

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 606**

51 Int. Cl.:
G01V 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09250556 .9**
96 Fecha de presentación: **27.02.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2096465**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.09.2009**

54 Título: **Sistema y método para detectar un conductor enterrado**

30 Prioridad:
29.02.2008 GB 0803875

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.11.2012

73 Titular/es:
**RADIODETECTION LIMITED (100.0%)
WESTERN DRIVE
BRISTOL BS14 0AF, GB**

72 Inventor/es:
ROYLE, JOHN MARK

74 Agente/Representante:
BALLESTER CAÑIZARES, Rosalía

ES 2 391 606 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para detectar un conductor enterrado.

Campo de la invención

[0001] La presente invención hace referencia a un sistema y un método para detectar un conductor enterrado.

Antecedentes de la invención

[0002] Antes de comenzar excavaciones u otros trabajos similares en lugares donde se encuentran cables eléctricos, cables de fibra óptica u otras tuberías o conductos de servicios públicos enterrados, es importante determinar la posición de tales tuberías o cables enterrados para asegurarse de que no resultan dañados durante el trabajo. Una vez que se localiza una tubería pública enterrada, se puede calcular la profundidad de la tubería para determinar una profundidad de excavación segura.

[0003] Los conductores que transportan la corriente emiten una radiación electromagnética que puede ser detectada por una antena eléctrica. Si los cables de fibra óptica o los conductos o tuberías públicas no metálicas se ajustan con una pequeña línea de marcación eléctrica, se puede inducir una corriente eléctrica alterna en la línea de marcación que a su vez irradia radiación electromagnética. Es común la utilización de detectores para detectar el campo electromagnético emitido por los conductores que transportan la corriente alterna.

[0004] Un tipo de esos detectores funciona en uno de los dos modos, denominados 'activo' o 'pasivo'. Cada modo tiene sus propias bandas de frecuencia de detección.

[0005] El modo pasivo comprende el modo de 'consumo' y el modo de 'radio'. En el modo de consumo, el detector detecta el campo magnético producido por un conductor que contiene una red de alimentación C.A. igual a 50/60 Hz, o el campo magnético re-irradiado desde un conductor como consecuencia de un cable cercano conteniendo energía C. A., junto con armónicos más altos de hasta 5KHz. En el modo de radio, el detector detecta una frecuencia muy baja (VLF) de ondas de radio que se re-irradia por los conductores enterrados. La fuente de las señales de radio originales VLF (de frecuencia muy baja) es una pluralidad de transmisores de onda larga de frecuencia muy baja, tanto comercial como militar.

[0006] En el modo activo, un transmisor de señales produce un campo magnético alterno de frecuencia conocida y una modulación, que induce una corriente en un conductor enterrado cerca. El transmisor de señales puede estar directamente conectado al conductor o, cuando no es posible una conexión directa, puede colocarse un transmisor de señales cerca del conductor enterrado y puede inducirse una señal en el conductor. El conductor enterrado re-irradia la señal producida por el transmisor de

señales.

[0007] Varios factores deben ser considerados al utilizar el modo activo. Debido a que el transmisor se activa de manera convencional con baterías a bordo, es importante generar la señal de prueba de manera eficiente, mientras se conserva la energía empleada por el transmisor tanto como sea posible para prolongar la vida de las baterías del transmisor. Por lo tanto, la potencia de una señal de prueba perceptible emitida por el transmisor debería minimizarse para reducir el consumo de batería. Además, una señal de alta potencia puede asociarse a líneas no deseadas y extenderse sobre las líneas, dificultando la detección del conductor enterrado meta.

[0008] El transmisor puede configurarse para transmitir una señal alterna de prueba a varias frecuencias. La elección de frecuencia depende de varios factores, por ejemplo la facilidad de inducir la señal de prueba en el conductor enterrado y la interferencia de las señales ambientales.

[0009] Con respecto a la elección de la frecuencia de la señal de prueba alterna, se utiliza una señal de alta frecuencia cuando la impedancia de la línea es alta (típicamente si el suelo es seco o cuando el cable meta es un par trenzado aislado sin una referencia de suelo común), una señal de frecuencia media se utiliza típicamente para cables de red de alimentación y tuberías continuas de metal y una señal de frecuencia baja se utiliza para el trazado de larga distancia donde se proporciona un buen retorno a tierra en el extremo del cable.

[0010] La frecuencia de una señal de prueba inicialmente escogida puede no ser adecuada debido a la interferencia de señales ambientales. Las señales transportadas por otros conductores cercanos a la misma frecuencia o teniendo una frecuencia armónica igual a la frecuencia de la señal de prueba puede tener como consecuencia una señal pobre o una relación señal-ruido detectada en el receptor.

[0011] Las interferencias debida a tales frecuencias ambientales pueden requerir la alteración de la frecuencia de la señal de prueba producida por el transmisor para evitar interferencias de las frecuencias ambientales.

[0012] Por lo tanto, cuando se usa un transmisor para producir una corriente alterna de prueba en el conductor enterrado, el operario puede necesitar establecer reiterativamente la potencia y la frecuencia de señal del transmisor para que la señal producida por el transmisor sea de una frecuencia conveniente para ser detectada por el receptor y de una potencia eficiente. Esto requiere la participación de un operario diferente para el transmisor y el receptor o que el operario del receptor viaje reiterativamente entre el transmisor y la localización meta donde se coloca el receptor, lo que consume mucho tiempo.

[0013] US 6356082 por parte de *Schonstedt Instruments Co.* describe un sistema para detectar un conductor enterrado que comprende un transmisor y un receptor entre los que se establece un enlace de radio que permite a un operario que está lejos del transmisor interrogar al transmisor desde el receptor para obtener información esencial y para controlar las funciones del operario en el transmisor.

[0014] Al aplicar una señal de prueba a un conductor enterrado meta para ser trazado pueden surgir dificultades si hay un segundo conductor enterrado muy cerca del conductor enterrado meta. El campo irradiado por el conductor enterrado meta que contiene la señal de prueba puede inducir una corriente en el segundo conductor enterrado debido al acoplamiento capacitivo o al vínculo directo entre los dos conductores enterrados mientras el segundo conductor transporta una corriente de retorno a la tierra. La corriente inducida en el segundo conductor es entonces re-irradiada por el segundo conductor y puede ser recogida por el receptor. Por lo tanto al trazar la ruta de un conductor enterrado es necesario verificar que el conductor que está siendo trazado es el conductor meta y no un segundo conductor enterrado con el que se ha asociado la señal de prueba desde el conductor meta.

[0015] WO 90/09601 por parte de *Radiodetection Limited*, el contenido del cual está integrado aquí como referencia, describe un sistema para trazar un conductor enterrado de transporte de corriente. Una señal alterna de prueba que tiene componentes primeros y segundos, similares en frecuencia y fase, se aplica al conductor meta y se detecta el campo electromagnético en una pluralidad de posiciones. Considerando la fase de los componentes primero y segundo se puede tomar una decisión sobre si el conductor detectado es el conductor meta o si es un segundo conductor con el que se ha enterrado la señal de prueba.

[0016] WO-A-2005/015263 describe una arquitectura digital para tuberías metálicas y localizaciones de cables utilizando una estructura de lazo de seguimiento de fase (PLL) digital.

[0017] US-A-2006/238199 describe sistemas y un método que pueden emplearse para situar o detectar la presencia de varios materiales, inclusive metales no ferrosos. Estos sistemas incluyen sensores, circuitos, sistemas y dispositivos que potencian y/o operan entre sí con los sensores, y los métodos para producir, operar y utilizar tales sistemas.

[0018] US-A-4348639 describe un aparato y un método para situar la posición, profundidad, y recorrido de un objeto metálico longitudinal. El aparato es capaz de proporcionar energía a un objeto metálico subterráneo y de detectar después el campo electromagnético producido por el objeto metálico con un lazo de seguimiento.

[0019] En esta aplicación describimos un sistema mejorado para detectar un conductor

enterrado que supera algunas de las desventajas de los sistemas convencionales.

Resumen de la invención

[0020] De acuerdo con un primer aspecto de la invención se proporciona un sistema para detectar un conductor enterrado, el sistema comprendiendo: medios para producir una corriente alterna de prueba en dicho conductor enterrado, la corriente de prueba comprendiendo un primer componente y un segundo componente con una frecuencia diferente a una frecuencia del primer componente; medios para detectar un campo electromagnético producido por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado y para medir una diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente; y medios para proporcionar un enlace de comunicación entre los medios de detección de un campo electromagnético y los medios de producción de una corriente alterna de prueba; donde los medios para detectar un campo electromagnético y los medios para producir una corriente alterna de prueba se configuran para que los medios para detectar un campo electromagnético alteren, a través del enlace de comunicación, la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente.

[0021] Los medios para producir una corriente alterna de prueba y los medios para detectar un campo electromagnético pueden estar configurados para que los medios para detectar un campo electromagnético alteren la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente de manera que: los medios para detectar un campo electromagnético están configurados para comparar la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente con una referencia de diferencia de fase y para calcular la fase de fuga; los medios para detectar el campo electromagnético están configurados para transmitir una orden a los medios de producción de corriente alterna de prueba para alterar la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente cuando la fase de fuga está por encima del umbral inferior y por debajo del umbral superior; y los medios para producir una corriente alterna de prueba están configurados para recibir la orden transmitida desde los medios para detectar un campo electromagnético y para alterar la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente.

[0022] Los medios para detectar un campo electromagnético pueden comprender una interfaz de usuario y los medios para detectar un campo electromagnético pueden estar configurados para transmitir una señal de advertencia cuando la fase de fuga se encuentra por encima del umbral superior.

[0023] La señal de advertencia puede comprender una advertencia de que la fase del

primer o el segundo componente están invertidos o que el campo electromagnético detectado por los medios para detectar un campo electromagnético no se produce por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado.

5 **[0024]** El umbral más bajo puede ser de 5 grados, preferiblemente de 3 grados y más preferiblemente de 2 grados.

[0025] El umbral más bajo puede ser de 60 grados, preferiblemente de 80 grados y más preferiblemente de 88 grados.

[0026] La diferencia de fase de referencia puede medirse en una posición a lo largo de dicho conductor enterrado.

10 **[0027]** El enlace de comunicación entre los medios para detectar un campo electromagnético y los medios para producir una corriente alterna de prueba pueden proporcionarse por un transceptor en cada uno de los medios para producir una corriente alterna de prueba y los medios para detectar un campo electromagnético.

15 **[0028]** El enlace de comunicación puede ser un enlace de comunicación dúplex o semidúplex inalámbrico o con cables. El enlace de comunicación inalámbrico puede utilizar el protocolo de comunicación Bluetooth.

[0029] Los medios para detectar un campo electromagnético pueden configurarse para alterar la fase de diferencia entre el primer componente y el segundo componente sin la intervención de un operario del sistema.

20 **[0030]** La corriente de prueba en dicho conductor enterrado puede ser producida por los medios para producir una corriente alterna de prueba por medio de un módulo de salida, el módulo de salida estando ya sea irradiando un campo electromagnético para inducir la corriente de prueba en dicho conductor enterrado, estando conectado directamente a una parte de dicho conductor enterrado, o sujetando el módulo de
25 salida alrededor de dicho conductor enterrado.

[0031] Los medios para detectar un campo electromagnético pueden comprender una pluralidad de antenas para detectar el campo electromagnético producido por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado, donde cada antena produce una señal de intensidad de campo representativa del campo electromagnético de la antena.

30 **[0032]** El sistema puede comprender además amplificadores configurados para amplificar las señales de intensidad de campo.

[0033] El sistema puede comprender además: convertidores digital-analógicos para convertir las señales de intensidad de campo en señales digitales; y un procesador digital de la señal configurado para procesar las señales digitales y para aislar las

señales de las bandas de frecuencia predeterminadas.

[0034] Según un segundo aspecto de la invención se proporciona un método para detectar un conductor enterrado, comprendiendo el método: el suministro de un transmisor para producir una corriente alterna de prueba en dicho conductor enterrado, la corriente de prueba que comprende un primer componente y un segundo componente con una frecuencia diferente a una frecuencia del primer componente; el suministro de un receptor para detectar un campo electromagnético producido por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado y para medir una diferencia de fase en el receptor entre el primer componente y el segundo componente; proporcionando un enlace de comunicación entre el receptor y el transmisor; y el receptor que altera, a través del enlace de comunicación entre el receptor y el transmisor, la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente.

[0035] El receptor puede alterar la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente mediante: la comparación de la diferencia de fase en el receptor entre el primer componente y el segundo componente con una diferencia de fase de referencia para calcular una fase de fuga; la comparación de la fase de fuga con un umbral inferior y un umbral superior; transmitiendo una orden desde el receptor hacia el transmisor para alterar la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente cuando la fase de fuga está por encima del umbral inferior y por debajo del umbral superior; y para alterar la diferencia de fase en el transmisor entre el primer componente y el segundo componente.

[0036] El receptor puede comprender una interfaz de usuario y una señal de advertencia puede transmitirse al receptor cuando la fase de fuga esté por encima del umbral superior. La señal de advertencia puede comprender una advertencia de que la fase del primer componente o el segundo componente está invertida o que el campo electromagnético detectado por el receptor no se produce por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado.

[0037] El umbral más bajo puede ser de 5 grados, preferiblemente de 3 grados y más preferiblemente de 2 grados.

[0038] El umbral superior puede ser de 60 grados, preferiblemente de 80 grados y más preferiblemente de 88 grados.

[0039] La diferencia de fase de referencia puede medirse en una posición a lo largo de dicho conductor enterrado.

[0040] El enlace de comunicación entre el receptor y el transmisor puede proporcionarse por un transceptor en cada uno de los transmisores y receptores. El enlace de comunicación entre el receptor y el transmisor puede ser un enlace de

comunicación dúplex o semidúplex inalámbrico o con cables. El enlace de comunicación inalámbrico puede utilizar el protocolo de comunicación Bluetooth.

[0041] El receptor puede configurarse para alterar la fase de diferencia entre el primer componente y el segundo componente sin la intervención de un operario del sistema.

5 **[0042]** La corriente de prueba en dicho conductor enterrado puede producirse por los medios para producir una corriente alterna de prueba por medio de un módulo de salida, el módulo de salida estando ya sea irradiando un campo electromagnético para inducir la corriente de prueba en dicho conductor enterrado, estando conectado directamente a una parte de dicho conductor enterrado, o sujetando el módulo de salida alrededor de dicho conductor enterrado.

10 **[0043]** El receptor puede comprender una pluralidad de antenas para detectar el campo electromagnético producido por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado.

15 **[0044]** Cada antena puede producir una señal de intensidad de campo representativa del campo electromagnético en la antena.

[0045] El método puede comprender además amplificadores configurados para amplificar las señales de intensidad de campo y convertidores digital-analógicos para convertir las señales de intensidad de campo en señales digitales; y un procesador de señales digitales configurado para procesar la señal digital y para aislar las señales de bandas de frecuencia predeterminadas.

20 **[0046]** Según un aspecto adicional de la invención se proporciona un medio portador que contiene un código legible por ordenador para controlar un microprocesador que lleva a cabo el método descrito arriba.

25 Breve descripción de los dibujos

[0047]

La figura 1 es una representación esquemática de un sistema para detectar un conductor enterrado según un modo de realización de la invención;

la figura 2 es un diagrama de bloques del transmisor del sistema de la figura 1;

30 la figura 3 es un diagrama de bloques del receptor del sistema de la figura 1;

la figura 4 es un organigrama de un método de configuración de la potencia y frecuencia de transmisión de la señal de prueba producida por el transmisor utilizando el sistema de la figura 1 en un primer modo de realización de la invención;

35 la figura 5 es un organigrama de un método de configuración de la potencia y frecuencia de transmisión de la señal de prueba producida por el transmisor

utilizando el sistema de la figura 1 en un segundo modo de realización de la invención; y la figura 6 es un organigrama de un método de reconfiguración de una diferencia de fase entre diferentes componentes de frecuencia de la señal de prueba producida por el transmisor que utiliza el sistema de figura 1 en un modo
 5 de realización de la invención;

Descripción de los modos de realización preferidos

[0048] La figura 1 es una representación esquemática de un sistema 1 para detectar un conductor enterrado de acuerdo con un modo de realización de la invención,
 10 comprendiendo un transmisor portátil 5 y un receptor portátil 7. El transmisor 5 se coloca cerca de un conductor enterrado 3 y actúa como un medio para producir una corriente alterna de prueba en el conductor enterrado 3.

[0049] Una antena en el transmisor se alimenta con un voltaje C.A. para producir un campo magnético 9 que enlaza alrededor del conductor enterrado 3, induciendo así
 15 una señal de prueba de corriente alterna en el conductor enterrado 3. La señal de corriente alterna de prueba está irradiada como un campo electromagnético mediante el conductor enterrado 3 que puede detectarse por el receptor 7. Por lo tanto, el receptor 7 actúa como un medio para detectar el campo electromagnético 11 producido por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado 3.

[0050] Tanto el transmisor 5 como el receptor 7 comprenden un módulo de comunicaciones 13, 15. Cada módulo de comunicaciones 13, 15 comprende un transceptor que proporciona un enlace de comunicación entre el receptor 7 y el transmisor 5. Las señales de control se transmiten utilizando una técnica inalámbrica de comunicaciones que utiliza el protocolo Bluetooth (RTM). En otros modos de
 25 realización pueden utilizarse otras técnicas con cables o inalámbricas para transmitir señales de control entre el receptor 7 y el transmisor 5.

[0051] La figura 2 es un diagrama de bloques del transmisor portátil 5 del sistema 1 de la figura 1; La corriente alterna de prueba es irradiada por un módulo de salida 21 y asociada al conductor enterrado 3 para producir la corriente alterna de prueba en el
 30 conductor enterrado 3. En otro modo de realización en el que existe un acceso directo al conductor, se puede aplicar la señal del transmisor al conductor enterrado 3 mediante técnicas convencionales de conexión directa de un módulo de salida 21 al conductor enterrado 3 o sujetando el módulo de salida 21 alrededor del conductor enterrado 3. El módulo de salida 21 también puede inundar un área con una señal que
 35 proporciona energía a todas las líneas del conductor en el área.

[0052] La señal de prueba producida por el módulo de salida 21 se controla con un

módulo de procesador de señales 23. El módulo de procesador de señales 23 configura la potencia, la frecuencia y el esquema de modulación de la señal a aplicar sobre el conductor enterrado 3. El módulo del procesador de señales 23 y el módulo de salida 21 están controlados por un controlador 25. La operación del transmisor 5 se configura ya sea mediante un operario a través de un módulo de interfaz de usuario 27 o mediante las órdenes recibidas en el módulo de comunicaciones 15 enviadas desde el receptor 7, como se describe abajo.

[0053] El módulo de interfaz de usuario 27 transmite información al operario del transmisor 5 y puede comprender uno o más sistemas de presentación para mostrar la información al operario del dispositivo: dispositivos de entrada como un teclado numérico o una pantalla táctil y dispositivos de salida audible como un altavoz o un localizador. Además del módulo de comunicaciones 15 que envía y recibe órdenes hacia/desde el módulo de comunicaciones 13 del receptor 7, el módulo de comunicaciones 15 también permite que el transmisor 5 se conecte a un ordenador personal (PC) o a una agenda electrónica de bolsillo (PDA) (no mostrado). El transmisor 5 también comprende un módulo de memoria 29 y una unidad de fuente de alimentación (PSU) 31 comprendiendo una fuente de alimentación como las baterías y el circuito de administración de la energía.

[0054] El transmisor 5 comprende medios para calcular la impedancia compleja del suelo en el transmisor 5. La impedancia compleja de la tierra se mide comparando la fase y la magnitud del voltaje que conduce el módulo de salida 21 con la fase y la magnitud de la corriente a través del módulo de salida 21. La relación entre estas fases depende de la naturaleza de la carga (la tubería de servicios públicos) a la que se le aplica la señal de prueba. Si la carga se resiste de manera dominante entonces la corriente y el voltaje estarán substancialmente en fase. Para una carga predominantemente capacitiva la corriente dirigirá el voltaje en un ángulo de fase de hasta 90° y si la carga es predominantemente inductiva entonces la corriente retrasará el voltaje por un ángulo de fase de hasta 90° . Los componentes del transmisor portátil 5 están albergados en una estructura (no mostrado).

[0055] La figura 3 es un diagrama de bloques del transmisor portátil 7 del sistema 1 de la figura 1; Un campo electromagnético 11 irradiado por el conductor enterrado 3 se detecta con antenas en un módulo de antena 31. Cada antena produce una señal de intensidad de campo representativa del campo electromagnético en la antena. Las salidas del módulo de antena 31 están alimentadas por un módulo de procesador de señales 33 que comprende un módulo de procesador de señales 33 para aislar las señales de una frecuencia o frecuencias deseadas y procesa estas señales para

derivar sus características. El módulo del procesador de señales 33 comprende una etapa de pre-amplificación para amplificar la salida de señales de intensidad de campo de las antenas si la señal detectada es débil. El módulo del procesador de señales 33 comprende además un convertidor digital-analógico para convertir las señales de intensidad de campo en señales digitales y un bloque procesador de señales digitales para procesar las señales digitalizadas. Al igual que el transmisor 5, el receptor 7 también comprende un controlador 35, una unidad de fuente de alimentación (PSU) 37, un módulo de comunicaciones 13, una memoria 39 y una interfaz de usuario (IU) 41. Los componentes del transmisor portátil 7 están albergados en una estructura (no

[0056] Los módulos de comunicaciones 13, 15 del receptor 7 y del transmisor 5 proporcionan un enlace de comunicación/datos entre el receptor 7 y el transmisor 5 que mejora la experiencia de localización del operario del sistema 1, simplifica la interfaz de usuario y facilita la operación por un único operario del transmisor 5 y del receptor 7. En este modo de realización el enlace de comunicación es un sistema de radiofrecuencia de telemetría que proporciona una comunicación semidúplex entre el transmisor 5 y el receptor 7. En otros modos de realización puede utilizarse un enlace de comunicación dúplex completo.

[0057] Utilizando un transceptor Bluetooth de largo alcance (RTM), como el *Ezurio (RTM) BTM404 Bluetooth* de largo alcance (RTM) *SerialModulse*, puede mantenerse el enlace de comunicación entre el transmisor 5 y el receptor 7 en una línea visual de hasta 800m de recorrido. Este protocolo de comunicación proporciona un buen equilibrio entre el recorrido del enlace de comunicación y el consumo de energía requerido por las baterías del transmisor 5 y el receptor 7 para mantener el enlace de comunicación. Pueden utilizarse protocolos de comunicación alternativos en otros modos de realización.

[0058] En este modo de realización el receptor 7 toma el control total del transmisor 5. La capa de transferencia de comunicación se basa en un protocolo SLIP (*Serial Line Internet Protocol*) estándar adecuado para los datos seriales asíncronos y sincrónicos. El receptor 7 actúa como bus maestro y el transmisor 5 como bus esclavo. Todas las órdenes enviadas desde el receptor 7 hacia el transmisor 5 son reconocidas por el transmisor 5 para permitir al transmisor 5 y al receptor 7 estar sincronizados. En caso de que se produzca un error en la suma de verificación o de que no se reciba una señal de confirmación por parte del receptor 7, tanto el receptor 7 como el transmisor 5 asumen que la orden está inactiva. Será evidente para una persona experta en la técnica que cualquier protocolo de comunicaciones adecuado puede ser utilizado para

enviar órdenes y respuestas entre el receptor 7 y el transmisor 5.

[0059] En un primer modo de realización del sistema 1 las ordenes del receptor y las respuestas del transmisor se muestran en la Tabla 1.

5 *Tabla 1 - Ordenes del receptor y respuestas de transmisor*

| Orden |
|--|
| |
| Establecer frecuencia |
| Orden de establecer potencia |
| Orden de establecer voltaje |
| Orden de establecer corriente |
| Incremento/Decrecimiento de frecuencia |
| Modo de inducción Encendido/Apagado |
| 8KFF Encendido/Apagado |
| Forma de onda CD Encendido/Apagado |
| Forma de onda ACD Encendido/Apagado |
| Fase de incremento CD F1 |

[0060] En un segundo modo de realización el receptor 7 y el transmisor 5 tienen una orden y respuesta expandidas establecidas como se muestra en la Tabla 2.

10 *Tabla 2 - Ordenes adicionales del receptor y respuesta del transmisor del segundo modo de realización*

| Orden |
|--------------------------------|
| |
| Solicitar impedancia del suelo |
| Solicitar potencia de salida |
| Solicitar voltaje de salida |
| Solicitar corriente de salida |
| Solicitar voltios de batería |

[0061] En el primer modo de realización de la invención el sistema 1 de la figura 1 está configurado para establecer remotamente las características de la señal de prueba transmitida por el transmisor 5 de acuerdo con el método mostrado en la figura 4.

[0062] El transmisor 5 y el receptor 7 se encienden y en el paso S101 el enlace de

comunicación entre el transmisor 5 y el receptor 7 se establece. Las características de la señal de prueba comprenden su frecuencia y potencia y estas se establecen inicialmente en el transmisor 5 a través de su interfaz de usuario 27 en el paso S103. La señal de prueba se transmite por el transmisor 5 y se asocia al conductor enterrado, ya sea directa o indirectamente para producir una corriente alterna de prueba en el conductor enterrado 3. La frecuencia de la señal de prueba se introduce en el receptor 7 para que el receptor 7 monitorice las señales en la frecuencia de la señal de prueba producida por el transmisor 5. En el paso S105 el receptor 7 detecta el campo electromagnético 11 irradiado por el conductor enterrado en la frecuencia de la señal de prueba utilizando técnicas conocidas de amplificación, filtración y procesamiento de señales.

[0063] En el paso S107 el receptor 7 calcula la relación señal/ruido (SNR) de la señal de prueba en la frecuencia de la señal de prueba. La relación señal/ruido (SNR) de la señal de prueba debe estar por encima del nivel inferior del umbral para poder procesar la señal de prueba y en el paso S109 el receptor 7 determina si la señal detectada en la frecuencia de la señal de prueba está por encima del nivel más bajo de umbral. Si hay ruido en la frecuencia de la señal de prueba, por ejemplo debido a interferencias de las señales ambientales o armónicos en la misma frecuencia, entonces en el paso S111 el receptor 7 determina una nueva frecuencia de la señal de prueba aumentando la frecuencia en una pequeña cantidad, por ejemplo en ± 17 Hz. La decisión de aumentar la frecuencia establecida puede tomarse de manera automática por el receptor (basada en la evaluación de la SNR) o mediante una operación manual a petición del operario. En el paso S113 el receptor 7 envía ordenes de "establecer frecuencia" y de "orden de establecer potencia" al transmisor 5 que son reconocidas por el transmisor 5 enviando una respuesta de reconocimiento al receptor 7. El método entonces vuelve al paso S103 y repite los pasos del S103 al S113 hasta que la SNR de la señal de prueba detectada por el receptor 7 está por encima del nivel más bajo de umbral.

[0064] El nivel más bajo del umbral es por lo menos de 20 dB (ancho de banda de 10Hz), preferiblemente por lo menos de 12 dB (ancho de banda de 10Hz) y aún más preferiblemente por lo menos de 6 dB (ancho de banda de 10Hz).

[0065] Una vez se determina que la SNR está por encima del nivel más bajo del umbral entonces en el paso S115 el receptor 7 determina si la SNR es de una magnitud tal que la potencia del transmisor de la señal de prueba transmitida por el transmisor 5 puede reducirse. Un nivel superior del umbral está en 40 dB (ancho de banda de 10Hz), preferiblemente en 50dB (ancho de banda de 10Hz) y aún más preferiblemente por lo menos de 60 dB (ancho de banda de 10Hz). Al reducir la potencia transmitida de la

señal de prueba se reduce el consumo de energía del transmisor 7, con lo que aumenta el tiempo de funcionamiento del PSU 29 del transmisor 7 mientras todavía produce una señal de prueba con una SNR aceptable en el receptor 7. Si se puede tolerar una SNR más baja, entonces en el paso S117 el receptor 7 determina una potencia de señal de prueba más baja y en el paso S113 el receptor 7 envía una orden de "establecer frecuencia" y una "orden de establecer potencia" al transmisor que es reconocida por el transmisor 5 enviando una respuesta de reconocimiento al receptor 7. El método entonces vuelve al paso S103 y repite los pasos del S103 al S117 hasta que la SNR de la señal de prueba detectada por el receptor 7 está por encima del nivel inferior del umbral y la potencia transmitida de la señal de prueba se encuentra en un nivel óptimo. Una vez que estas condiciones se consiguen entonces en el paso S119 el receptor procesa la señal de prueba para determinar, por ejemplo, la profundidad del conductor enterrado.

[0066] En el primer modo de realización de la invención el sistema 1 de la figura 1 está configurado para establecer remotamente las propiedades de la señal de prueba transmitida por el transmisor 5 de acuerdo con el método mostrado en la figura 5. Como se ha indicado arriba con referencia a las Tablas 3 y 4, en el segundo modo de realización el receptor 7 y el transmisor 5 tienen expandidas las órdenes y respuestas establecidas.

[0067] Al igual que en el primer modo de realización, en el segundo modo de realización el transmisor 5 y el receptor 7 se encienden y el enlace de comunicación entre el transmisor 5 y el receptor 7 se establece en el paso S201. En el paso S203 el transmisor 5 mide la impedancia compleja del suelo y envía este valor al receptor. En este modo de realización este paso es la respuesta a la orden de "solicitar impedancia del suelo" enviada por el receptor 7 al transmisor 5. En otros modos de realización el transmisor 6 puede configurarse para medir periódicamente y para enviar la medida de la impedancia compleja del suelo al receptor 5 o el transmisor puede configurarse para medir y enviar la medida de la impedancia compleja del suelo al receptor 5 una vez que el enlace de comunicación entre el transmisor 5 y el receptor 7 esté establecido.

[0068] El receptor 7 utiliza la medida de la impedancia compleja recibida del transmisor 5 para establecer inicialmente la frecuencia de la señal de prueba transmitida. Si se determina que la carga es de resistencia baja o predominantemente inductiva entonces una frecuencia baja se establece inicialmente para la señal de prueba del transmisor. Si la carga es de alta resistencia o predominantemente capacitiva entonces se establece inicialmente una frecuencia alta para la señal de prueba del transmisor.

[0069] En el paso S205 el receptor 7 envía una orden de "establecer frecuencia" y

"orden de establecer potencia" al transmisor 5 que es reconocida por el transmisor 5 y enviada como respuesta de reconocimiento al receptor 7. La potencia y la frecuencia de la señal de prueba se establecen por el transmisor 5 de acuerdo con la orden enviada por el receptor 7 en el paso S207. La señal de prueba es transmitida por el transmisor 5 y asociada al conductor enterrado 3.

[0070] En el paso S209 el receptor 7 detecta la señal electromagnética 11 irradiada por el conductor enterrado 3 y en el paso S211 el receptor 7 calcula la relación señal/ruido (SNR) de la señal de prueba en la frecuencia de la señal de prueba como en el primer modo de realización. En el paso S213 el receptor 7 determina si la señal detectada en la frecuencia de la señal de prueba está por encima del umbral. Si la SNR está por debajo del umbral entonces en el paso S215 el receptor 7 determina una nueva frecuencia de señal de prueba aumentando la frecuencia en una pequeña cantidad como se ha descrito arriba. El método entonces vuelve al paso S205 y repite los pasos del S205 al S215 hasta que la SNR de la señal de prueba detectada por el receptor 7 está por encima del umbral.

[0071] Una vez que se determina que la SNR se encuentra al nivel del umbral entonces en el paso S217 el receptor 7 determina si la SNR es de una magnitud tal que la potencia transmitida de la señal de prueba por el transmisor 5 puede reducirse. Si puede tolerarse una SNR más baja entonces en el paso S219 el receptor 7 determina una potencia de señal de prueba más baja. El método entonces vuelve al paso S205 y repite los pasos del S205 al S219 hasta que la SNR de la señal de prueba detectada por el receptor 7 está por encima del nivel inferior del umbral y la potencia transmitida de la señal de prueba se encuentra a un nivel óptimo. Una vez que estas condiciones se consiguen entonces en el paso S221 el receptor 7 procesa la señal de prueba para determinar, por ejemplo, la profundidad del conductor enterrado 3.

[0072] Las técnicas descritas en WO 90/09601 se utilizan en la presente invención en combinación con el enlace de comunicación entre el transmisor 5 y receptor 7 para mejorar la experiencia de detección del operario. En este modo de realización un componente f_1 es dos veces la frecuencia del otro componente de señal f_2 . En otros modos de realización un componente de señal puede ser incluso un número múltiplo o un sub-armónico del otro.

[0073] Si una señal de prueba aplicada a un conductor meta se acopla a un segundo conductor próximo entonces probablemente esta señal invertirá la fase con respecto a la señal original. El mecanismo de acoplamiento entre conductores adyacentes puede ser resistivo, capacitivo o inductivo. En el caso de un acoplamiento resistivo es probable que haya una fase de cambio ya que la señal volverá al transmisor por el

trayecto de menor impedancia. Por lo tanto, conociendo la fase φ_{f1} , φ_{f2} de los componentes f_1 , f_2 de la señal detectada es posible distinguir entre la 'señal original' saliente y la señal secundaria no deseada. Este método es conocido como Reconocimiento de la Dirección de la Corriente.

5 **[0074]** En el receptor, al duplicar la frecuencia más baja f_2 se producen dos señales f_1 , $2f_2$ de la misma frecuencia y con la fase φ_{f1} y $2\varphi_{f2}$. La cantidad de $\varphi_{f1}-2\varphi_{f2}$ actúa como una fase invariante, es decir que tiene un valor para la señal del conductor original y se cambia a 180° de la señal de la tubería adyacente. Por lo tanto es posible determinar inequívocamente si el campo detectado es irradiado por el conductor meta
10 al que se le aplica la señal de prueba o por otro conductor. De esta manera, el receptor puede actuar como un medio para medir la diferencia de fase entre un primer componente y un segundo componente de la señal de prueba.

[0075] Mediante este método la fase de las dos señales en el receptor puede compararse para identificar el conductor al que fue aplicada la señal de prueba y el
15 conductor que lleva la corriente del regreso del suelo.

[0076] Como las frecuencias de los dos componentes f_1 , f_2 están separadas por un factor de dos, esto tiene la desventaja de que la corriente de fuga capacitiva del componente de mayor frecuencia f_1 es al menos dos veces la frecuencia menor del componente f_2 . Esto provoca que los componentes de frecuencia f_1 , f_2 experimenten
20 una tasa diferente de atenuación y de cambio de fase a lo largo del conductor, lo que lleva a la fuga en la diferencia de fase de $\varphi_{f1}-2\varphi_{f2}$ entre los componentes de frecuencia f_1 , f_2 generados en el receptor 7.

[0077] Por lo tanto, una inversión de fase detectada en puntos distintos a lo largo del conductor enterrado puede deberse a que la señal de prueba ha "saltado" a un
25 segundo conductor o debido a la fase acumulativa de incremento gradual cambia entre las fases de los componentes de frecuencia f_1 , f_2 .

[0078] Con tal de superar esta potencial ambigüedad al detectar la señal de prueba a lo largo del conductor meta, la diferencia de fase entre los componentes de frecuencia f_1 , f_2 se comparan con una diferencia de fase de referencia en un punto de referencia en el
30 que la fase inicial de ajuste se conoce. Ya que la diferencia de fase medida entre f_1 , f_2 aumenta, la diferencia de fase de referencia se vuelve a establecer para que la fase de fuga sea rastreada. Esta técnica es conocida como Restablecimiento de Dirección de la Corriente.

[0079] En un modo de realización de la invención el sistema 1 de la figura 1 se
35 configura para restablecer la medida de la dirección de la corriente de acuerdo con el

método mostrado en la figura 6. En el paso S301 la diferencia de fase inicial entre f_1 y f_2 se calcula con el receptor 7 en una situación lo suficientemente cercana al transmisor 5 donde no se haya dado una inversión de fase debido a la fuga. En el paso S303 la diferencia de fase entre f_1 y f_2 en la localización de referencia calculada por el receptor 7 se almacena en la memoria 39 del receptor 7.

[0080] El receptor 7 se desplaza a lo largo del conductor enterrado 3 y en el paso S305 una diferencia de fase subsiguiente entre f_1 y f_2 se calcula y la fase de fuga entre la posición de referencia y la posición de la corriente se calcula. En el paso S307, si la fase de fuga está por debajo del valor más bajo del umbral entonces no se actúa y el receptor 7 se desplaza hacia delante a lo largo del conductor enterrado 3 y se toman medidas adicionales de fase, volviendo al paso S303. El umbral más bajo es de 5° , preferiblemente de entre 3° y 5° y aún más preferiblemente de 2° .

[0081] Si en el paso S307 la fase de fuga está por encima del umbral más bajo, entonces en el paso S309 se determina si la fase de fuga está por encima del umbral superior. Si se determina que la fase de fuga está por encima del umbral superior entonces en el paso S311 el receptor determina que el receptor detecta un conductor en el que la señal de prueba ha 'saltado' del conductor meta o que el operario se ha desviado demasiado lejos de la posición de referencia tanto que puede haber ocurrido una gran fase de fuga. El receptor transmite una señal de advertencia al operario de que ha ocurrido una inversión de fase. En el paso S313 el operario debe volver a la posición de referencia más reciente donde se sabía que la señal de prueba no había saltado al segundo conductor y vuelve a comenzar la detección desde ahí. La magnitud del umbral superior es de 60° , preferiblemente de 80° y aún más preferiblemente de 88° .

[0082] Si la fase de fuga está entre los umbrales superior e inferior entonces en el paso S315 el receptor envía la orden de "Incremento CD de la fase F1" listada en Tabla 1 al transmisor para incrementar la fase f_1 , reduciendo así la diferencia de fase entre f_1 y f_2 . En el paso S317 el transmisor 5 incrementa la fase f_1 y la diferencia de fase entre f_1 y f_2 en esta nueva posición de referencia se almacena en el receptor 7 en el paso S303. El transmisor 5 envía una orden de recepción de "Incremento CD de la fase F1" al receptor 7.

[0083] Varias modificaciones serán apreciables por aquellos expertos en la técnica y se desean incluir todas estas modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

[0084] Pueden implementarse aspectos de la presente invención de cualquier forma

conveniente, por ejemplo utilizando un hardware dedicado, o una mezcla de hardware y software dedicados. Los aparatos de procesamiento pueden comprender cualquier aparato convenientemente programado como un ordenador de uso general, una agenda electrónica de bolsillo, un teléfono móvil (como un teléfono WAP o 3G),
5 etcétera. Debido a que la presente invención puede aplicarse como software, todos y cada uno de los aspectos de la presente invención abarcan así el software de ordenador ejecutable en un dispositivo programable. Puede proporcionarse software o programas informáticos al dispositivo programable utilizando cualquier medio portador convencional. El medio portador puede comprender un medio portador transitorio
10 como una señal de frecuencia eléctrica, óptica, de microondas, acústica o de radio que contiene el código del ordenador. Un ejemplo de tal medio transitorio es una señal de TCP/IP que contiene el código del ordenador sobre una red IP, como por ejemplo Internet. El medio portador también puede comprender un medio de almacenamiento para almacenar código legible por el procesador como un disquete, un disco duro, un
15 CD-ROM, un dispositivo de cinta magnética o un dispositivo de memoria de estado sólido.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (1) configurado para detectar un conductor enterrado (3), el sistema (1) comprendiendo:

los medios para producir una corriente alterna de prueba (5) en dicho conductor enterrado (3), la corriente de prueba comprendiendo un primer componente; y un segundo componente con una frecuencia diferente a una frecuencia del primer componente;

los medios para detectar un campo electromagnético (7) producido por la corriente alterna de prueba en dicho conductor enterrado (3) y para medir una diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente; y

los medios para proporcionar un enlace de comunicación (13, 15) entre los medios para detectar un campo electromagnético (7) y los medios para producir una corriente alterna de prueba (5);

caracterizado porque los medios para producir

una corriente alterna de la prueba (5) y los medios para detectar un campo electromagnético (7) se configuran para que los medios para detectar un campo electromagnético (7) alteren, a través del enlace de comunicación (13, 15), la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente

2. Un sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los medios para producir una corriente alterna de prueba (5) y los medios para detectar un campo electromagnético (7) están configurados para que los medios para detectar un campo electromagnético (7) alteren la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente de manera que:

los medios para detectar un campo electromagnético (7) estando configurados para comparar la diferencia de fase en los medios para detectar un campo electromagnético (7) entre el primer componente y el segundo componente con una diferencia de fase de referencia y para calcular una fase de fuga;

los medios para detectar un campo electromagnético (7) estando configurados para transmitir una orden a los medios para producir una corriente alterna de prueba (5) para alterar la diferencia de fase entre el primer componente y segundo componente cuando la fase de fuga esté por encima del umbral inferior y por debajo del umbral superior; y

los medios para producir una corriente alterna de prueba (5) configurados para recibir la orden transmitida desde los medios para detectar

un campo electromagnético (7) y para alterar la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente.

3. Un sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que los medios para detectar un campo electromagnético (7) comprenden una interfaz de usuario (41) y los medios para detectar un campo electromagnético (7) están configurados para transmitir una señal de advertencia cuando la fase de fuga se encuentra por encima del umbral superior.
- 5
4. Un sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la señal de advertencia comprende una advertencia de que la fase del primer componente o el segundo componente se han invertido.
5. Un sistema (1) de acuerdo con las reivindicaciones 3 o 4, en el que la señal de advertencia comprende una advertencia de que el campo electromagnético detectado por los medios para detectar un campo electromagnético (7) no se produce por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado (3).
- 10
6. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 2 a la 5, en el que el umbral más bajo es de 2 grados.
- 15
7. Un sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 2 a la 6, en el que el umbral más alto es de 88 grados.
8. Un sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 2 a la 7, en el que la diferencia de fase de referencia se mide en una posición a lo largo del conductor enterrado (3).
- 20
9. Un sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el enlace de comunicación (13, 15) entre los medios para detectar un campo electromagnético (7) y los medios para producir una corriente alterna de prueba (5) es proporcionado por un transceptor (13, 15) en cada uno de los medios para producir una corriente alterna de prueba (5) y en los medios para detectar un campo electromagnético (7).
- 25
10. Un sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el enlace de comunicación (13, 15) entre los medios para detectar un campo electromagnético (7) y los medios para producir una corriente alterna de prueba (5) es un enlace de comunicación dúplex o semidúplex.
- 30
11. Un sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el enlace de comunicación (13, 15) entre los medios para producir una corriente alterna de prueba (5) y los medios para detectar un campo electromagnético (7) es un enlace de comunicación inalámbrico.
- 35
12. Un sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios para detectar un campo electromagnético (7) están configurados para alterar la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente sin

la intervención del operario del sistema (1).

5 **13.** Un sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la corriente de prueba en dicho conductor enterrado (3) es producida por los medios para producir una corriente alterna de prueba (5) por medio de un módulo de salida (21), el módulo de salida (21) estando ya sea irradiando un campo electromagnético para inducir la corriente de prueba en dicho conductor enterrado (3), estando conectado directamente a una parte de dicho conductor enterrado (3), o sujetando el módulo de salida (21) alrededor de dicho conductor enterrado (3).

10 **14.** Un sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, los medios para detectar un campo electromagnético (7) comprendiendo una pluralidad de antenas (31) para detectar el campo electromagnético producido por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado (3), cada antena (31) produciendo una señal de intensidad de campo representativa del campo electromagnético en la antena y comprendiendo además:

15 convertidores digital-analógicos para convertir las señales de intensidad de campo en señales digitales; y

 un procesador digital de señales (33) configurado para procesar las señales digitales y para aislar las señales de bandas predeterminadas de frecuencia.

15. Un método para detectar un conductor enterrado (3), el método comprendiendo:

20 un transmisor (5) para producir una corriente de prueba en dicho conductor enterrado (3), la corriente de prueba comprendiendo un primer componente; y un segundo componente con una frecuencia diferente a una frecuencia del primer componente;

25 un receptor (7) para detectar un campo electromagnético producido por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado (3) y para medir una diferencia de fase en el receptor (7) entre el primer componente y el segundo componente;

30 un enlace de comunicación (13, 15) entre el receptor (7) y el transmisor (5), y **caracterizado por** el paso de desactivarse (7) alterando, a través del enlace de comunicación (13, 15) entre el receptor (7) y el transmisor (5), la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente.

16. Un método de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el receptor (7) altera la diferencia de fase entre el primer componente y el segundo componente al:

35 comparar la diferencia de fase en el receptor (7) entre el primer componente y el segundo componente con una diferencia de fase de referencia para calcular una fase de fuga comparando la fase de fuga con un umbral inferior y un umbral

superior; transmitiendo una orden desde el receptor (7) al transmisor (5) para alterar la diferencia de fase entre el primer componente y segundo componente cuando la fase de fuga está por encima del umbral inferior y por debajo del umbral superior, y alterando la diferencia de fase en el transmisor (5) entre el primer componente y el segundo componente.

5 **17.** Un método de acuerdo con la reivindicación 16, en el que el umbral más bajo es de 5 grados.

18. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 16 o 17, en el que el umbral más bajo es de 60 grados.

10 **19.** Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 15 a la 18, en el que el enlace de comunicación (13, 15) entre el receptor (7) y el transmisor (5) es un enlace de comunicación dúplex o semidúplex inalámbrico.

20. Un método de acuerdo con las reivindicaciones de la 15 a la 19, en el que el receptor (7) está configurado para alterar la diferencia de fase entre el primer
15 componente y el segundo componente sin la intervención del usuario del sistema (1).

21. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 15 a la 20, en el que la corriente de prueba en dicho conductor enterrado (3) se produce por el transmisor (5) por medio de un módulo de salida (21), el módulo de salida (21) ya sea irradiando un campo electromagnético para inducir la corriente de prueba en dicho
20 conductor enterrado (3), estando conectado directamente a una parte de dicho conductor enterrado (3) o sujetado el módulo de salida alrededor de dicho conductor enterrado (3).

22. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 15 a la 27 comprendiendo el receptor (7) una pluralidad de antenas (31) para detectar el campo
25 electromagnético producido por la corriente de prueba en dicho conductor enterrado (3), cada antena (31) produciendo una señal de intensidad de campo representativa del campo electromagnético en la antena y comprendiendo además:

convertidores digital-analógicos para convertir las señales de intensidad de campo en señales digitales; y

30 un procesador digital de señales (33) configurado para procesar las señales digitales y para aislar las señales de bandas predeterminadas de frecuencia.

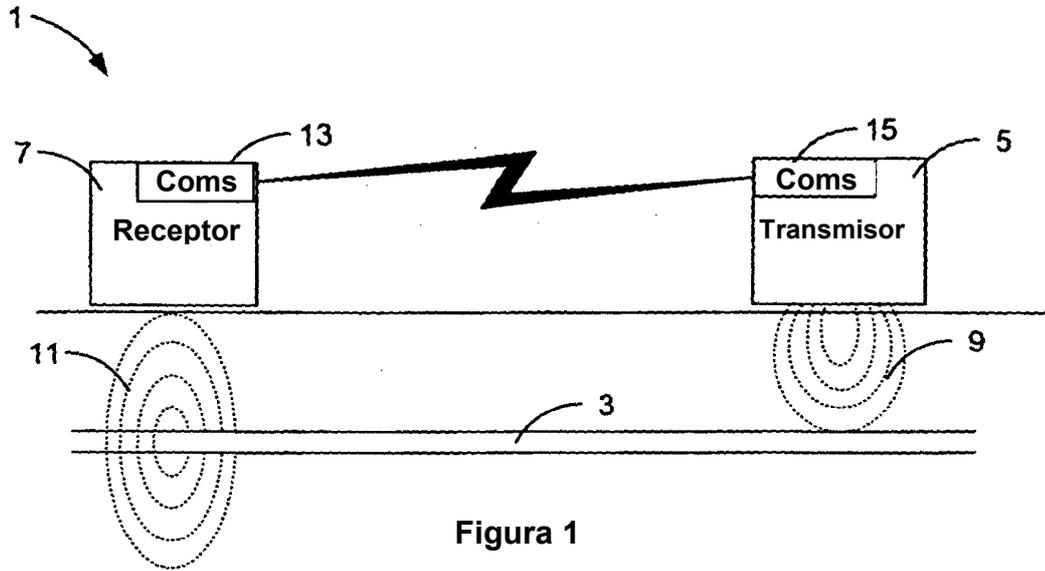


Figura 1

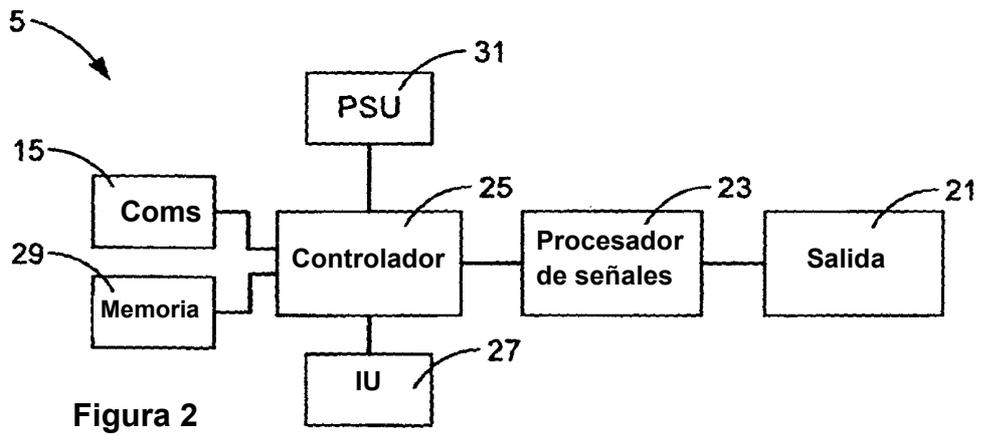


Figura 2

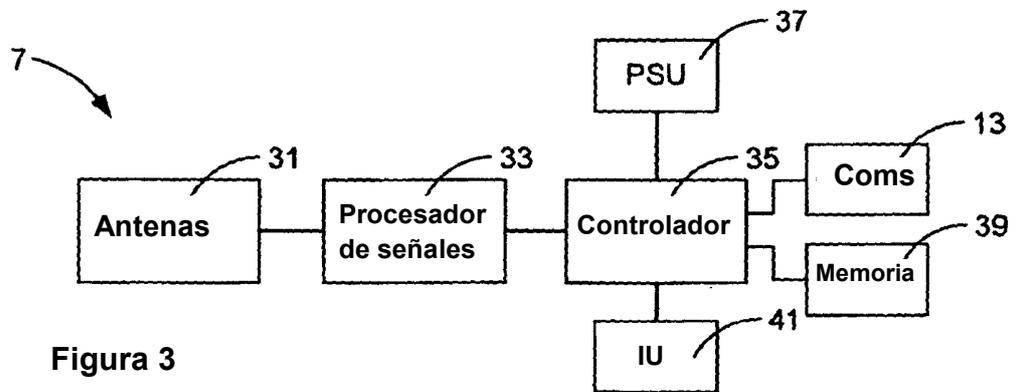


Figura 3

Figura 4

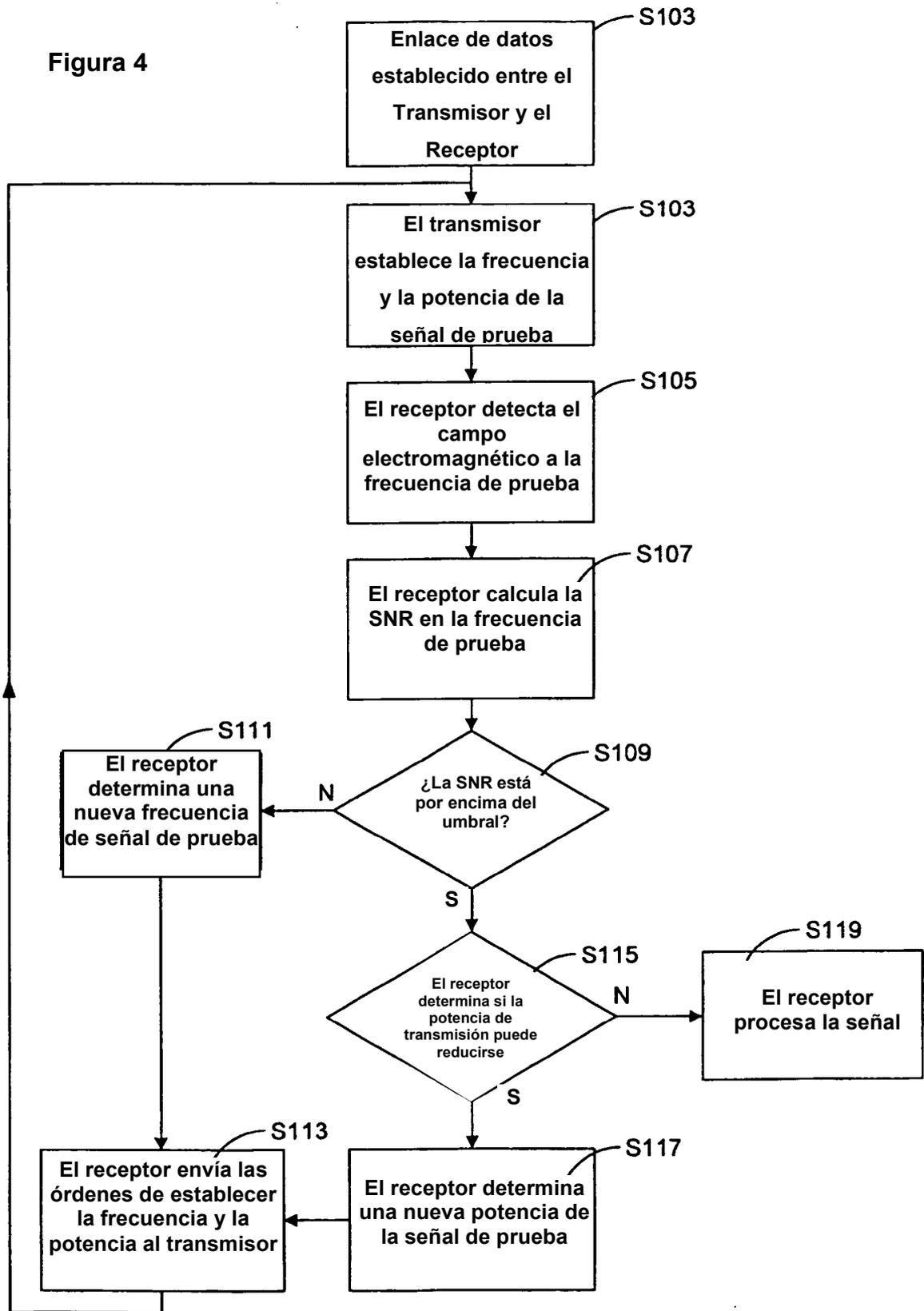
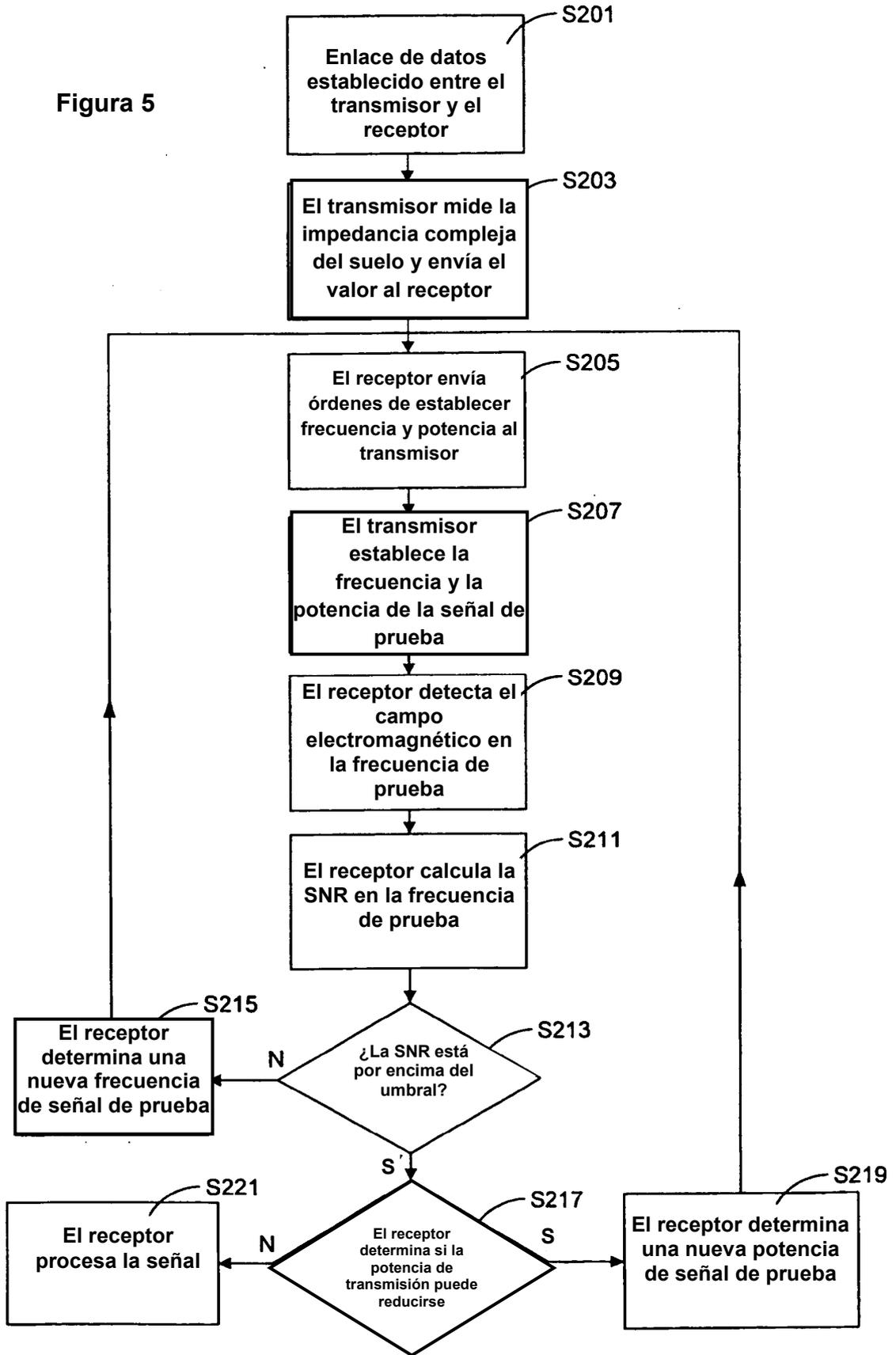


Figura 5



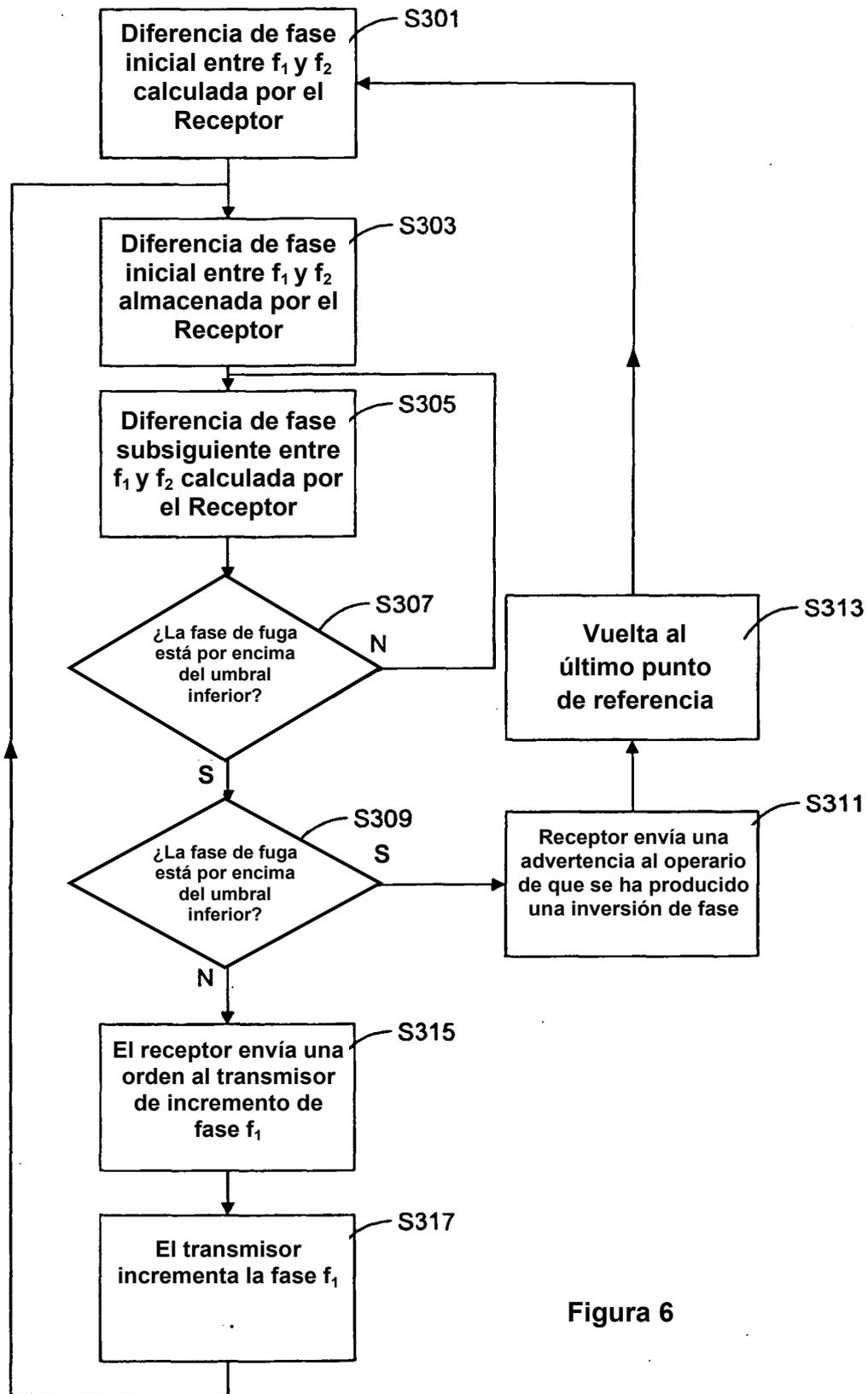


Figura 6