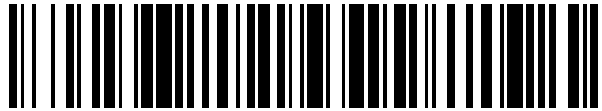


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 950**

21 Número de solicitud: 201630126

51 Int. Cl.:

G01C 7/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

04.02.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

04.08.2017

71 Solicitantes:

**TUBECHECK S.L. (100.0%)
C/ Isidoro Chamorro Pérez nº 4, Bajo
33008 Oviedo (Asturias) ES**

72 Inventor/es:

**FERNANDEZ VILLANUEVA, Daniel;
RIVERA BLÁZQUEZ, Óscar;
ÁLVAREZ ÁLVAREZ, Juan Carlos y
NUÑO GARCÍA, Fernando**

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

54 Título: **Sistema y método para determinar trayectorias en conductos subterráneos**

57 Resumen:

Sistema y método para determinar trayectorias en conductos subterráneos.

El sistema comprende:

- una plataforma móvil (102) prevista para su desplazamiento en un conducto subterráneo para realizar una inspección del mismo;
- un sistema de referencia (103) con uno o más sensores no inerciales para control de la distancia recorrida por la plataforma móvil (102);
- un módulo electrónico (101) asociado a dicha plataforma móvil (102) y dotado con sensores inerciales (304) para realizar un mapeado en un tramo del conducto subterráneo con base en unos datos adquiridos que proporcionan unas señales de navegación y a unos patrones temporales de los mismos; y
- unos medios de computación para calcular la trayectoria seguida por la plataforma móvil (102) tomando en consideración los datos adquiridos y los patrones temporales asociados, estando dichos datos adquiridos corregidos frente a posibles derivas mediante una comparación con unos datos obtenidos por el (los) sensor(es) no inerciales.

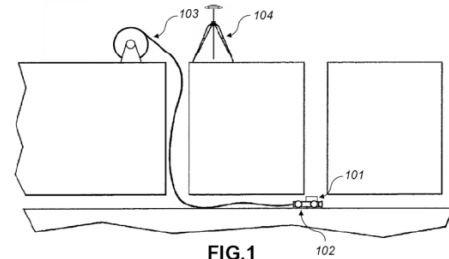


FIG.1

Sistema y método para determinar trayectorias en conductos subterráneos

DESCRIPCIÓN

Sector de la técnica

5 La presente invención concierne en general a sistemas y métodos para inspección de estructuras subterráneas. En particular, la presente invención concierne a un sistema y a un método para determinar trayectorias, descritas por una plataforma móvil, teledirigida, en conductos subterráneos.

En la presente invención, por mapeado deberá entenderse un gráfico 2D o 3D del recorrido
10 del conducto subterráneo, obtenido a partir de la trayectoria realizada por el móvil, habiéndose esta trayectoria preferiblemente corregido y filtrado previamente.

Estado de la técnica anterior

En la actualidad, los conductos subterráneos públicos están a menudo insuficientemente documentados o, incluso, se desconoce parte de la red. Las continuas modificaciones con
15 cambios de trazado y reparaciones llevan a la incertidumbre a la hora de disponer de una documentación clara y precisa que facilite las tareas necesarias de mantenimiento y reparación. Por ello, se hace necesario el empleo de nuevos métodos y tecnologías que faciliten el mapeado de dichos conductos de forma rápida y poco invasiva.

Por otro lado, las tareas de inspección realizadas mediante plataformas móviles
20 teledirigidas, equipadas con sistemas de visión son cada vez más comunes y de gran utilidad para el mantenimiento de los conductos subterráneos al poder realizar dichas inspecciones de forma no invasiva. La combinación de estos dispositivos con un sistema de mapeado permite ampliar sus capacidades y aportar un valor añadido. De esta forma, las plataformas móviles pueden realizar tareas tanto de inspección como de mapeado según
25 necesidad o ambas de forma simultánea ahorrando tiempo y costes.

En la actualidad, ya se conoce por diversas patentes, por ejemplo por la patente ES-T3-
2343821, dispositivos capaces de estimar la trayectoria descrita por un vehículo mediante el
uso de sistemas de posicionamiento por satélite (p. ej. señales GPS). Sin embargo, estos
procedimientos se hacen inviables en conductos subterráneos, donde la baja cobertura no
30 permite garantizar una señal estable.

Existen también varias patentes referentes a sistemas de inspección incorporados en dispositivos móviles conocidos como PIGs (Pipeline Inspection Gauge), dispositivos especialmente diseñados para desplazarse por conductos de sección circular gracias a su configuración diametral cercana al de la tubería/conducto subterráneo, de forma que avanzan empujados por el propio flujo del fluido. Varias patentes o solicitudes de patente como US-A-4747317, US-B1-4945775, US-A-4717875 o US6243657 incluyen sensores inerciales situados en dichos dispositivos PIGs, para ubicar las averías o anomalías, como cambios de curvatura, detectadas a lo largo del proceso de inspección. Estos sistemas están diseñados para la inspección periódica de un determinado conducto por lo que, algunos de ellos, tal como el descrito en el documento US-A-4747317, requieren de la instalación de forma permanente de elementos para la detección a lo largo de la tubería, siendo económicamente inviable para inspecciones puntuales en varios conductos. Además, el propio medio de desplazamiento de éstos dispositivos los hace inviables para conductos que no tengan un cierto caudal de forma continua y su forma física hace que no sean adecuados en tramos con diámetros variables y/o con cambios de sentido bruscos, aparte de requerir vías de acceso especialmente diseñadas para ellos y ser de uso exclusivo en conductos de sección circular.

En la patente US-B1-6243483, se presenta un PIG que posee una unidad de medición inercial y un odómetro incorporados para obtener la trayectoria que recorre. Este sistema está igualmente diseñado para ser utilizado de forma permanente en un determinado conducto, el cual debe de poseer y tener instalado puntos de detección magnéticos del paso del móvil, de los cuales deben de conocerse previamente sus coordenadas. Por ello, el requerir acceso a la tubería para la instalación de detectores hace que el sistema no sea práctico para inspecciones puntuales no invasivas. Por otra parte, el propio medio de desplazamiento controlado del PIG mediante el caudal de la tubería no tiene en cuenta las medidas necesaria a tomar en el caso de un móvil de inspección teledirigido, donde el movimiento presenta frecuentes pausas y cambios de dirección.

En la patente ES-T3-2541103, se presenta un dispositivo detector de anomalías en tuberías que se desplaza a lo largo de estas rodando. En este caso, la unidad sensora va situada en una envolvente cilíndrica o esférica la cual, dependiendo de si su densidad es mayor o menor a la del líquido transportador, se desplazará rodando por la parte inferior o superior de la tubería respectivamente. Para estimar la localización de las anomalías detectadas durante el recorrido, la unidad sensora emplea acelerómetros y magnetómetros para contar

el número de revoluciones de la unidad al desplazarse rodando. De esta forma se puede estimar la longitud recorrida conociendo el radio de la esfera que conforma la unidad sensora. Dicho sistema presenta nuevamente el inconveniente de requerir un caudal mínimo para el desplazamiento. Por otro lado, solo se contempla un cálculo aproximado de la
5 distancia recorrida, no pudiendo conocer el recorrido realizado.

En la patente US-B2-7100463 se emplea una plataforma móvil para localizar las coordenadas cartesianas de un conducto, empleando sensores inerciales y un sensor de presión basado en el efecto Venturi que sirve de referencia de la velocidad y se usa como odómetro. Al igual que los dispositivos PIGs indicados, el móvil requiere de un flujo en la
10 tubería tanto para su desplazamiento, como también para obtener señal del sensor de presión.

En la patente US-B1-8547428 se presenta un sistema de mapeado y visualización 3D de tuberías basado en la integración de una sonda y sensores inerciales a un sistema de inspección por cámara guiada por cable semirrígido. Este sistema requiere de un localizador
15 electromagnético externo para la detección de la unidad de inspección, por lo que factores como la profundidad o si el campo magnético se ve distorsionado por magnetismo residual o materiales ferromagnéticos adyacentes le afectan en gran medida. Por otra parte, las distancias que permite explorar el dispositivo mediante cable semirrígido son menores que las posibles mediante una plataforma móvil autopropulsada, además de que el tiempo
20 empleado es menor.

Existe, por tanto, la necesidad de ofrecer un nuevo sistema, y método, para determinar trayectorias en conductos subterráneos, no invasivo y sin necesidad de modificaciones ni instalaciones de elementos secundarios en el conducto subterráneo, siendo apto para trabajar en conductos subterráneos donde no exista alcance de cobertura y adaptable a los
25 sistemas de inspección empleados en la actualidad.

Explicación de la invención

Para ese fin, ejemplos de realización de la presente invención proporcionan de acuerdo a un primer aspecto, un sistema para determinar trayectorias en conductos subterráneos, el cual comprende al igual que las técnicas conocidas en el estado de la técnica una plataforma
30 móvil prevista para su desplazamiento en un conducto subterráneo para realizar una inspección del mismo, y un sistema de referencia que incluye uno o más sensores no

inerciales (tal como un odómetro), conectado a la plataforma móvil para control de la distancia recorrida por la plataforma móvil respecto a un punto de referencia, a medida que esta se va desplazando por el conducto subterráneo.

Al contrario de las soluciones conocidas en el estado de la técnica, el sistema propuesto por la presente invención comprende además un módulo electrónico asociado a dicha plataforma móvil, e independiente de la misma, y dotado de una pluralidad de sensores inerciales para realizar un mapeado en un tramo del conducto subterráneo a inspeccionar; y unos medios de computación configurados para calcular, mediante la ejecución de un algoritmo de computación, la trayectoria seguida por la plataforma móvil en dicho tramo tomando en consideración al menos unos datos adquiridos por dicho módulo electrónico que proporcionan unas señales de navegación y unos patrones temporales asociados, estando dichos datos adquiridos corregidos frente a posibles derivas mediante una comparación con unos datos obtenidos por dicho uno o más sensores no inerciales.

Según la presente invención también se prevé que los sensores no inerciales puedan estar incluidos en la propia plataforma móvil.

En un ejemplo de realización, el sistema propuesto incluye un módulo de almacenamiento para guardar los datos adquiridos que proporcionan unas señales de navegación y de los patrones temporales asociados. Asimismo, el módulo de almacenamiento puede estar incluido en el módulo electrónico.

En un ejemplo de realización, el sistema propuesto comprende además un dispositivo de posicionamiento terrestre de precisión para establecer unas coordenadas de inicio y final de dicho tramo del conducto subterráneo a inspeccionar.

Los sensores inerciales pueden comprender unos medios para medir aceleraciones lineales tales como acelerómetros y unos medios para medir velocidades angulares tales como giróscopos, de la plataforma móvil. Asimismo, los citados sensores inerciales pueden adquirir los datos de las señales de navegación en 2 o 3 dimensiones.

En un ejemplo de realización, el módulo electrónico incluye también, en asociación a los medios para medir aceleraciones lineales de la plataforma móvil, unos medios de cálculo de tiempo y registro de la temperatura para compensar derivas térmicas en los datos adquiridos. De la misma forma, el módulo electrónico puede incluir además, en asociación a dichos medios para medir velocidades angulares de la plataforma móvil, unos medios de

cálculo de tiempo y registro de temperatura y un conversor analógico digital para digitalizar datos de tensión.

En un ejemplo de realización, el módulo electrónico comprende una carcasa estanca para su anclaje a la plataforma móvil. Igualmente, el módulo electrónico puede incluir una o más
5 baterías para alimentación autónoma del mismo.

Los medios de computación, en un ejemplo de realización, forman parte del propio módulo electrónico. En este caso, el módulo electrónico incluye unos medios de comunicación inalámbricos para recepción de instrucciones de control de un dispositivo de computación (tal como un ordenador personal (PC), un teléfono inteligente (o Smartphone), una tableta (o
10 Tablet), etc.) y para transmisión de los datos corregidos y de los patrones temporales a dicho dispositivo de computación para su visualización.

Alternativamente, los medios de computación pueden formar parte de un dispositivo de computación remoto al módulo electrónico, situado en el exterior del conducto subterráneo, tal como un ordenador personal (PC), un teléfono inteligente (o Smartphone), una tableta (o
15 Tablet), etc.. En este caso, el módulo electrónico incluye los medios de comunicación inalámbricos necesarios para la transmisión de los datos corregidos y de los patrones temporales al citado dispositivo de computación remoto.

Asimismo, el módulo electrónico puede estar configurado para recibir instrucciones de control y para transmitir los citados datos corregidos y los patrones temporales bien a un
20 mismo dispositivo de computación, remoto al módulo electrónico, o a diferentes dispositivos de computación, remotos. Es decir, el módulo electrónico puede recibir instrucciones de control de un primer dispositivo de computación (por ejemplo un ordenador personal) y puede enviar los datos corregidos, para su procesamiento y visualización, a otro dispositivo de computación diferente (por ejemplo a otro ordenador personal o a una tableta).

25 De acuerdo a un segundo aspecto, la presente invención proporciona un método para determinar trayectorias en conductos subterráneos, el cual comprende desplazar, una plataforma móvil en un conducto subterráneo para realizar una inspección del mismo, estando dicha plataforma móvil conectada a un sistema de referencia que incluye uno o más sensores no inerciales y que controla la distancia recorrida por la plataforma móvil, respecto
30 a un punto de referencia, a medida que esta se va desplazando por el conducto subterráneo.

De manera característica, el método realiza un mapeado de un tramo del conducto subterráneo a inspeccionar mediante:

- la adquisición, por un módulo electrónico asociado a la plataforma móvil, de unos datos que proporcionan unas señales de navegación, obtenidos a medida que la plataforma móvil se va desplazando en dicho conducto subterráneo, y la adquisición de unos patrones temporales en los cuales dichos datos que proporcionan unas señales de navegación han sido adquiridos, en donde dicha adquisición se realiza por una pluralidad de sensores inerciales incluidos en el módulo electrónico; y
- la detección y segmentación mediante la utilización de los datos adquiridos por la pluralidad de sensores inerciales del movimiento de la plataforma móvil durante la adquisición de dichos datos, y
- el cálculo, por unos medios de computación, mediante la ejecución de un algoritmo de computación, de la trayectoria seguida por la plataforma móvil en el citado tramo tomando en consideración al menos los datos adquiridos y los patrones temporales asociados, estando los citados datos adquiridos corregidos frente a posibles derivas mediante una comparación con unos datos obtenidos por dicho uno o más sensores no inerciales.

Los datos adquiridos y los patrones temporales asociados pueden almacenarse en una memoria previamente a la realización de dicho cálculo de la trayectoria.

Asimismo, en el método propuesto, se puede establecer en la plataforma móvil, mediante un dispositivo de posicionamiento terrestre, unas coordenadas de inicio y final del citado tramo del conducto subterráneo a inspeccionar.

En un ejemplo de realización el módulo electrónico está controlado por un dispositivo de computación que proporciona unas órdenes (por ejemplo recibidas mediante una tecnología inalámbrica) referentes a los momentos de adquisición de dichos datos de los sensores inerciales. Además, se puede proporcionar también una información adicional incluyendo al menos una serie de puntos de dicho tramo del conducto subterráneo a inspeccionar en donde se han identificado averías y/o información acerca de la distancia recorrida por la plataforma móvil. Esta información adicional se encuentra almacenada en el dispositivo de computación y se transmite al módulo electrónico una vez finalizado el mapeado del tramo del conducto subterráneo y es posible establecer dicha comunicación inalámbrica. Mediante la referencia de tiempos de ambos dispositivos, se sincroniza la información adicional con el cálculo de la trayectoria seguida por la plataforma móvil.

En aún otro ejemplo de realización, el método comprende además mostrar la trayectoria calculada en una pantalla de un dispositivo de computación en forma de un gráfico bidimensional o tridimensional.

5 Por tanto, la presente invención proporciona un sistema de mapeado de conductos subterráneos no invasivo al no requerir de modificaciones ni instalación de elementos secundarios en el conducto a mapear.

El sistema está preferiblemente diseñado de forma modular e independiente para su uso según necesidad con cualquier plataforma móvil, teniendo que modificarse únicamente el sistema de amarre o sujeción del módulo electrónico a la misma plataforma.

10 La toma de datos y el post-procesamiento de estos están optimizados para su uso en dispositivos móviles teledirigidos manipulados por operarios, donde las paradas y cambios de dirección son frecuentes. Los datos de la trayectoria preferiblemente son filtrados para obtener el mapeado del conducto.

15 La presente invención, mediante la adaptación de la plataforma móvil, puede emplearse tanto en conductos con caudal como sin él.

Asimismo, la presente invención sólo depende del uso de señales de posicionamiento por satélite en las posiciones de inserción y extracción de la plataforma móvil, haciéndola apta para trabajar en conductos subterráneos, donde no hay cobertura.

Breve descripción de los dibujos

20 Las anteriores y otras ventajas y características se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de unos ejemplos de realización con referencia a los dibujos adjuntos, que deben tomarse a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

25 La Fig. 1 muestra un sistema para determinar la trayectoria seguida por una plataforma móvil, teledirigida, a medida que esta se desplaza en un conducto subterráneo, según un ejemplo de realización ilustrativo de la presente invención.

La Fig. 2 ilustra esquemáticamente los diferentes módulos/unidades que forman el módulo electrónico asociado a la plataforma móvil, según un ejemplo de realización preferido.

La Fig. 3 ilustra esquemáticamente la unidad electrónica del citado módulo electrónico.

La Fig. 4 muestra mediante un diagrama de flujo y bloques funcionales un método para determinar trayectorias en conductos subterráneos, según un ejemplo de realización de la presente invención.

La Fig. 5 es un diagrama de bloques que ilustra los diferentes elementos utilizados por el algoritmo de computación propuesto por la presente invención para obtener las trayectorias seguidas por la plataforma móvil a partir de los datos adquiridos por el módulo electrónico.

Descripción detallada de la Invención y de unos ejemplos de realización

En la Fig. 1 se muestra un ejemplo de realización de un sistema para determinar trayectorias seguidas por una plataforma móvil 102, teledirigida, a medida que esta se desplaza en un conducto subterráneo. En este entorno, la plataforma móvil 102 no tendrá por lo general acceso a sus coordenadas de posición, empleando, por ejemplo, señales GPS, por ello, la presente invención utiliza técnicas de navegación inercial. Estas técnicas consisten en el uso de sensores inerciales 304 (ver figura 3) tales como acelerómetros, giróscopos, magnetómetros, entre otros, para monitorizar los movimientos (medida de aceleraciones lineales y velocidades angulares por ejemplo) a los que está sometida la plataforma móvil 102. Mediante el procesado de las señales de dichos sensores inerciales 304 se obtiene lo que se conoce como una Unidad de Medición Inercial (IMU), empleada ampliamente en la navegación aérea. No obstante, estas unidades tienen un error acumulativo y sería necesaria un IMU de gran resolución, capaz de detectar la rotación de la tierra, para obtener una trayectoria fiable. Dichos dispositivos son extremadamente caros y de difícil acceso. Por ello, la presente invención, además de usar los citados sensores inerciales 304 para realizar un mapeado de un tramo del conducto subterráneo, utiliza también un sistema de referencia 103 de la distancia recorrida por la plataforma móvil 102 con sensores no inerciales (por ejemplo un odómetro) para reducir el error acumulativo.

El equipo necesario para la realización de un mapeado consta, por un lado, de un módulo electrónico 101, preferiblemente dotado con alimentación propia y protegido por un soporte mecánico estanco 201, o carcasa, (ver figura 2) con capacidad para anclarse a la plataforma móvil 102, y que incluye a los citados sensores inerciales 304, para adquisición de las señales de navegación a medida que la plataforma móvil 102 se va desplazando por un tramo del conducto subterráneo, adquisición de los patrones temporales en los cuales los citados datos de las señales de navegación han sido adquiridos y la detección y segmentación del movimiento de la plataforma móvil 102 durante la adquisición de los datos.

Según este ejemplo de realización, el citado módulo electrónico 101 incluye además (ver figura 3) medios de comunicación 309, preferiblemente inalámbricos, y un módulo de almacenamiento 310 para almacenar los datos adquiridos que proporcionan las señales de navegación y los patrones temporales asociados, y el citado sistema de referencia 103
5 consta de una bobinadora automática con cuentavueltas para el cable de alimentación, control y visualización de la distancia recorrida por la plataforma móvil 102. Asimismo, el sistema comprende además un dispositivo de posicionamiento terrestre de precisión 104, y medios de computación (no ilustrados en la figura) que permitan una comunicación, por ejemplo inalámbrica, con el módulo electrónico 101 y con capacidad suficiente para tratar y
10 analizar los datos almacenados tras el proceso de mapeado. Dichos medios de computación tendrán instalados un software (algoritmo de computación) empleado para realizar el procesamiento de los datos adquiridos.

La Fig. 2 muestra un ejemplo de realización preferido del módulo electrónico 101. Tal como puede verse en la figura, el módulo electrónico 101 consta de la citada carcasa 201, al
15 menos una batería 202 para alimentar la unidad electrónica 203 del mismo, un selector 204 para que se pueda elegir el modo de funcionamiento y un conector 205 para cargar la batería 202.

La Fig. 3 muestra la unidad electrónica 203 empleada por el módulo electrónico 101 para la adquisición, digitalización, almacenamiento y posterior volcado/transmisión de las señales
20 de navegación. Esta unidad electrónica 203, según un ejemplo de realización, dispone de medios de señalización 303 (por ejemplo indicadores luminosos, una pantalla o un emisor acústico) para conocer el estado de la batería 202, medios de selección 302 a través de los cuales un usuario puede elegir el modo de funcionamiento del módulo electrónico 101, un microcontrolador 301, el cual cuenta con conversor A/D 308 para digitalizar datos de
25 tensión, una referencia de tensión 307, un conector 311 para programación del módulo electrónico 101 y otros módulos internos, medios de cálculo de tiempo y registro de temperatura 305, un indicador 306 del estado de la batería 202, el citado módulo de almacenamiento 310 y los citados medios para comunicarse con otros dispositivos de forma inalámbrica 309, además de los sensores inerciales 304. Preferiblemente, según la
30 invención se utilizan dos acelerómetros y un giróscopo para adquirir los datos de las señales de navegación en 2 dimensiones (no limitativo pues la presente invención en otros ejemplos de realización puede utilizar un número diferente de sensores inerciales, por ejemplo una configuración de 3 acelerómetros y 3 giróscopos y adquirir datos en 3 dimensiones). Esta

reducción de los sensores inerciales permite simplificar el proceso de calibrado de las unidades que conforman el módulo electrónico 101, ahorrando tiempo y costes.

Con referencia ahora a la Fig. 4, en la misma se muestra un ejemplo de realización de un método para determinar trayectorias en conductos subterráneos. El método puede dividirse
5 en tres etapas: mapeado 401, volcado 411 y análisis 421.

En la primera etapa (mapeado 401) se procede a desplazar la plataforma móvil 102 por un tramo del conducto subterráneo para realizar una inspección del mismo. El módulo electrónico 101 se encuentra anclado y encendido antes de comenzar el recorrido. Para controlarlo, se dispone de un dispositivo de computación (o primer dispositivo de
10 computación) con uno o más procesadores y al menos una memoria y con capacidad de comunicación inalámbrica, tal como un ordenador personal (PC), un teléfono inteligente (o Smartphone), una tableta (o Tablet), etc.. A través del cual se mandarían órdenes de inicio y parada de toma de datos de los sensores inerciales 304. El citado software permite además introducir datos de interés, como puntos donde se identifiquen averías, datos de
15 coordenadas para ubicar el principio y el final del recorrido realizado, notas de distancia recorrida o cualquier comentario puntual que se considere. Esta información complementaria se incorporará y se sincronizará con los datos obtenidos al reproducir la trayectoria en la última etapa, análisis 421. En el procedimiento de mapeado 401, se tomarán inicialmente las coordenadas del principio y final del tramo a analizar empleando el citado dispositivo de
20 posicionamiento terrestre 104, los cuales serán los puntos de acceso al tramo del conducto subterráneo. Tras encender y anclar el módulo electrónico 101 a la plataforma móvil 102, se establece una comunicación inalámbrica y se desciende el conjunto hasta el conducto subterráneo, donde se iniciará la grabación de los datos de los sensores inerciales 304. Se indicará la referencia o denominación del acceso y sus coordenadas previamente obtenidas.
25 Durante el recorrido, se realizarán paradas para introducir las medidas tomadas por el sistema de referencia 103, por ejemplo periódicamente, que servirán para corregir la posible deriva generada en los sensores inerciales 304. Igualmente, se pueden introducir los datos de interés complementarios, los cuales quedarán ligados a la posición de la plataforma móvil 102 en dicho instante. Cuando la plataforma móvil 102 alcanza el final del recorrido, se
30 indicarán las coordenadas del segundo punto de acceso y la distancia final recorrida, procediendo a parar la toma de datos y a extraer el conjunto.

Una vez finalizado el proceso de mapeado 401 del conducto subterráneo se procede a transmitir o volcar 411 los datos almacenados en el módulo electrónico 101 al citado dispositivo de computación (Tablet, Smartphone, PC, etc.). A través de una aplicación informática desarrollada para este fin, se crea un archivo formado con los diversos datos en
5 crudo derivados de la medida de los sensores, la referencia de tiempos y todos los datos relativos a anotaciones que se hayan realizado.

En la última etapa, análisis 421, se procede a procesar el archivo de datos creado, para ello se puede utilizar el mismo dispositivo de computación empleado para el control y comunicación con el módulo electrónico 101, o alternativamente, otro dispositivo de
10 computación adicional (o segundo dispositivo de computación), siempre que éste último disponga de capacidad de procesamiento para ejecutar el software con el algoritmo de computación desarrollado para el procesado de los datos. El software reproduce la trayectoria descrita con los datos volcados en la anterior etapa, partiendo de las coordenadas del inicio del mapeado y a partir de los datos de los sensores inerciales 304 y
15 no inerciales (por comparación de estos), acabando en el segundo punto de coordenadas señalado. Se crea con ello un recorrido con múltiples puntos geolocalizados que puede ser visualizado sobre un gráfico bidimensional o tridimensional y sobre el que se pueden observar y conocer las coordenadas específicas de los puntos que se hayan ido señalando durante la primera etapa. El programa filtra además la trayectoria para obtener el mapeado
20 del conducto subterráneo, permitiendo guardar y editar los conductos importados, incorporándose a una base de datos del programa, permitiendo la gestión de una red con múltiples conductos subterráneos mapeados.

Asimismo, las etapas de volcado 411 y análisis 421 en un ejemplo de realización alternativo pueden realizarse en el propio módulo electrónico 101, es decir, los medios de computación
25 están integrados en el propio módulo electrónico 101. En este caso, el módulo electrónico 101 está controlado por un dispositivo de computación tal como un ordenador personal (PC), un teléfono inteligente (o Smartphone), una tableta (o Tablet), etc. Y transmite los datos corregidos y los patrones temporales a dicho dispositivo de computación para su visualización, por ejemplo en forma de un gráfico bidimensional o tridimensional.

30 La Fig. 5 ilustra un diagrama de bloques mostrando los diferentes elementos utilizados por el algoritmo de computación para obtener las trayectorias seguidas por la plataforma móvil 102 a partir de los datos adquiridos por el módulo electrónico 101, según un ejemplo de

realización. El procesado de los datos adquiridos y de los patrones temporales parte de señales inerciales obtenidas por un giróscopo 501, de unos acelerómetros 505 y de las medidas de posición puntuales tomadas durante el proceso de mapeado 509. Las señales inerciales obtenidas por el giróscopo 501 se someten a un proceso de compensación del efecto de la temperatura en las medidas 502, seguido de una integración discretas de las 5 señales 503 y finalmente un procedimiento de compensación del offset 504, resultado de lo cual se obtiene una estimación de la orientación en toda la trayectoria. Los acelerómetros (preferiblemente se utilizan dos) pasan por la misma compensación de la temperatura 506 y a continuación un cálculo de la velocidad teniendo en cuenta las medidas odométricas (no 10 inerciales) en toda la trayectoria 507 seguida por la plataforma móvil 102 (por ejemplo mediante una comparación de las medidas realizadas por los diferentes sensores). Ambas señales del giróscopo y los acelerómetros 501 y 505 se utilizan también para la detección y segmentación del movimiento 508 de la plataforma móvil 102. De esta forma, velocidades y orientaciones se combinan sólo en función de si en dicho instante se detectaba movimiento 15 510, generándose de esta forma la trayectoria completa 511 seguida por la plataforma móvil 102. Esta forma de proceder, segmentando primero el movimiento antes de combinar las señales en un filtro Kalman convencional, permite detectar y corregir las anomalías que surgirían en la trayectoria debidas a las pausas de la plataforma móvil 102. Además, el software desarrollado procesa estas paradas y analiza el comportamiento posterior de la 20 trayectoria, de forma que se detecta cambios de sentido en el movimiento, giros en parada sobre el eje vertical de la plataforma móvil 102, esquivas de obstáculos y cualquier tipo de movimiento errático característico de la plataforma móvil 102 durante una inspección minuciosa del tramo del conducto subterráneo. Esto permite filtrar los datos de la trayectoria seguida por la plataforma móvil 102 y eliminar aquellos puntos que no serían relevantes 25 para el mapeado final del conducto subterráneo.

Un experto en la materia podría introducir cambios y modificaciones en los ejemplos de realización descritos sin salirse del alcance de la invención según está definido en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para determinar trayectorias en conductos subterráneos, el sistema comprende:

- una plataforma móvil (102) prevista para su desplazamiento en un conducto subterráneo para realizar una inspección del mismo; y
- 5 – un sistema de referencia (103) que incluye uno o más sensores no inerciales, conectado a la plataforma móvil (102) para control de la distancia recorrida por la plataforma móvil (102) respecto a un punto de referencia, a medida que esta se va desplazando por el conducto subterráneo,

Estando dicho sistema **caracterizado porque** comprende además:

- 10 – un módulo electrónico (101) asociado a dicha plataforma móvil (102) y dotado de una pluralidad de sensores inerciales (304) para realizar un mapeado en un tramo del conducto subterráneo a inspeccionar, en donde dicho mapeado comprende:
 - 15 ○ adquirir, por dicha pluralidad de sensores inerciales (304), unos datos que proporcionan unas señales de navegación a medida que la plataforma móvil (102) se va desplazando en dicho conducto subterráneo;
 - adquirir unos patrones temporales en los cuales dichos datos que proporcionan unas señales de navegación han sido adquiridos; y
 - detectar y segmentar mediante la utilización de los datos adquiridos por la pluralidad de sensores inerciales (304) el movimiento de la plataforma móvil (102)
20 durante la adquisición de los datos; y
- unos medios de computación, configurados para calcular mediante la ejecución de un algoritmo de computación, la trayectoria seguida por la plataforma móvil (102) en dicho tramo tomando en consideración al menos dichos datos adquiridos por dicho módulo electrónico (101) y los patrones temporales asociados, estando dichos datos adquiridos
25 corregidos frente a posibles derivas mediante una comparación con unos datos obtenidos por dicho uno o más sensores no inerciales.

2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye un módulo de almacenamiento (310) para guardar los datos adquiridos que proporcionan unas señales de navegación y de los patrones temporales asociados.

30 3. Sistema según la reivindicación 2, caracterizado porque dicho módulo de almacenamiento (310) está incluido en el módulo electrónico (101).

4. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además un dispositivo de posicionamiento terrestre de precisión (104) para establecer unas coordenadas de inicio y final de dicho tramo del conducto subterráneo a inspeccionar.

35 5. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque la pluralidad de sensores inerciales (304) comprende unos medios para medir aceleraciones lineales y unos medios

para medir velocidades angulares de la plataforma móvil (102), y porque la pluralidad de sensores inerciales (304) están configurados para adquirir los datos de las señales de navegación en 2 o 3 dimensiones.

5 6. Sistema según la reivindicación 5, caracterizado porque el módulo electrónico (101) comprende además, en asociación a los medios para medir aceleraciones lineales de la plataforma móvil (102), unos medios de cálculo de tiempo y registro de la temperatura (305) para compensar derivas térmicas en los datos adquiridos.

10 7. Sistema según la reivindicación 5 o 6, caracterizado porque el módulo electrónico (101) comprende además, en asociación a dichos medios para medir velocidades angulares de la plataforma móvil (102), unos medios de cálculo de tiempo y registro de temperatura (305) y un conversor analógico digital (308) para digitalizar datos de tensión.

8. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado porque los medios para medir aceleraciones lineales comprenden acelerómetros y los medios para medir velocidades angulares comprenden al menos un giróscopo.

15 9. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho uno o más sensores no inerciales comprenden un odómetro.

10. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el módulo electrónico (101) comprende una carcasa estanca (201) para su anclaje a la plataforma móvil (102).

20 11. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el módulo electrónico (101) incluye una o más baterías para alimentación autónoma del mismo.

12. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque:

25 - los medios de computación forman parte de un dispositivo de computación para procesamiento de los datos adquiridos por el módulo electrónico (101) y con capacidad de controlar el funcionamiento de dicho módulo electrónico (101); y

30 - el módulo electrónico (101) comprende además unos medios de comunicación inalámbricos (309) para recepción de instrucciones de control de dicho dispositivo de computación y para transmisión de los datos corregidos y de los patrones temporales al dispositivo de computación para realizar el cálculo de la trayectoria.

13. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque:

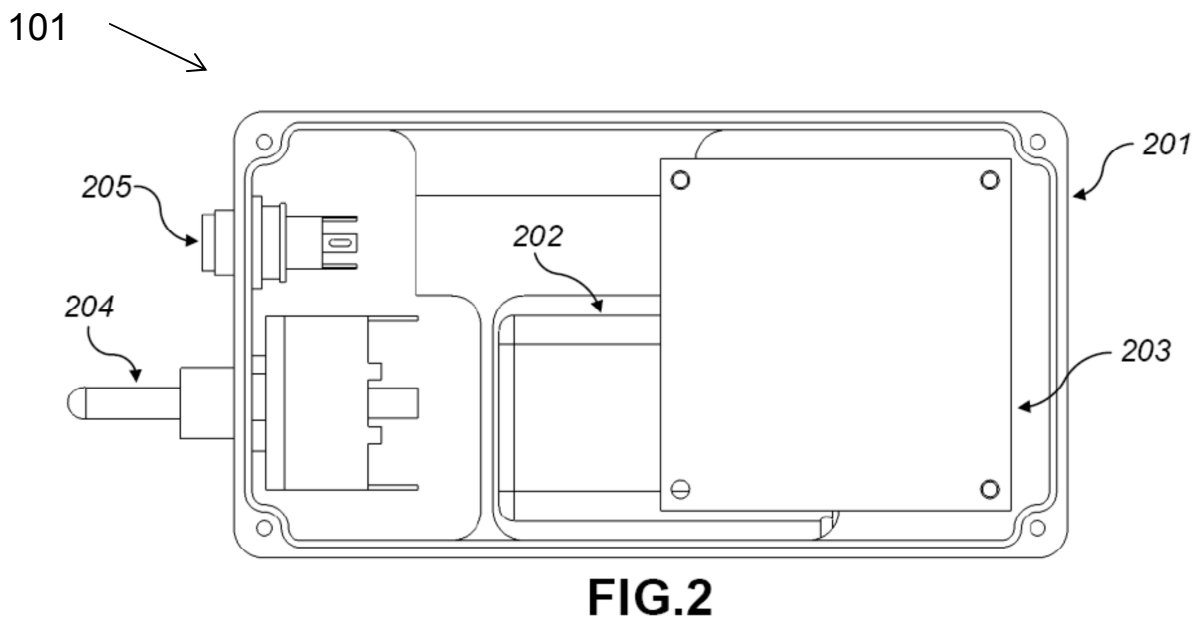
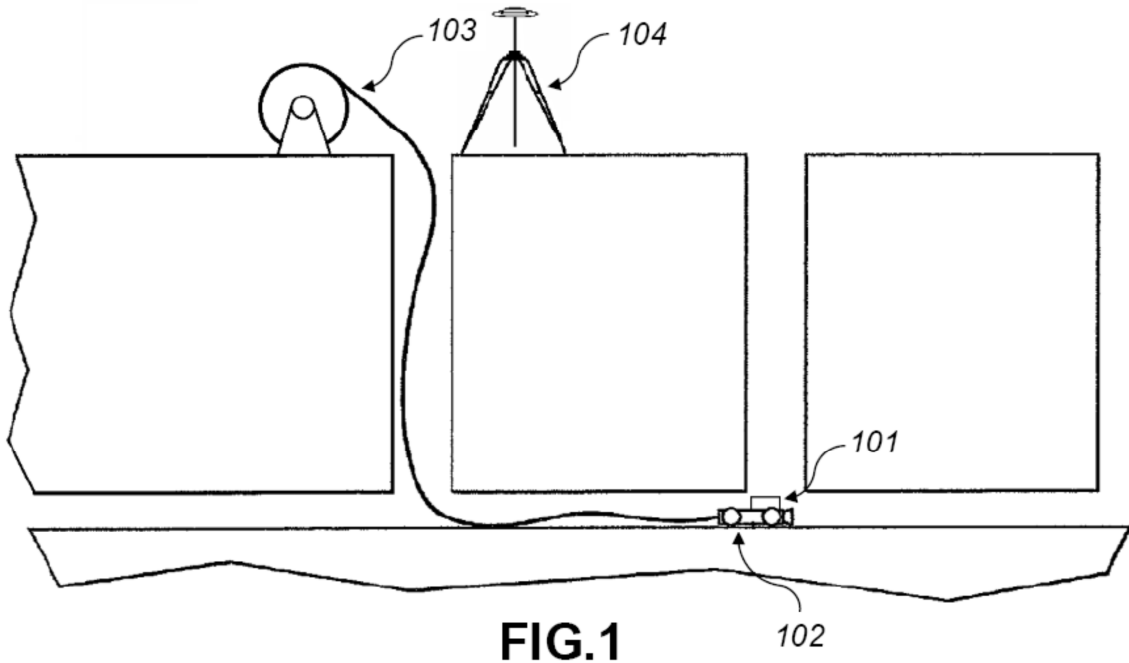
- un primer dispositivo de computación está configurado para controlar el funcionamiento del módulo electrónico (101);

35 - los medios de computación forman parte de un segundo dispositivo de computación; y

- el módulo electrónico (101) incluye además unos medios de comunicación inalámbricos (309) para recepción de instrucciones de control de dicho primer dispositivo de computación y para transmisión de los datos corregidos y de los patrones temporales a dicho segundo dispositivo de computación.

- 5 14. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios de computación forman parte del propio módulo electrónico (101) y porque el módulo electrónico (101) incluye unos medios de comunicación inalámbricos (309) para recepción de instrucciones de control de un dispositivo de computación y para transmisión de los datos corregidos y de los patrones temporales a dicho dispositivo de computación para su visualización.
- 10 15. Método para determinar trayectorias en conductos subterráneos, el cual comprende desplazar, una plataforma móvil (102) en un conducto subterráneo para realizar una inspección del mismo, estando dicha plataforma móvil (102) conectada a un sistema de referencia (103) que incluye uno o más sensores no inerciales y que controla la distancia recorrida por la plataforma móvil (102), respecto a un punto de referencia, a medida que
- 15 esta se va desplazando por el conducto subterráneo, estando dicho método **caracterizado porque** comprende además:
- realizar un mapeado de un tramo del conducto subterráneo a inspeccionar mediante:
 - o la adquisición, por un módulo electrónico (101) asociado a dicha plataforma móvil (102), de unos datos que proporcionan unas señales de navegación, obtenidos a
 - 20 medida que la plataforma móvil (102) se va desplazando en dicho conducto subterráneo, y la adquisición de unos patrones temporales en los cuales dichos datos que proporcionan unas señales de navegación han sido adquiridos, en donde dicha adquisición se realiza por una pluralidad de sensores inerciales incluidos en el módulo electrónico (101); y
 - 25 o la detección y segmentación mediante la utilización de los datos adquiridos por la pluralidad de sensores inerciales (304) del movimiento de la plataforma móvil (102) durante la adquisición de dichos datos; y
 - calcular, por unos medios de computación, mediante la ejecución de un algoritmo de computación, la trayectoria seguida por la plataforma móvil (102) en dicho tramo
 - 30 tomando en consideración al menos dichos datos adquiridos y los patrones temporales asociados, estando dichos datos adquiridos corregidos frente a posibles derivas mediante una comparación con unos datos obtenidos por dicho uno o más sensores no inerciales.
- 35 16. Método según la reivindicación 15, caracterizado porque comprende almacenar dichos datos adquiridos y dichos patrones temporales asociados previamente a la realización de dicho cálculo de la trayectoria.

17. Método según la reivindicación 15, caracterizado porque comprende establecer, en la plataforma móvil (102), por un dispositivo de posicionamiento terrestre (104), unas coordenadas de inicio y final de dicho tramo del conducto subterráneo a inspeccionar.
- 5 18. Método según la reivindicación 15, caracterizado porque el módulo electrónico (101) está controlado por un dispositivo de computación que proporciona unas órdenes referentes a los momentos de adquisición de dichos datos de los sensores inerciales.
19. Método según la reivindicación 18, caracterizado porque comprende además proporcionar una información adicional incluyendo al menos una serie de puntos de dicho
- 10 tramo del conducto subterráneo a inspeccionar en donde se han identificado averías y/o información acerca de la distancia recorrida por la plataforma móvil (102), y porque el método comprende además sincronizar dicha información adicional proporcionada con el cálculo de la trayectoria seguida por la plataforma móvil (102).
20. Método según la reivindicación 18, caracterizado porque dichas órdenes se transmiten
- 15 inalámbricamente.
21. Método según la reivindicación 15, caracterizado porque comprende además mostrar la trayectoria calculada en una pantalla de un dispositivo de computación en forma de un gráfico bidimensional o tridimensional.



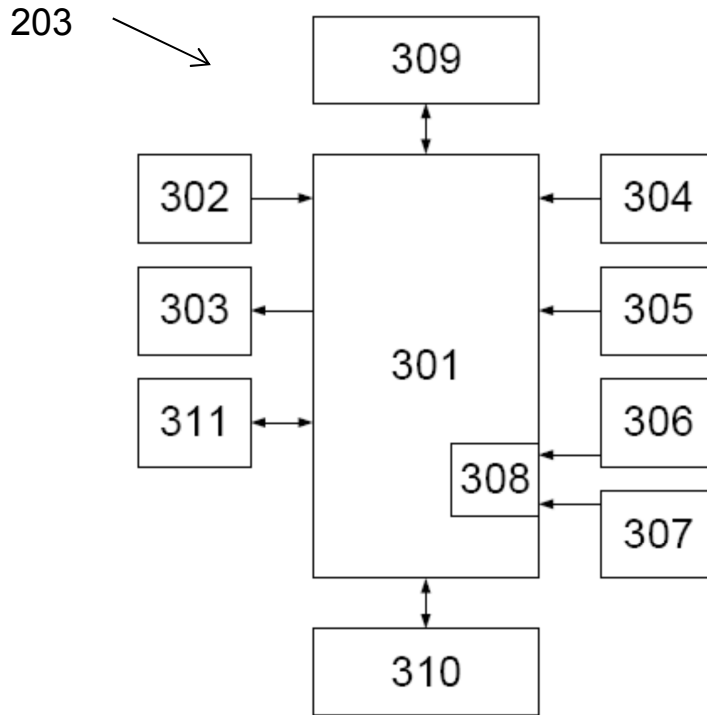


FIG.3

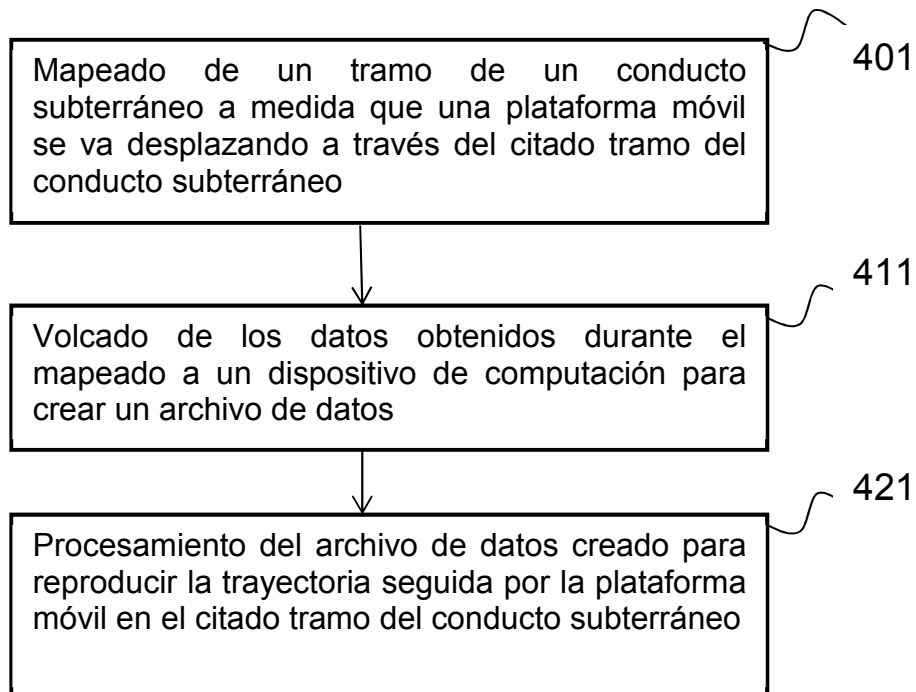


FIG. 4

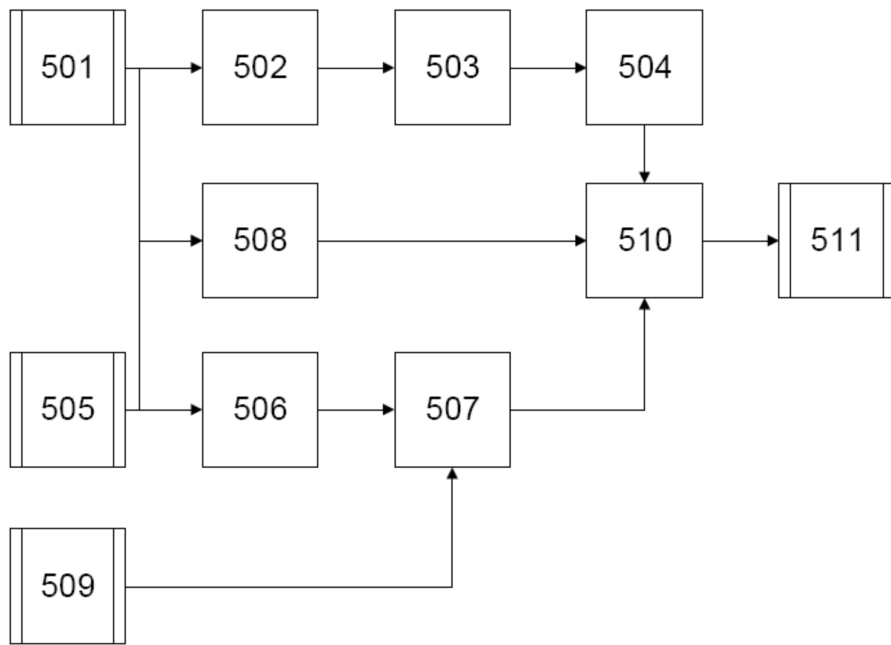


FIG.5