha red de suministro de agua. De manera conveniente, dichos datos de georreferencia se suministran mediante la administración/autoridad/compañía que gestiona la red de
20 suministro de agua a inspeccionar. Los mapas georreferenciados de la red de suministro de agua pueden suministrarse, por ejemplo, en el formato Gauss Boaga 1984 32N o 33N, e indicar convenientemente todas las tuberías de interés, ya sean cañerías primarias o secundarias.

A continuación, el método 1 prevé obtener imágenes por satélite SAR de una región
25 de la superficie de la Tierra en la que se extiende dicha red de suministro de agua (bloque 12), basándose en los datos de georreferencia de la red de suministro de agua a inspeccionar (en particular, basándose en dicho mapa o mapas georreferenciados de la red de suministro de agua).

En particular, la adquisición de las imágenes por satélite SAR (bloque 12) incluye
30 obtener, desde al menos una base de datos de imágenes por satélite SAR (es decir desde una o más bases de datos que almacenan imágenes por satélite SAR de la superficie de la Tierra – las bases de datos utilizables para este fin pueden ser de cualquier tipo, en concreto privadas o públicas, gratis o de pago, etc.), únicamente imágenes que representan una
35 región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua y que se han detectado remotamente en condiciones meteorológicas que satisfacen requisitos meteorológicos predeterminados.

Preferentemente, la obtención de las imágenes por satélite SAR (bloque 12) incluye:

• seleccionar, desde las imágenes por satélite SAR almacenadas en dicha base de datos de imágenes por satélite SAR, únicamente las imágenes por satélite SAR que representan una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua y que se han detectado remotamente en condiciones meteorológicas que satisfacen dichos requisitos meteorológicos predeterminados, descartando

- todas las imágenes por satélite SAR que no representan una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua y
- todas las imágenes por satélite SAR que representan una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua, pero que se han detectado remotamente en condiciones meteorológicas que no satisfacen dichos requisitos meteorológicos predeterminados; y

• obtener, desde dicha base de datos de imágenes por satélite SAR, únicamente las imágenes por satélite SAR seleccionadas.

De manera conveniente, la obtención de las imágenes por satélite SAR (bloque 12) incluye:

• buscar, en dicha base de datos de imágenes por satélite SAR, imágenes por satélite SAR de una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua; y,

- para cada imagen por satélite SAR encontrada,
 - comprobar las condiciones meteorológicas, basándose en datos obtenidos desde una o más bases de datos meteorológicas, de la región en la que se extiende la red de suministro de agua en la fecha de la detección remota de dicha imagen por satélite SAR y
 - obtener dicha imagen por satélite SAR únicamente si las condiciones meteorológicas satisfacen dichos requisitos meteorológicos predeterminados.

Preferentemente, dichos requisitos meteorológicos predeterminados son indicativos de condiciones meteorológicas predeterminadas adecuadas para realizar análisis de contenido de la humedad del suelo. Por ejemplo, podrían seleccionarse y obtenerse en consecuencia únicamente las imágenes por satélite SAR que se han detectado remotamente después de N días desde cuando llovió o nevó por última vez en la región en la que se extiende la red de suministro de agua (donde N es un número entero mayor que cero, por ejemplo N=10).

Por lo tanto, la obtención selectiva de únicamente imágenes por satélite SAR detectadas remotamente en condiciones meteorológicas adecuadas para realizar análisis de contenido de la humedad del suelo posibilita:

- descartar imágenes detectadas remotamente en condiciones meteorológicas que no son adecuadas para, o incluso interfieren con, análisis del contenido de humedad (o agua) del suelo (por ejemplo, imágenes detectadas remotamente durante periodos de lluvia intensa o nevadas); y

5 • seleccionar únicamente imágenes detectadas remotamente en condiciones meteorológicas adecuadas para realizar análisis del contenido de humedad del suelo (por ejemplo, imágenes detectadas remotamente durante periodos de meteorología despejada estable y/o con un clima seco).

10 Con respecto a esto, es importante observar que ninguna de las técnicas actualmente conocidas que aprovecha imágenes de la superficie de la Tierra generadas mediante sistemas de detección remota para buscar, y localizar, fugas de agua, en particular ninguna de las técnicas descritas en Ref1, Ref2, Ref3, Ref4 y Ref5, prevén comprobar las condiciones meteorológicas de detección remota de las imágenes; en particular, ninguna de las técnicas descritas en Ref1, Ref2, Ref3, Ref4 y Ref5 prevén la obtención selectiva de
15 únicamente las imágenes detectadas remotamente en condiciones meteorológicas adecuadas para realizar análisis de contenido de la humedad del suelo.

 Adicionalmente, debería señalarse también que ninguno de los documentos anteriormente indicados Ref1, Ref2, Ref3, Ref4 y Ref5 hacen referencia, aunque sea de paso, al hecho de que las condiciones meteorológicas durante la detección remota de las
20 imágenes pueden tener, como se ha explicado anteriormente, un impacto (incluso bastante importante) en el rendimiento de los sensores usados para detección remota (por ejemplo, sensores ópticos y/o TIR) y, en consecuencia, también en los resultados de estas técnicas de búsqueda y localización de fuga de agua que aprovechan imágenes generadas mediante sistemas de detección remota.

25 Es importante también observar que Ref3 menciona un pre-procesamiento de las imágenes por satélite (con respecto a esto, se hace referencia a las primeras nueve líneas del párrafo 4.3 en la página 164 de Ref3), donde este pre-procesamiento incluye corrección geométrica y una corrección atmosférica de las imágenes. Evidentemente, como es conocido en el campo de la detección remota por satélite, la corrección atmosférica de
30 imágenes generadas mediante sistemas por satélite de detección remota únicamente sirve para retirar (o intentar retirar) posibles artefactos presentes en las imágenes por satélite debido a fenómenos atmosféricos (tales como nubes, niebla, bruma, etc.), pero no es comparable de ninguna manera a la obtención selectiva de acuerdo con la presente invención (bloque 12), basándose en comprobar las condiciones meteorológicas durante la
35 detección remota de las imágenes.

 Por lo tanto, a la luz de lo que se acaba de explicar, los resultados conseguidos a

través de la implementación del método 1 son extremadamente fiables y precisos, en particular mucho más precisos y fiables que aquellos obtenidos mediante las técnicas descritas en Ref1, Ref2, Ref3, Ref4 y Ref5, debido al hecho de descartar a priori, y por lo tanto no usar para búsqueda y localización de fuga de agua, todas estas imágenes detectadas remotamente en condiciones meteorológicas que no son adecuadas para, o incluso interfieren con, el análisis del contenido de humedad del suelo.

Adicionalmente, el método 1 prevé también:

- realizar el procesamiento de las imágenes por satélite SAR obtenidas y de los datos de georreferencia de la red de suministro de agua a inspeccionar, en particular de dicho mapa o mapas georreferenciados de la red de suministro de agua, y generar, basándose en el procesamiento realizado, un mapa digital georreferenciado que muestra dicha red de suministro de agua y contenido de la humedad del suelo en la región en la que se extiende dicha red de suministro de agua (bloque 13); y

- detectar y localizar una o más fugas en la red de suministro de agua basándose en el mapa digital georreferenciado generado (bloque 14).

De manera conveniente, la etapa de detección y localización de fuga de red de suministro de agua (bloque 14) está basada en un análisis del mapa digital georreferenciado, donde este análisis tiene por objeto identificar las áreas en las que pasa la red de suministro de agua (o que están inmediatamente adyacentes a las tuberías de la red de suministro de agua) y en las que el contenido de humedad del suelo es alto (por ejemplo, mayor que un umbral predeterminado indicativo de un valor de humedad medio para el suelo circundante).

La Figura 2 muestra un ejemplo de un mapa digital georreferenciado generado mediante el método 1. En particular, en el mapa en la Figura 2, que muestra una red de suministro de agua y el contenido de humedad del suelo en la región en la que se extiende dicha red de suministro de agua, se indican las fugas de agua detectadas a través de la ejecución del método 1, así como otros elementos identificados en las imágenes por satélite procesadas (en particular, el tejado de un edificio, un tejado cubierto por paneles fotovoltaicos y un campo de granja).

Usando el método 1, es por lo tanto posible enviar a un operador a los puntos geográficos identificados para una búsqueda de campo final (llevada a cabo, por ejemplo, mediante un geófono) para encontrar la fuga, o identificar mejor la causa de la fuga, y a continuación tomar los pasos para eliminarla.

El método 1 puede implementarse de manera conveniente por medio de un sistema electrónico oportuno. Con respecto a esto, la Figura 3 muestra esquemáticamente un sistema de búsqueda de fuga de red de suministro de agua (indicado como una totalidad

mediante el número de referencia 2) que está diseñado para ejecutar el método 1 y, en particular, incluye medios de procesamiento 21 programados (mediante software y/o código firmware oportunos) para implementar el método 1.

5 Preferentemente, el sistema 2 incluye también medios de interfaz de usuario 22 diseñados para permitir a un usuario introducir datos y/o comandos (por ejemplo, mediante un teclado y/o ratón y/o pantalla táctil) y para presentar los resultados de las búsquedas realizadas, en particular para presentar los mapas digitales georreferenciados junto con indicaciones de fugas identificadas en una pantalla.

10 Además, el sistema 2 está configurado de manera conveniente para conectar (por ejemplo mediante una o más redes de telecomunicación):

- a al menos una base de datos 3 que almacena imágenes por satélite SAR de la superficie de la Tierra para realizar la búsqueda, selección y obtención de las imágenes por satélite SAR; y,
- preferentemente, también a al menos una base de datos de meteorología 4
15 para realizar la selección de imágenes por satélite SAR basándose en comprobar las condiciones meteorológicas.

Las numerosas ventajas de la presente invención son inmediatamente evidentes a partir de la descripción anterior.

20 En particular, es importante señalar que la presente invención posibilita reducir drásticamente tiempos y costes de búsqueda de fuga de agua con respecto a métodos y técnicas de fuga de agua “en el campo” actuales basándose en el uso de geófonos, correladores, trazadores de gas, pruebas de etapa, etc. De hecho, la presente invención posibilita monitorizar remotamente una red de suministro de agua en tiempos mucho más cortos con respecto a aquellos necesarios para búsqueda de campo llevada a cabo por
25 operadores a lo largo de toda la longitud de la red de suministro de agua (como se ha explicado anteriormente, con la presente invención el uso de operadores está limitado a solamente la última etapa de detección localmente y reparación de fugas en puntos geográficos identificados con precisión a través del uso de la presente invención).

En detalle, la presente invención ofrece las siguientes ventajas:

- 30 • alta fiabilidad y alta precisión en detección y localización de fugas;
- posibilidad de estimar el tamaño de las fugas detectadas, así como pronosticar inconveniencias potenciales producidas por estas fugas;
- velocidad de respuesta aumentada en detección de fuga y clasificación con una reducción consecuente en costes de producción y distribución de agua;
- 35 • reducción drástica en la presencia de fugas en una red de suministro de agua;
- visualización inmediata de fugas en un mapa digital georreferenciado;

- sin límite de tamaño;
- puntos identificados en alta resolución (aproximadamente 5 m);
- la tecnología es no invasiva y amigable medioambientalmente;
- sin inconveniencia para usuarios finales;

5 • reducción en los costes, riesgos y recursos humanos necesarios para buscar y reparar tuberías;

• reducción en los costes de mantenimiento, procesamiento, productos empleados, etc.;

- reducción en los costes para suministrar agua a consumidores;

10 • corto periodo de amortización;

- burocracia cero.

Además, haciendo referencia de nuevo a la situación previamente contemplada de buscar fugas de agua a través de un área de 100 km² en la que hay una red de suministro de agua formada por 500 km de tuberías, se llama la atención al hecho de que, en este caso, la presente invención debería implicar un coste global de 40.000/50.000 euros, con un ahorro consecuente del 30/40 % con respecto a los 75.000 euros necesarios con los métodos de búsqueda de fuga de agua actuales basándose en el uso de geófonos, correladores, trazadores de gas, pruebas de etapas, etc.

Adicionalmente, es importante de nuevo señalar que los resultados conseguidos a través del uso de la presente invención son mucho más precisos y fiables que aquellos obtenidos mediante las técnicas descritas en Ref1, Ref2, Ref3, Ref4 y Ref5, debido al hecho de descartar a priori, y por lo tanto no usar para búsqueda y localización de fuga de agua, todas aquellas imágenes detectadas remotamente en condiciones meteorológicas que no son adecuadas para, o incluso interfieren con, el análisis de contenido de la humedad del suelo.

En conclusión, es evidente que pueden aplicarse diversas modificaciones a la presente invención sin alejarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. En particular, es importante señalar una vez más de nuevo que la presente invención, para el fin de buscar fugas de agua, puede aprovechar también de manera conveniente imágenes generadas mediante otros tipos de detección remota (por ejemplo detección remota óptica, TIR, multi-espectral e hiperespectral, etc.) además, o como alternativa, a la detección remota SAR. Además, la presente invención puede aprovechar también de manera conveniente imágenes detectadas remotamente mediante plataformas aéreas, tales como aviones, drones, etc., además, o como alternativa, a imágenes por satélite.

REIVINDICACIONES

5 1.- Método (1) para buscar fugas en una red de suministro de agua, comprendiendo dicho método (1):

a) obtener datos de georreferencia de una red de suministro de agua (bloque 11);

10 b) obtener, basándose en los datos de georreferencia de la red de suministro de agua, imágenes generadas mediante sistemas de detección remota, representando las imágenes obtenidas una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende dicha red de suministro de agua (bloque 12);

15 c) realizar procesamiento de las imágenes obtenidas y de los datos de georreferencia de la red de suministro de agua y generar, basándose en el procesamiento realizado, un mapa digital georreferenciado que muestra dicha red de suministro de agua y contenido de la humedad del suelo en la región en la que se extiende dicha red de suministro de agua (bloque 13); y

d) detectar y localizar una o más fugas en la red de suministro de agua mediante la realización de un análisis del contenido de humedad del suelo mostrado en el mapa digital georreferenciado generado en, o en la vecindad de, dicha red de suministro de agua (bloque 14);

20 estando caracterizado dicho método (1) por que la etapa b) (bloque 12) incluye obtener, desde al menos una base de datos (3) que almacena imágenes de la superficie de la Tierra generadas mediante sistemas de detección remota, únicamente imágenes que representan una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua y que se han detectado remotamente en condiciones meteorológicas que satisfacen requisitos meteorológicos predeterminados indicativos de unas condiciones predeterminadas meteorológicas adecuadas para realizar dicho análisis del contenido de humedad del suelo mostrado en el mapa digital georreferenciado generado.

30 2.- El método según la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa b) (bloque 12) incluye:

- buscar, en dicha base de datos (3) que almacena imágenes de la superficie de la Tierra generadas mediante sistemas de detección remota, imágenes de una región de la superficie de la Tierra en la que se extiende la red de suministro de agua; y,
 - para cada imagen encontrada,
- 35

- comprobar, basándose en datos obtenidos desde una o más bases de datos meteorológicas (4), condiciones meteorológicas de la región en la que se extiende la red de suministro de agua en la fecha de la detección remota de dicha imagen, y

5 - obtener dicha imagen únicamente si las condiciones meteorológicas satisfacen dichos requisitos meteorológicos predeterminados.

10 3.- El método según la reivindicación 1, caracterizado por que dichos datos de georreferencia comprenden uno o más mapas georreferenciados de la red de suministro de agua.

15 4.- El método según cualquier reivindicación anterior, caracterizado por que la etapa b) (bloque 12) incluye obtener uno o más de los siguientes tipos de imágenes: imágenes detectadas remotamente mediante radar de apertura sintética, imágenes detectadas remotamente mediante sensores ópticos, imágenes detectadas remotamente mediante sensores que operan en el espectro infrarrojo térmico, imágenes multiespectrales, imágenes hiperespectrales.

20 5.- El método según cualquier reivindicación anterior, caracterizado por que la etapa b) (bloque 12) incluye obtener imágenes detectadas remotamente a través de plataformas por satélite y/o aéreas.

25 6.- Sistema (2) para buscar fugas en una red de suministro de agua, dicho sistema (2) comprendiendo medios de procesamiento (21) que están:

- configurados para conectarse a:
 - 30 - al menos una base de datos (3) que almacena imágenes de la superficie de la Tierra generadas por sistemas de detección remota, y
 - a al menos una base de datos meteorológica (4); y
- programado para realizar el método (1) para buscar fugas en una red de suministro de agua según cualquier reivindicación anterior.

35

7.- Producto de programa informático que comprende porciones de código de software y/o firmware que son:

- ejecutables mediante medios de procesamiento (21); y
 - de manera que provocan, cuando se ejecutan, que dichos medios de procesamiento (21) implementen el método (1) para buscar fugas en una red de suministro de agua según cualquier reivindicación 1-5.
- 5

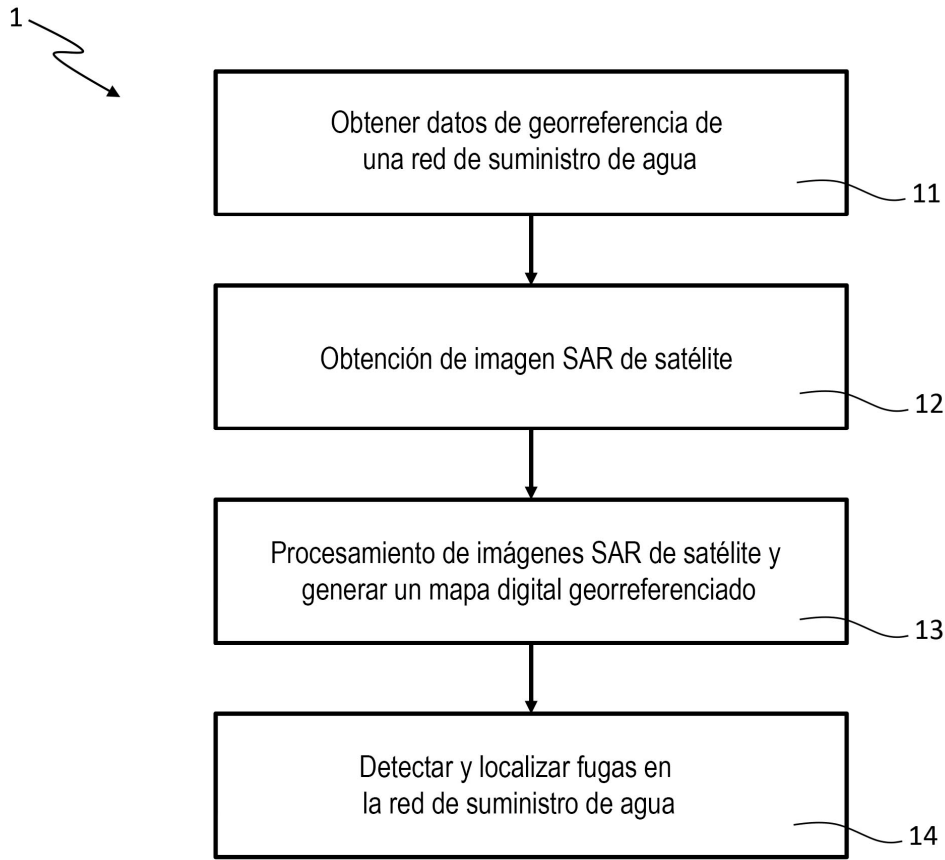


FIG. 1

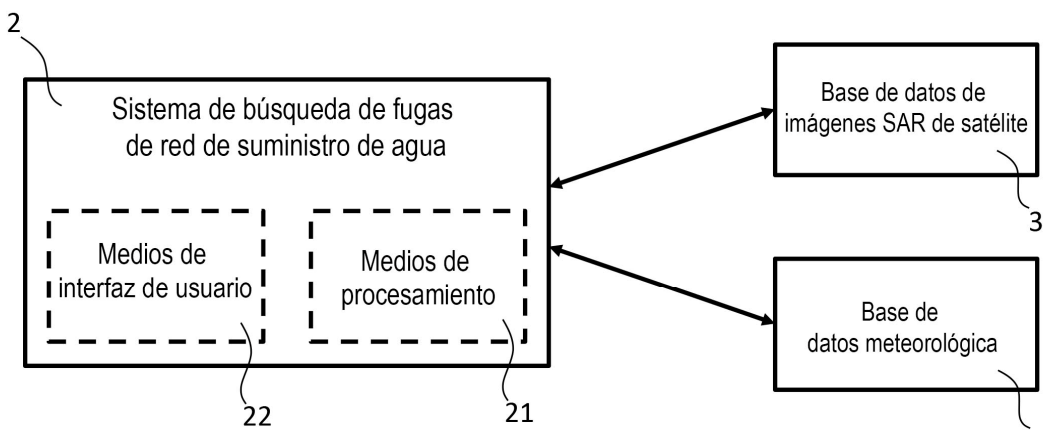


FIG. 3



FIG. 2