

DISPOSITIVO INALÁMBRICO, SISMÓGRAFO Y MÉTODO PARA LA ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE SEÑALES SÍSMICAS

Campo de la invención

5

La presente invención se relaciona con sismógrafos inalámbricos para la detección y registro de señales sísmicas. Específicamente, se relaciona con sismógrafos conformados por nodos conectados inalámbricamente, donde los nodos se distribuyen en un terreno.

10 Descripción del estado de la técnica

El estado de la técnica divulga sismógrafos y dispositivos para la detección de señales sísmicas conformados por nodos interconectados inalámbricamente, tales como los encontrados en los documentos US 7,224,642, y US 2008/0309482 A1.

15

El documento US 7,224,642 divulga una red inalámbrica que incluye una pluralidad de sensores y una estación inalámbrica adaptada para comunicarse con la pluralidad de sensores. Cada estación inalámbrica incluye un sistema de posicionamiento para generar coordenadas tri-dimensionales. Además, cada estación inalámbrica hace parte de una red tipo malla; cada

20 estación inalámbrica determina las coordenadas tridimensionales de cada sensor con base en la red tipo malla. También, el documento indica que un operador provisto de un módulo GPS puede inspeccionar y mantener los sensores.

25

Además, dicho documento divulga que los sensores pueden organizarse en filas de sensores, donde los sensores de cada fila se comunican por cable, y las filas se comunican entre sí

inalámbricamente. También, este documento divulga que los sensores pueden ser completamente inalámbricos, y que estos se comunican inalámbricamente con una estación inalámbrica. La estación inalámbrica funciona como una repetidora para la información adquirida por los sensores; además, esta se comunica inalámbricamente con un computador.

30

Además, dicho documento US 7,224,642 indica que los sensores son acelerómetros o geófonos; indica que los sensores pueden incluir medios de procesamiento para eliminar ruidos, y dispositivos GPS conectados a una red satelital.

35

Adicionalmente, el documento indica que los sensores pueden conectarse entre sí con protocolos Zigbee, WiFi, 3G, 4G, WiMAX o MIMO. Además, dicho documento US 7,224,642 indica que las estaciones inalámbricas se usan como repetidoras que envían las señales de los sensores a un computador. Asimismo, el documento divulga que pueden utilizarse medios de excitación sísmica, como explosivos, o camiones vibradores; y divulga que los sensores pueden comunicarse por WiMAX, con capacidades de transmisión de más de 10km.

40

Sin embargo, dicho documento utiliza las estaciones inalámbricas como repetidoras, y éstas son las que conforman la red tipo malla, por lo tanto, los sensores se usan dentro de la red tipo malla, lo cual hace que la señal tenga que viajar distancias largas, comparadas con la separación entre sensores. Con base en lo anterior, la potencia de las estaciones inalámbricas debe ser alta comparada con la potencia de los transmisores de los sensores, y requiere un suministro de energía más alta que la de los sensores.

Por su parte, el documento US 2008/0309482 A1 divulga un sistema de detección subterránea de intrusiones, por ejemplo, construcción no autorizada de túneles, o paso de personas a través de los mismos. El sistema incluye una pluralidad de sensores dispuestos a lo largo de un área objetivo, los cuales se comunican entre sí inalámbricamente. Dicho documento indica que los sensores pueden comunicarse con un controlador local utilizando una red autoformada y autorrecuperadora tipo malla ad-hoc, y que el protocolo de comunicación entre los sensores puede ser un protocolo basado en el estándar IEEE 802.15, por ejemplo, Zigbee. El controlador local puede ser un computador, o un asistente digital personal (PDA, por sus siglas en inglés).

Por otro lado, el documento indica que cada sensor puede incluir un sensor sísmico, por ejemplo, un geófono o un acelerómetro, un procesador, una batería, un radio, una antena, y una carcasa protectora. El sensor sísmico incluye una punta que está enterrada en el suelo. También, el documento divulga un módulo GPS ubicado en la carcasa protectora.

Sin embargo, el sistema no cuenta con un sensor de disparo, o con un medio de excitación sísmica que permita registrar señales del suelo para caracterizarlo.

Con base en lo anterior, no se encuentra en el estado de la técnica un sismógrafo que permita tomar señales subterráneas, con bajo requerimiento de potencia, y con acción controlada de excitación sísmica, y que además sea compacto y de fácil instalación.

Breve descripción de la invención

La presente invención corresponde a un dispositivo para la adquisición y transmisión de señales sísmicas desde un suelo que comprende una carcasa; un sensor que tiene una punta que sobresale de la carcasa y una unidad de acondicionamiento y digitalización de señales conectada al sensor; dicha unidad de acondicionamiento y digitalización de señales incluye un microcontrolador. También, el dispositivo incluye una unidad de comunicación inalámbrica y una unidad de posicionamiento global conectadas al microcontrolador y localizadas dentro de la carcasa.

Adicionalmente, la presente invención corresponde a un sismógrafo de alta resolución que comprende un nodo de adquisición ubicado en un suelo; un nodo de disparo conectado

inalámbicamente al nodo de adquisición, el nodo de disparo se ubica en el suelo a una primera distancia predeterminada del nodo de adquisición. También, el sismógrafo incluye un nodo coordinador conectado inalámbricamente al nodo de adquisición y al nodo de disparo, el nodo coordinador se ubica a una segunda distancia predeterminada del nodo de adquisición; y un computador conectada al nodo coordinador. Por su parte, los nodos de adquisición, el nodo de disparo y el nodo coordinador son dispositivos para la adquisición y transmisión de señales sísmicas que se comunican entre sí por un protocolo de comunicación inalámbrica tipo malla.

Además, la presente invención incluye un método de adquisición y procesamiento de señales sísmicas desde un suelo que comprende una etapa a), que consiste en generar una señal sísmica en el suelo, en una zona ubicada al lado de un nodo de disparo. También, el método tiene una etapa b, en la cual se registra la señal sísmica en el suelo, mediante un nodo de adquisición ubicado a una distancia predeterminada del nodo de disparo; y una etapa c), en la que se transmite inalámbricamente la señal sísmica registrada a un nodo coordinador. Adicionalmente, el método tiene una etapa d), en la cual se transfiere desde el nodo coordinador la señal sísmica registrada hacia un computador.

Breve descripción de las figuras

La FIG. 1 corresponde a una vista en corte de un dispositivo para la adquisición y transmisión de señales sísmicas.

La FIG. 2 corresponde a una vista de detalle una unidad de acondicionamiento y digitalización de señales del dispositivo de la FIG. 1.

La FIG. 3 corresponde a una vista en corte de un nodo coordinador de un sismógrafo de alta resolución.

La FIG. 4 corresponde a un esquema de un sismógrafo de alta resolución que incluye nodos de adquisición, un nodo de disparo, un nodo coordinador y un computador.

La FIG. 5 corresponde a un primer diagrama de flujo de procesos del nodo de adquisición de un sismógrafo de alta resolución.

La FIG. 6 corresponde a un primer diagrama de flujo de procesos del nodo de disparo de un sismógrafo de alta resolución.

La FIG. 7 corresponde a un primer diagrama de flujo de procesos del nodo coordinador de un sismógrafo de alta resolución.

La FIG. 8 La FIG. 6 corresponde a un primer diagrama de flujo de procesos del computador de un sismógrafo de alta resolución.

Descripción detallada

5

La presente invención corresponde a un dispositivo para la adquisición y transmisión de señales sísmicas desde un suelo, en adelante dispositivo, y corresponde a un sismógrafo de alta resolución, en adelante sismógrafo.

10 El sismógrafo permite adquirir de señales sísmicas, en procedimientos como: refracción sísmica, reflexión sísmica, REMI, MAS-W, entre otros.

Se entenderá en la presente invención por señal sísmica, una onda mecánica que viaja a través del suelo, y que puede ser detectada por un sensor sísmico.

15

Por ejemplo, la reflexión sísmica es un método de exploración geofísica que usa los principios de la sismología para estimar las propiedades del subsuelo haciendo uso de ondas sísmicas. En este método se busca establecer el espesor de las capas que componen el subsuelo, a través de las ondas sísmicas reflejadas.

20

Una onda sísmica, producida por un estímulo externo, viaja desde la superficie hasta la interfase entre la capa superior y la segunda capa del subsuelo. En este punto se produce un fenómeno físico llamado “reflexión” en el que parte de la onda se devuelve o se refleja hacia la superficie, donde sensores sísmicos la pueden detectar. De esta manera se puede estimar el espesor de cada una de las capas del subsuelo.

25

Con este método se pueden visualizar capas sin importar la densidad de las mismas. Es decir que se pueden visualizar capas menos densas debajo de capas más densas y viceversa.

30 Por otro lado, La refracción sísmica es un método de exploración geofísica que permite estimar los espesores y composiciones de las capas del subsuelo a partir de las ondas sísmicas refractadas.

35

Una onda sísmica producida por un estímulo externo, viaja desde la superficie hacia la interfase entre la primera y la segunda capa del subsuelo. En este punto se produce un fenómeno físico llamado “refracción” en que parte de la onda cambia de dirección debido a la diferencia de impedancias entre los dos medios, viaja entre la interface entre las dos capas y posteriormente regresa a la superficie, donde puede ser detectada por sensores sísmicos. De esta manera se puede estimar la velocidad de transmisión de la onda en cada capa del subsuelo.

40

Sin embargo, la refracción sísmica tiene la limitante de no permitir visualizar capas de menor densidad que estén debajo de capas de mayor densidad.

Por otro lado, haciendo referencia a la FIG. 1, el dispositivo comprende:

- 5 – una carcasa (1);
- un sensor (2) que tiene una punta (3) que sobresale de la carcasa (1);
- una unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) conectada al sensor (2), la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) incluye un microcontrolador (15);
- 10 – una unidad de comunicación inalámbrica (5) conectada al microcontrolador (15) y
- una unidad de posicionamiento global (6) conectada al microcontrolador (15) localizada dentro de la carcasa (1).

15 La carcasa (1) aloja los componentes electrónicos del dispositivo, tales como el sensor (2), la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4), la unidad de comunicación inalámbrica (5); y la unidad de posicionamiento global (6).

La carcasa (1) puede ser de un material polimérico, metálico, madera, cerámico o combinaciones de los mismos.

20 En caso de que la carcasa (1) sea de un material polimérico, puede ser de polietileno (PE, por sus siglas en inglés), polietileno de alta densidad (PEHD, por sus siglas en inglés), polietileno de ultra alta densidad (PEUHD, por sus siglas en inglés), polietileno de alta densidad (PEHD, por sus siglas en inglés), polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE, por sus siglas en inglés); poliariletercetona (PAEK, por sus siglas en inglés); policloruro de vinilo (PVC, por sus siglas en inglés); policloruro de vinilo clorado (CPVC, por sus siglas en inglés); polietileno teréftalato (PET, por sus siglas en inglés), poliamidas (PA) (v.g. PA12, PA6, PA66); policlorotrifluoretileno (PCTFE, por sus siglas en inglés); polifluoruro de vinilideno (PVDF, por sus siglas en inglés); politetrafluoruro de etileno (PTFE, por sus siglas en inglés); etileno-clorotrifluoroetileno (ECTFE, por sus siglas en inglés); plásticos (resinas poliéster, viniléster, epóxicas, vinílicas) reforzados con fibras (v.g. de vidrio, aramida, poliéster); o combinaciones de los mismos.

35 En caso de que la carcasa (1) sea de un material metálico, puede ser de acero al carbono, fundiciones de hierro, hierro galvanizado, aceros al cromo, aceros al cromo-níquel, aceros al cromo-níquel-titanio, aleación de níquel-cromo-molibdeno-tungsteno, aleaciones ferrosas al cromo-molibdeno, acero inoxidable 301, acero inoxidable 302, acero inoxidable 304, acero inoxidable 316, acero inoxidable 405, acero inoxidable 410, acero inoxidable 430, acero inoxidable 442, acero aleado con manganeso y combinaciones de los anteriores.

40

Asimismo, en caso de que la carcasa (1) sea de madera, puede ser de caoba, roble, cedro, pino, nazareno, balso, o combinaciones de las mismas.

Preferiblemente, la carcasa (1) es de un material apto para soportar condiciones ambientales, tales como humedad, radiación UV, calor, tierras abrasivas o combinaciones de los anteriores. Entre estos materiales, pueden estar el polietileno de alta densidad (PEHD, por sus siglas en inglés), polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE, por sus siglas en inglés); poliariletercetona (PAEK, por sus siglas en inglés); policloruro de vinilo (PVC, por sus siglas en inglés); policloruro de vinilo clorado (CPVC, por sus siglas en inglés); polietileno teréftalato (PET, por sus siglas en inglés), poliamidas (PA) (v.g. PA12, PA6, PA66); policlorotrifluoretileno (PCTFE, por sus siglas en inglés); polifluoruro de vinilideno (PVDF, por sus siglas en inglés); politetrafluoruro de etileno (PTFE, por sus siglas en inglés); etileno-clorotrifluoroetileno (ECTFE, por sus siglas en inglés); plásticos (resinas poliéster, viniléster, epóxicas, vinílicas) reforzados con fibras (v.g. de vidrio, aramida, poliéster); acero inoxidable 301, acero inoxidable 302, acero inoxidable 304, acero inoxidable 316, acero inoxidable 405, acero inoxidable 410, acero inoxidable 430, acero inoxidable 442, madera de caoba, roble, cedro, pino, nazareno, balso, o combinaciones de las mismas.

Aún más preferiblemente, la carcasa (1) es de policloruro de vinilo (PVC, por sus siglas en inglés); politetrafluoruro de etileno (PTFE, por sus siglas en inglés); polietileno de alta densidad (PEHD, por sus siglas en inglés), polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE, por sus siglas en inglés); poliariletercetona (PAEK, por sus siglas en inglés), polieterecetona (PEEK, por sus siglas en inglés) o combinaciones de los mismos.

La carcasa (1) puede conformarse de un cuerpo central con un primer extremo y un segundo extremo. En el primer extremo del cuerpo central se ubica un elemento de unión que se acopla al sensor (2); a través del elemento de unión sobresale la punta (3) del sensor (2). En el segundo extremo del cuerpo central se conecta un tapón, el cual puede retirarse para acceder a los elementos ubicados dentro de la carcasa (1).

Por su parte, el sensor (2) sirve para detectar señales sísmicas en el suelo. La punta (3) del sensor (2) se inserta en el suelo, de manera que las ondas sísmicas y ondas mecánicas transmitidas a través suelo inciden sobre dicha punta.

También, la punta (3) puede tener forma de tornillo cónico, lo cual permite clavar el sensor (2) y por lo tanto, asegurar el dispositivo al suelo.

El sensor (2) se selecciona entre geófonos, acelerómetros, transductores para mediciones sísmicas, sistemas micro electromecánicos (MEMS, por sus siglas en inglés), hidrófonos piezoeléctricos o combinaciones de los mismos.

Por su parte, los geófonos son sensores de velocidad que incluyen un resorte y una masa. La masa se mueve respecto a una bobina, la cual genera una señal análoga de salida. Así, cuando una onda acústica contacta el sensor, provoca que la masa se mueva y se genera la señal de salida. Dicha señal se transmite a la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4).

La unidad de acondicionamiento y digitalización de señales y digitalización (4) se encarga de adecuar la señal análoga que proviene del sensor, y digitalizarla para que sea posible transmitirla vía RF mediante acciones como, amplificar, filtrar, linealizar, digitalizar, cambiar un valor de voltaje en corriente, o combinaciones de las anteriores acciones.

Por ejemplo, la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) puede incluir una etapa de filtrado, una etapa de escalado de señal y una etapa de amplificación. La señal proveniente del sensor (2) entra a la etapa de filtrado, pasa a la etapa de escalado de señal y finalmente pasa a la etapa de amplificación.

En la etapa de filtrado se utilizan condensadores, resistencias, amplificadores operacionales, circuitos integrados de filtros digitales, para elaborar un filtro pasa bajas frecuencias, pasa altas frecuencias o pasa banda, Lo anterior, se hace para acotar el ancho de banda de la señal del sensor para luego ser pasada a una etapa de amplificación, el filtro descarta datos de la señal que no contienen información relevante para la aplicación o que son perjudiciales para la misma.

Por su parte, en la etapa de escalado de la señal, se toma la señal y se eleva o reduce su potencial a una escala apropiada para ser posteriormente digitalizada.

Finalmente, la etapa de amplificación se conforma de amplificadores operacionales, los cuales, preferiblemente son de alto rechazo al ruido (CMRR, del inglés Common Mode Rejection Ratio) y alta impedancia de entrada.

Asimismo, haciendo referencia a las FIG. 1 y FIG. 2, la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) tiene un microcontrolador (15) que se conecta con la unidad de posicionamiento global (6) y la unidad de comunicación inalámbrica (5). El microcontrolador (15) ejecuta protocolos o procedimientos basados en la posición espacial del dispositivo.

Además, la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) puede incluir un convertidor análogo a digital (14), que permite procesar las señales detectadas por el sensor (2), y enviarlas a la unidad de comunicación inalámbrica (5).

El convertidor análogo a digital (14) envía los registros sísmicos adquiridos por el sensor (2) hacia el microcontrolador (15) a través de puerto SPI.

Adicionalmente, la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) puede incluir un módulo de memoria de corto o largo plazo, la cual permite guardar información detectada por el sensor (2). La unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) puede operar a 24 o 32bits Preferiblemente, opera a 32 bits.

Por su parte, la unidad de comunicación inalámbrica (5) sirve para comunicarse con otras unidades de comunicación (5) de otros dispositivos para la adquisición y transmisión de señales sísmicas. Esta unidad se conecta directamente a la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4), por ejemplo, a través de comunicación UART (Transmisión Recepción Universal Asíncrona, por sus siglas en inglés).

Haciendo referencia a las FIG. 1 y FIG. 2, la unidad de comunicación inalámbrica (5) es una tarjeta electrónica que cuenta con un módulo de radiofrecuencia, el cual, preferiblemente tiene una antena (13) que permite enviar y recibir señales de radiofrecuencia.

La unidad de comunicación inalámbrica (5) funciona con un tipo de comunicación inalámbrica que se selecciona del grupo conformado por WiFi, Bluetooth, Zigbee, WiMax, entre otros tipos de comunicación por radiofrecuencia conocidos por una persona versada en la materia.

Preferiblemente, el módulo de radiofrecuencia está basado en radios digitales de baja potencia de acuerdo con el estándar IEEE 802.15, por ejemplo, el estándar ZigBee (IEEE 802.15.4). El estándar ZigBee es deseable por su bajo consumo de potencia, lo cual implica tener mayores tiempos de batería disponible.

Por ejemplo, el módulo de radiofrecuencia puede ser un módulo XBee pro S2B el cual trabaja a una frecuencia de transmisión de 2.4 GHz y una potencia de transmisión de 63 mW.

Asimismo, el módulo de radiofrecuencia puede funcionar con un protocolo de transmisión tipo malla para tecnología Bluetooth.

También, la unidad de comunicación inalámbrica (5) puede tener una antena inteligente (smart antenna, en inglés) o una antena con múltiple entrada y salida (MIMO antenna, en inglés), estas antenas incluyen algoritmos de procesamiento que se usan para identificar los rastros de las señales como la dirección de llegada de la señal y también pueden crear distintos patrones de radiación dependiendo del objetivo, esto permite un uso más eficiente de la potencia.

Por su parte, la unidad de posicionamiento global (6) es de un tipo seleccionado del grupo conformado por GPS (global positioning system, por sus siglas en inglés), GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema, por sus siglas en ruso), Galileo, Beidou, Compass, A-GPS (assisted global positioning system, en inglés), GPS diferencial,
5 entre otros sistemas de posicionamiento global conocidos por una persona versada en la materia.

Preferiblemente, la unidad de posicionamiento global (6) es un módulo GPS. Este tiene como tarea principal la de sincronizar a cada módulo con sus vecinos a través del pulso PPS;
10 Además sirve para tomar la coordenada geográfica de dicho módulo. El módulo GPS tiene una antena GPS (16) que se conecta con uno o más satélites (18).

La batería se selecciona del grupo conformado por baterías de iones de Litio, de polímero de litio, de plomo, Níquel-hierro, Níquel-Cadmio, Níquel hidruro metálico o combinaciones de
15 los anteriores. Preferiblemente la batería es recargable.

Por otro lado, la presente invención también incluye un sismógrafo de alta resolución que comprende:

- al menos un nodo de adquisición (7) ubicado en un suelo (A);
- 20 – un nodo de disparo (8) conectado inalámbricamente al nodo de adquisición (7), el nodo de disparo (8) se ubica en el suelo (A) a una primera distancia predeterminada del nodo de adquisición (7);
- un nodo coordinador (9) conectado inalámbricamente al nodo de adquisición (7) y al nodo de disparo (8), el nodo coordinador (9) se ubica a una segunda distancia
25 predeterminada del nodo de adquisición (7);
- un computador (10) conectada al nodo coordinador (9); donde, los nodos de adquisición (7), el nodo de disparo (8) y el nodo coordinador (9) son dispositivos para la adquisición y transmisión de señales sísmicas que se comunican entre sí por un protocolo de comunicación inalámbrica tipo malla, donde
30 cada dispositivo para la adquisición y transmisión de señales sísmicas se conforma de:
 - una carcasa (1);
 - un sensor (2) que tiene una punta (3) que sobresale de la carcasa (1);
 - una unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) conectada al
35 sensor (2);
 - una unidad de comunicación inalámbrica (5) conectada a la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4), y
 - una unidad de posicionamiento global (6) localizada dentro de la carcasa (1).

Para realizar un procedimiento de adquisición de datos sísmicos, inicialmente se distribuyen los nodos de adquisición (7) en el suelo (A). Preferiblemente los nodos de adquisición (7) se disponen de equidistantes entre sí y separados una distancia menor a 20m. Aún más preferiblemente, los nodos de adquisición (7) se separan entre sí una distancia menor a 10m.

5

Luego, se ubica el nodo de disparo (8) en el punto sobre el cual se aplicará el estímulo al suelo con un elemento de excitación sísmica (17), el cual puede ser un martillo, una almadana, o un explosivo.

- 10 Posteriormente, se ubica el nodo coordinador (9) a una distancia no superior a 10 metros de cualquiera de los nodos (7, 8) y se conecta al computador.

La cantidad de nodos de adquisición (7) y la separación de los mismos, se hace en función de la resolución que se quiere obtener de la imagen del subsuelo y de la profundidad de investigación del subsuelo que se desee tener.

15

De esta manera, cuanto mayor sea la distancia desde el nodo de adquisición (7) más próximo al nodo de disparo (8) y el nodo de adquisición (7) más cercano al nodo coordinador (8), mayor será la profundidad de investigación. A la distancia entre dichos nodos de adquisición (7) se le llama apertura de tendido.

20

Por el contrario, cuanta menor apertura de tendido haya, se podrá tener una imagen con mayor resolución del subsuelo y se podrán detectar capas de menor espesor.

- 25 Después de ubicar los nodos (7, 8, 9) se inicia un procedimiento de adquisición desde el computador (10), y se procede a aplicar el estímulo en el suelo (A) en la vecindad del nodo de disparo (8). En este momento los nodos de adquisición (7) proceden a registrar las señales sísmicas que se producen debidas al estímulo.

- 30 El nodo de adquisición (7) tiene en su unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) un microcontrolador (15), el cual tiene una programación determinada para detectar y registrar las señales sísmicas del suelo. El microcontrolador (15) puede tener una programación con funciones de encendido, apagado, temporizado, registro de datos, conversión de análogo a digital (14), almacenamiento temporal de datos, apilamiento de datos, medición de carga de batería, transmisión inalámbrica de datos, lectura de coordenadas y pulso de sincronización desde el GPS o combinaciones de las mismas.

35

- Por su parte, la función de apilamiento hace que el nodo de adquisición (7) registre una pluralidad de señales sísmicas antes de transmitir las al nodo coordinador (9). Por ejemplo, el nodo de adquisición (7) puede registrar entre 2 y 50 señales sísmicas.

40

El número de señales sísmicas que apila el nodo de adquisición (7) depende de las condiciones de ruido que tenga el terreno, entendiéndose por ruido, toda clase de perturbaciones que provoquen la propagación de ondas mecánicas en el terreno, tales como, el paso de vehículos, animales, fuentes de sonido, herramientas agrícolas y de construcción o combinaciones de las mismas. Entre más señales se apilen en el nodo de adquisición (7), se puede enviar un paquete de datos que permita filtrar el ruido por medios electrónicos cuando llegue dicho paquete de datos al computador (10), después de pasar por el nodo coordinador (9).

10 También, en la programación del microcontrolador (15) del nodo de adquisición (7) puede haber una función de registro de datos, que dispara dos subfunciones, una de conversión análogo a digital y una de almacenamiento temporal de datos.

15 La función de conversión de análogo a digital permite tomar la señal sísmica detectada por el sensor (2), la cual es análoga, y convertirla en una señal digital que puede ser transmitida por la unidad de comunicación inalámbrica (5).

La señal digital permite tener una mejor fidelidad en su transmisión inalámbrica, comparada con la transmisión de señales análogas por radiofrecuencia por ejemplo, el caso de amplitud modulada (AM). De esta manera se evita tener pérdidas de comandos y paquetes de datos.

20 También, el nodo de adquisición (7) tiene una función de registro de datos, la cual se activa cuando el nodo coordinador (9) envía una señal de inicio de registro, y se detiene cuando el nodo coordinador (9) envía una señal de detención de registro.

25 Por su parte, el nodo de disparo (8) sirve para recibir un estímulo externo, por ejemplo cuando se genera una explosión, o se da un impacto con un martillo con el elemento de excitación sísmica (17); registrar el tiempo cero y comunicarle la referencia del tiempo cero a los nodos de adquisición (7).

30 El nodo de disparo (8) tiene un microcontrolador (15) dentro de su unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) que permite implementar funciones de encendido, apagado, temporizado, conversión análogo digital, fijación de tiempo cero, envío de señal tiempo cero, medición de carga de batería, transmisión inalámbrica de datos, lectura de coordenadas y pulso de sincronización desde el GPS o combinaciones de las mismas.

35 Por ejemplo, la función de fijación de tiempo cero consiste en detectar un estímulo externo generado por un martillo, mazo, explosivo o similar, y enviar esta señal al nodo (7 o 9) más cercano. Dicha señal se transmite mediante el protocolo tipo malla entre los nodos de adquisición hasta llegar al nodo coordinador (9).

Cada nodo (7,8, 9) envía una señal de prueba a sus nodos (7, 8, 9) aledaños, y detecta cuál de estos tiene el RSSI más fuerte. Luego de esto, el nodo (7, 8, 9) se conecta con el nodo con el RSSI más fuerte, y de esta forma, genera la red tipo malla.

- 5 Los nodos de adquisición (7) y el nodo de disparo (8) funcionan como antenas repetidoras en las cuales se recibe y retransmite la señal, hasta que llega al nodo coordinador (9).

Por su parte, el nodo coordinador (9) se encarga de enviar y recibir señales a los nodos de adquisición (7), el nodo coordinador (9) solicita los datos sísmicos registrados a cada nodo
10 de adquisición (7), y luego los transmite al computador (10).

En la programación del microcontrolador (15) del nodo coordinador (9) se implementa una función de activación de apilamiento que al enviarse a los nodos de adquisición (7) activa su función de apilamiento. También, el nodo coordinador (9) tiene en su microcontrolador (15)
15 una función de detección de apilamiento, que al enviarse a los nodos de adquisición (7) detiene su función de apilamiento, y les activa su función de transmisión. Lo anterior hace que los nodos de adquisición (7) envíen la información de paquetes de señales sísmicas apiladas.

20 Haciendo referencia a la FIG. 3, el nodo coordinador (9) tiene en su unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) un módulo de transferencia de datos, que puede ser un módulo USB (11), bluetooth, WiFi, ZigBee o combinaciones de los mismos.

Haciendo referencia a las FIG. 3 y FIG. 4, el módulo de transferencia de datos se conecta a
25 la unidad de procesamiento (10), y transmite la información que llega a la unidad de comunicación inalámbrica (5), la cual proviene de los nodos de adquisición (7) o el nodo de disparo (2).

Por otro lado, haciendo referencia a la FIG. 3, el nodo coordinador (9) puede conformarse de
30 una carcasa (1) que contiene una unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) con una unidad de comunicación inalámbrica (5) que tiene una antena (13), un microcontrolador (15). En este caso, el nodo coordinador (9) no cuenta con el sensor (2), el convertidor análogo a digital (14), ni con la unidad de posicionamiento global (6). De esta manera, el nodo coordinador (9) es más pequeño, consume menos energía y es más
35 económico de producir que si tuviera el sensor (2), el convertidor análogo a digital (14) o la unidad de posicionamiento global (6).

Por su parte, una de las funciones del computador (10) es ejecutar el procedimiento de adquisición, el cual puede ser un software que corre en un sistema operativo, tal como iOS,
40 Windows, o Linux.

El computador (10) se selecciona del grupo que comprende computadores portátiles, Tablets, teléfonos celulares inteligentes, controladores lógicos programables, o dispositivos similares conocidos por una persona versada en la materia.

- 5 Por otro lado, la presente invención también incluye un método de adquisición y procesamiento de señales sísmicas desde un suelo (A) que comprende:
- a) generar una señal sísmica en el suelo (A), en una zona ubicada al lado de un nodo de disparo (8);
 - b) registrar la señal sísmica en el suelo (A), mediante un nodo de adquisición (7) ubicado a una distancia predeterminada del nodo de disparo (8);
 - c) transmitir inalámbricamente la señal sísmica registrada en el nodo de adquisición (7) a un nodo coordinador (9);
 - d) transferir desde el nodo coordinador (9) la señal sísmica registrada hacia un computador (10).

15

La etapa a) del método es ejecutada consiste en generar la señal sísmica mediante un elemento de excitación sísmica (17), por ejemplo, un martillo, almadana o un explosivo. Luego, esta señal sísmica llega al sensor (2) del nodo de disparo (8). El sensor (2) transmite dicha señal a la unidad de procesamiento y digitalización de señales (4), la cual convierte la señal sísmica en una señal digital, la cual se transmite al nodo coordinador (9) mediante la unidad de comunicación inalámbrica (5) del nodo de disparo (8).

20

Por su parte, un operario es el encargado de suministrar información al sismógrafo según considere. El operario utiliza el computador (10) para operar el sismógrafo, ingresando datos que se guardan en distintos comandos, los cuales serán utilizados dentro del método de la presente invención. La información que suministra el operador, corresponde a valores de ganancia, tiempo de muestro, frecuencia de muestreo, o combinaciones de los mismos, para los nodos (7, 8, 9). También, la información corresponde a comandos de inicio, pausa, y reinicio.

30

Se entenderá en la presente invención por comando un paquete de datos a nivel de red en donde se envía información “empacada” en líneas de código binario y se compone por: un encabezado, que en este caso señala el nombre del comando (v.g. “A”, “B”, “C”, etc); un área de datos, que contiene la información del comando; y una cola, que señala el fin del mensaje.

35

Estos comandos son: el comando “A” donde se guarda un valor correspondiente al tiempo de muestreo y abarca un rango entre 400 milisegundos y 2 segundos; el comando “B” donde se guarda la frecuencia de muestreo y abarca un rango entre 500 y 4000 muestras por segundo; y el comando “C” donde se guarda la ganancia para aumentar la sensibilidad de los nodos adquisición (7), y abarca un rango entre 1 y 64 veces y crece en potencias de 2.

40

Otros comandos están grabados por defecto y corresponden a comandos que se usarán dentro del sismógrafo por sus diferentes componentes, estos comandos son: unos comandos numerados del “1” hasta el “9”, un comando “i” y un comando “Z”.

5

Por su lado, los nodos de adquisición (7) registran la señal sísmica en el suelo (A), provocado por el elemento de excitación sísmica (17).

10 También, en una modalidad del método de la presente invención, el nodo de adquisición (7) registra una pluralidad de señales sísmicas provenientes del suelo (A), las cuales son provocadas por uno o más elementos de excitación sísmica (17), a lo anterior se le llama apilamiento. Por ejemplo, el nodo de adquisición (7) puede registrar entre 2 y 50 señales sísmicas.

15 El número de señales sísmicas que apila el nodo de adquisición (7) depende de las condiciones de ruido que tenga el terreno, entendiéndose por ruido, toda clase de perturbaciones que provoquen la propagación de ondas mecánicas en el terreno, tales como, el paso de vehículos, animales, fuentes de sonido, herramientas agrícolas y de construcción o combinaciones de las mismas. Entre más señales se apilen en el nodo de adquisición (7),
20 se puede enviar un paquete de datos que permita filtrar el ruido por medios electrónicos cuando llegue dicho paquete de datos al computador (10), después de pasar por el nodo coordinador (9).

Por su parte, haciendo referencia a la FIG. 5, cada nodo de adquisición (7) recibe un comando
25 “1”, “2” o “3”, el cual se envía desde el nodo coordinador (9). El comando “1” ejecuta una acción de muestreo (19); el comando “2” ejecuta una acción de ganancia (20), y el comando “3” ejecuta una acción de localización (21).

La acción de muestreo (19), en cada nodo de adquisición (7) consiste en enviar al nodo
30 coordinador (9) el valor de su nivel de batería y el valor de potencia de recepción de señales RF de su unidad de comunicación inalámbrica (5), además, dicho nodo de adquisición (7) empieza a adquirir datos de forma continua hasta recibir un comando de reinicio “Reset”.

Por otro lado, en la etapa c) del método de la presente invención, cada nodo de adquisición
35 (7) ejecuta la acción de ganancia (20), la cual consiste en que el nodo de adquisición (7) envíe los datos adquiridos al nodo coordinador (9). Con la acción de ganancia (20)

En la acción de localización (21), cada nodo de adquisición (7) transmite el estado del módulo de posicionamiento global (6), en adelante estado GPS, hacia el nodo coordinador (9), el cual
40 puede ser enganchado o desenganchado.

Se entenderá en la presente invención que el estado GPS enganchado significa que el módulo de posicionamiento global (6) se encuentra transmitiendo y recibiendo señal desde un sistema satelital de posicionamiento. Por el contrario, el estado desenganchado significa que el módulo de posicionamiento global (6) no está conectado con ningún satélite.

5

De igual forma, haciendo referencia a la FIG. 6, el nodo de disparo (8) espera los mismos comandos “1”, “2” y “3” que reciben los nodos adquisición (7), el comando “2” y el comando “3” provocan las acciones (20) y (21) respectivamente, de los nodos de adquisición (7) sobre el nodo de disparo (8).

10

Sin embargo, el comando “1” provoca en el nodo de disparo (8) una acción de disparo (22) en la que ocurre que el nodo de disparo (8) envíe un valor de su nivel de batería y la potencia de recepción de señales RF de su unidad de comunicación inalámbrica (5) al nodo coordinador (9), luego, el nodo de disparo (8) empieza a adquirir datos de forma continua hasta que percibe un estímulo provocado por el elemento de excitación sísmica (17) en el suelo (A). Posteriormente, el nodo de disparo (8) envía un comando de confirmación al nodo coordinador (9), el cual indica que el disparo se realizó; esta confirmación se envía en conjunto con la información del GPS de cuando se sintió el estímulo.

15

20 Por otro lado, haciendo referencia a la FIG. 7, el nodo coordinador (9) recibe los comandos “Z”, “A”, “B”, “C” y el “i”, los cuales son enviados desde el computador (10).

Cuando el nodo coordinador (9) recibe el comando “Z” ejecuta la acción de adquisición (23) donde envía el comando de reinicio “reset”, luego envía el comando “3” todos los nodos de adquisición (7) y al nodo de disparo (8), y termina enviando el comando “4” al computador (10) para indicar que realizó la acción y que está en espera del comando “A”.

25

A continuación, el nodo coordinador (9) recibe el comando “A” con información sobre un tiempo de muestreo ingresado por el operario en el computador (10); y ejecuta la acción de tiempo (24) en la que toma esta información se guarda en la memoria del nodo coordinador (9), y luego envía el comando “9” al computador (10) para indicar que realizó la función.

30

Posteriormente, el nodo coordinador (9) recibe el comando “B”, y ejecuta la acción de muestras (25) en la que guarda el valor de tasa de muestreo en memoria y después envía el comando “7” al computador (10) indicando que realizó la acción, y queda en espera del comando “C”, con el cual recibe información sobre la ganancia de cada nodo (7 y 8), y ejecuta la acción de configuración (26) en la que envía esa información sobre la ganancia de cada nodo (7 y 8) en conjunto con el valor de tiempo de muestreo y tasa de muestreo a cada nodo (7, 8), luego envía el comando “1” para que comiencen la adquisición de datos, y el comando “5” para el computador (10) e indicarle que la acción se realizó, y queda a la espera del comando “i”.

35

40

Después, cuando el nodo coordinador (9) recibe el comando “i”, ejecuta la acción de espera (27) donde envía el comando “6” constantemente hasta que recibe una confirmación del nodo de disparo (8) que indica que la estimulación ocurrió y la hora en la que ocurrió, el comando “6” no hace nada sobre el computador (10), luego que la confirmación ocurrió ejecuta la acción de gráfica (28) en la que envía el comando “reset” a los nodos (7, 8) para que paren la adquisición, y envía el comando “2” para solicitar las señales sísmicas registradas por los nodos (7,8) , y envía estas señales sísmicas al computador (10), así, ejecutando la etapa d) del método de la presente invención.

Posteriormente, el computador (10) imprime las señales sísmicas en la interfaz gráfica, de esta manera, ejecutando la etapa e) del método de la presente invención. Finalmente el nodo coordinador (9) envía el comando “5” al computador (10) para indicar el fin de la acción y queda en espera del comando “Z” otra vez.

Cuando el nodo coordinador (9) envía el comando “2 a los nodos (7, 8) se ejecuta la etapa d) del método de la presente invención, la cual para cuando el nodo coordinador (9) .

Así, refiriéndonos a la FIG. 8, el software en el computador (10) comienza su proceso ejecutando la acción Z (29) enviando el comando “Z” al nodo coordinador (9) y espera por el comando “4” del nodo coordinador (9); el nodo coordinador (9) empieza enviando un pulso RF que indica el reinicio (referido como el comando “reset”) a los nodos adquisición (7), luego envía el comando “3” a los nodos adquisición (7) y el comando “4” al computador (10). El nodo coordinador (9) queda en espera del comando “A” del computador (10).

A continuación, los nodos adquisición (7) los cuales están esperando uno de los tres comandos “1”, “2” o “3”, reciben el comando “3” del nodo coordinador (9) y ejecutan la acción de localización (21) transmiten el estado del GPS, el cual puede ser *enganchado* o *desenganchado*, entiéndase por *enganchado* la conexión del GPS con los satélites y *desenganchado* su falta de conexión con los mismos.

El nodo de disparo (8) también está esperando por los comandos “1”, “2” y “3”, y recibe el comando “3” con lo que transmite el estado del GPS y seguirá a la espera de otro comando.

Al mismo tiempo, el computador (10) indica el estado de GPS de los nodos adquisición (7) sobre la interfaz de usuario, y cuando recibe el comando “4”, ejecuta la acción A (30); comienza a transmitir uno el comando “A” al nodo coordinador (9) con el valor del tiempo de muestreo previamente seleccionado por el operario del dispositivo. El computador (10) queda en espera del comando “9” del nodo coordinador (9).

Por otro lado, con el fin de reducir en número de comandos, se pueden reemplazar los comandos "4", "9", "7", y "5" por un único comando "listo", que indica al nodo coordinador (9) que se ha ejecutado una función,

- 5 El comando "A" con el valor del *tiempo de muestreo* cuando es recibido por el nodo coordinador (9), se guarda en memoria y envía el comando "9" al computador (10) y queda en espera del comando "B" por parte del computador (10).

- El computador (10) recibe el comando "9" del nodo coordinador (9), ejecuta la acción B (30)
10 responde con el comando "B" y espera por el comando "7" del nodo coordinador (9).

El nodo coordinador (9) recibe del computador (10) el comando "B" con la tasa *de muestreo*, lo guarda en memoria y envía el comando "7" al computador (10). El nodo coordinador (9) espera por el comando "C" del computador (10).

- 15 El computador (10) recibe el comando "7" y ejecuta la acción C (32) prosigue a enviar el comando "C" al nodo coordinador (9). El computador (10) espera por el comando "5" y muestra los niveles de batería y potencia de la señal RF de cada nodo adquisición (7) en la interfaz gráfica.

- 20 El nodo coordinador (9) recibe el comando "C" con el valor de ganancia, los guarda en memoria y lo envía en conjunto a los valores del *tiempo de muestreo* y *tasa de muestreo*, a los nodos de muestreo con el comando "1", y envía el comando "5" al computador (10). El nodo coordinador (9) queda en espera del comando "i" por parte del computador (10).

- 25 Los nodos adquisición (7) reciben el comando "1" con la información del tiempo de muestreo, la frecuencia de muestreo y la ganancia, y comienzan la adquisición de datos. Quedan a la espera de la señal "reset" por parte del coordinador (9).

- 30 Igualmente, el nodo adquisición (7) recibe el comando "1" y comienza la adquisición de datos hasta que ocurra el estímulo externo.

- Al mismo tiempo, el computador (10) recibe el comando "5" y ejecuta la acción i (33) respondiendo con el comando "i". El computador (10) queda a la espera de un segundo
35 comando "5" por parte del coordinador (9).

Al recibir el comando "i", el nodo coordinador (9) queda a la espera de confirmación que sucedió el estímulo externo.

- 40 el nodo de disparo (8) recibe el estímulo externo y envía una confirmación al coordinador (9), y detiene su adquisición de datos.

El coordinador (9) recibe confirmación del disparo y continúa a enviar el pulso de “reset” a todos los nodos adquisición (7), también envía el comando “2”, luego envía los datos de cada nodo adquisición (7) y el de disparo (8) al computador (10), y finaliza enviando el comando “5” al computador (10)

El computador (10) quien está graficando los datos adquiridos por los nodos adquisición (7) y de disparo (8) en la interfaz gráfica, y luego recibe el comando “5” y se detendrá el proceso.

Ejemplo 1: sismógrafo inalámbrico para la adquisición de señales de refracción y reflexión sísmica

Se diseñó y construyó un sismógrafo inalámbrico para la adquisición de señales de refracción y reflexión sísmica. El equipo consta de un nodo coordinador (9), un nodo de disparo (8) y hasta doce nodos de adquisición (7) que se comunican a través de protocolo ZigBee tipo malla.

Cada nodo (7, 8, 9) consta de una carcasa (1) cilíndrica externa de 60 cm de largo por 5 cm de diámetro. Esta carcasa (1) tiene acoplada una punta (3) metálica en su extremo inferior, esta punta (3) tiene 7 cm de longitud y 1 cm de diámetro.

Internamente, la carcasa (1) contiene en la parte inferior un sensor (2) de vibraciones sísmicas; este sensor (2) es un geófono. Por su parte, la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4), también ubicada dentro de la carcasa (1), incluye una unidad de posicionamiento global (6) que es un módulo GPS, el cual incluye una antena GPS (16). El módulo GPS funciona a una frecuencia de 1574.24 MHz. Este tiene como tarea principal la de sincronizar a cada módulo con sus vecinos a través del pulso PPS.

Además, la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) incluye unidad de comunicación inalámbrica (5) que es un módulo de transmisión RF, el cual trabaja a una frecuencia de transmisión de 2.4 GHz y una potencia de transmisión de 63 mW, e incluye una antena (13). Todos estos accesorios también se encuentran en el interior de la carcasa (1) cilíndrica.

La carcasa (1) cilíndrica tiene en la parte superior un panel que contiene el botón de encendido y apagado del módulo. Este panel está recubierto por una tapa en forma de cúpula que protege el panel en caso de lluvia.

Adicionalmente, la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) cuenta con un convertidor análogo a digital (14) de 32 bits, y un microcontrolador que tiene una frecuencia de funcionamiento de 84 MHz. El convertidor análogo a digital (14) envía los

registros sísmicos adquiridos por el sensor (2) a través de puerto SPI hacia un el microcontrolador (14).

El consumo de potencia máxima promedio de cada nodo (7, 8, 9) es de 720 mW.

5

Por otro lado, para distribuir los nodos (7, 8, 9) en el campo se realiza el siguiente procedimiento: primero se distribuyen los nodos de adquisición (7) en el terreno, de acuerdo al arreglo o geometría de la distribución de puntos de muestreo espacial que se haya diseñado de tal forma que formen una línea recta.

10

Los nodos (7, 8, 9) se deben clavar en el suelo por medio de la punta metálica. El nodo de disparo (8) se debe ubicar en el punto sobre el cual se aplicará el estímulo al suelo (a) con el elemento de excitación sísmica (17) (martillazo o explosión).

15

Por su lado, el nodo coordinador (9) debe estar conectado vía Inalámbrica o USB a un computador (10) portátil. Posteriormente se procede a poner en encendido cada uno de los nodos (7, 8, 9) y luego desde el software se gestionan los datos adquiridos por cada uno de ellos.

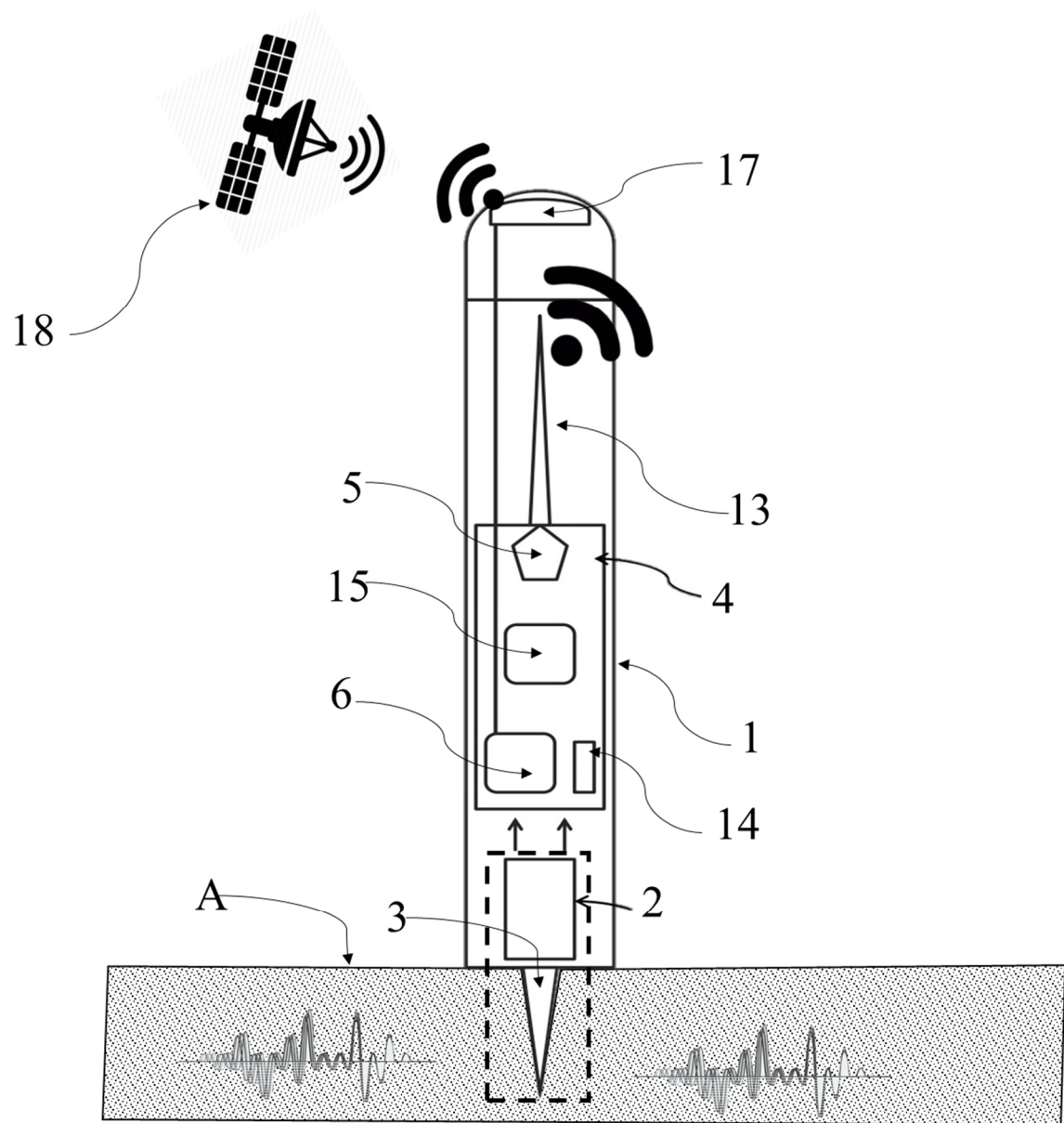
20

Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, y la persona versada en la técnica entenderá que pueden efectuarse numerosas variaciones y modificaciones que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para la adquisición y transmisión de señales sísmicas desde un suelo que comprende:
 - una carcasa (1);
 - un sensor (2) que tiene una punta (3) que sobresale de la carcasa (1);
 - una unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) conectada al sensor (2), la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) incluye un microcontrolador (15);
 - una unidad de comunicación inalámbrica (5) conectada al microcontrolador (15); y
 - una unidad de posicionamiento global (6) conectada al microcontrolador (15) localizada dentro de la carcasa (1).
2. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde, el sensor (2) se selecciona del grupo conformado por geófonos, acelerómetros, transductores para mediciones sísmicas, sistemas micro electromecánicos (MEMS, por sus siglas en inglés), hidrófonos piezoeléctricos o combinaciones de los mismos.
3. Un sismógrafo de alta resolución que comprende:
 - un nodo de adquisición (7) ubicado en un suelo (A);
 - un nodo de disparo (8) conectado inalámbricamente al nodo de adquisición (7), el nodo de disparo (8) se ubica en el suelo (A) a una primera distancia predeterminada del nodo de adquisición (7);
 - un nodo coordinador (9) conectado inalámbricamente al nodo de adquisición (7) y al nodo de disparo (8), el nodo coordinador (9) se ubica a una segunda distancia predeterminada del nodo de adquisición (7);
 - un computador (10) conectada al nodo coordinador (9); donde, los nodos de adquisición (7), el nodo de disparo (8) y el nodo coordinador (9) son dispositivos para la adquisición y transmisión de señales sísmicas que se comunican entre sí por un protocolo de comunicación inalámbrica tipo malla, donde cada dispositivo para la adquisición y transmisión de señales sísmicas se conforma de:
 - una carcasa (1);
 - un sensor (2) que tiene una punta (3) que sobresale de la carcasa (1);
 - una unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4) conectada al sensor (2);
 - una unidad de comunicación inalámbrica (5) conectada a la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales (4), y
 - una unidad de posicionamiento global (6) localizada dentro de la carcasa (1).

4. El sismógrafo de la Reivindicación 3, caracterizado porque incluye entre 1 y 65.000 nodos de adquisición (7) separados entre sí una distancia inferior a 20m.
5. El sismógrafo de la Reivindicación 3, caracterizado porque incluye entre 12 y 48 nodos de adquisición (7) separados entre sí una distancia inferior a 20m.
6. El sismógrafo de la Reivindicación 3, caracterizado porque el protocolo de comunicación inalámbrica tipo malla se selecciona entre protocolos de transmisión ZigBee, Bluetooth o combinaciones de los mismos.
7. El sismógrafo de la Reivindicación 3, caracterizado porque el nodo coordinador (9) tiene un módulo USB (11) que conecta la unidad de acondicionamiento y digitalización de señales a un computador (12).
8. Un método de adquisición y procesamiento de señales sísmicas desde un suelo (A) que comprende:
 - a) generar una señal sísmica en el suelo (A), en una zona ubicada al lado de un nodo de disparo (8);
 - b) registrar la señal sísmica en el suelo (A), mediante un nodo de adquisición (7) ubicado a una distancia predeterminada del nodo de disparo (8);
 - c) transmitir inalámbricamente la señal sísmica registrada en el nodo de adquisición (7) a un nodo coordinador (9);
 - d) transferir desde el nodo coordinador (9) la señal sísmica registrada hacia un computador (10).
9. El método de la Reivindicación 8, donde en la etapa a) se generan entre 1 y 50 señales sísmicas, y en la etapa b) se registran en el nodo de adquisición (7) entre 1 y 50 señales sísmicas antes de transmitir las inalámbricamente al nodo coordinador (9).
10. El método de la Reivindicación 8, caracterizado porque después de la etapa d) hay una etapa e) que consiste en visualizar y guardar en el computador (10), la señal sísmica recibida desde el nodo coordinador (9).



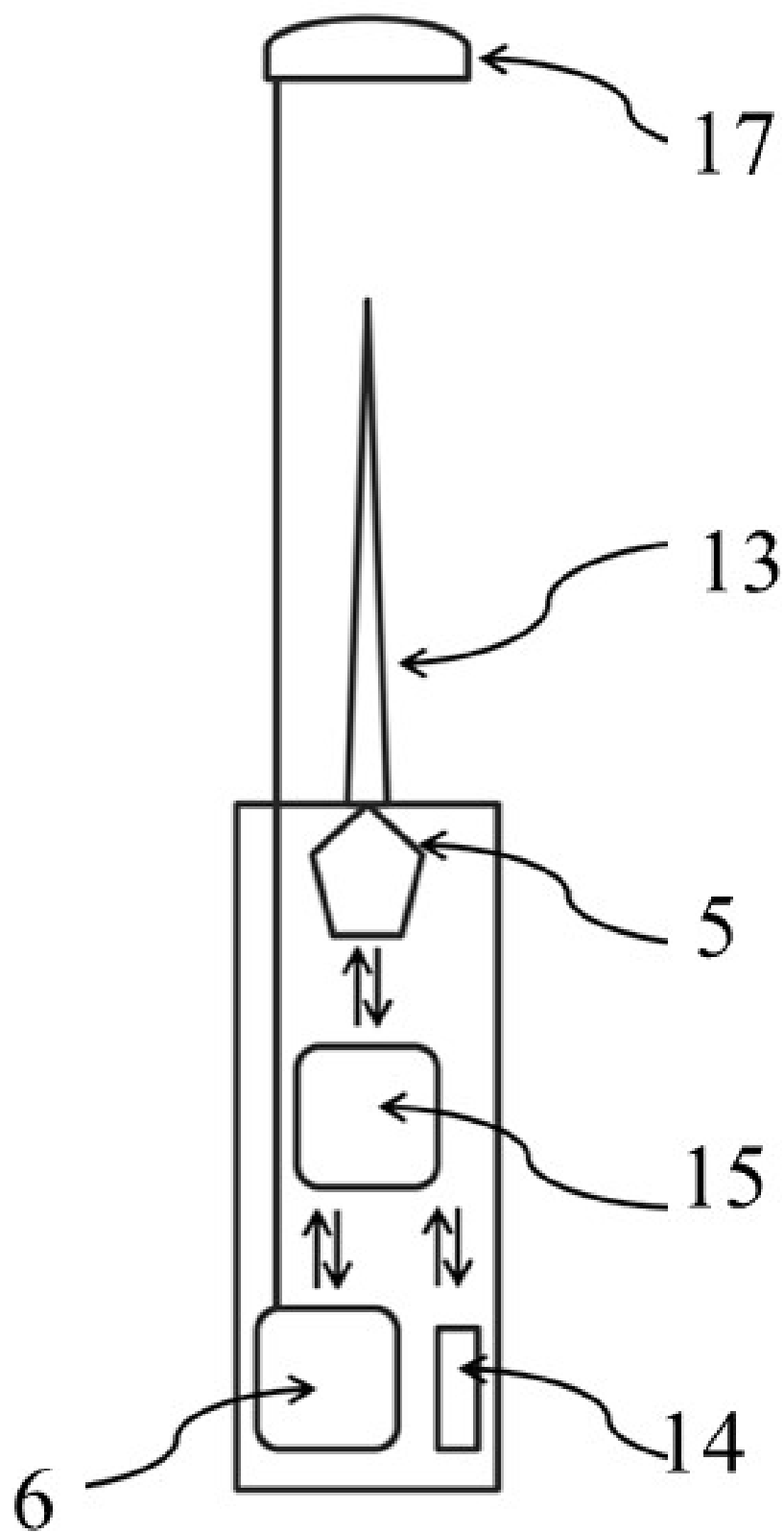


FIG. 2

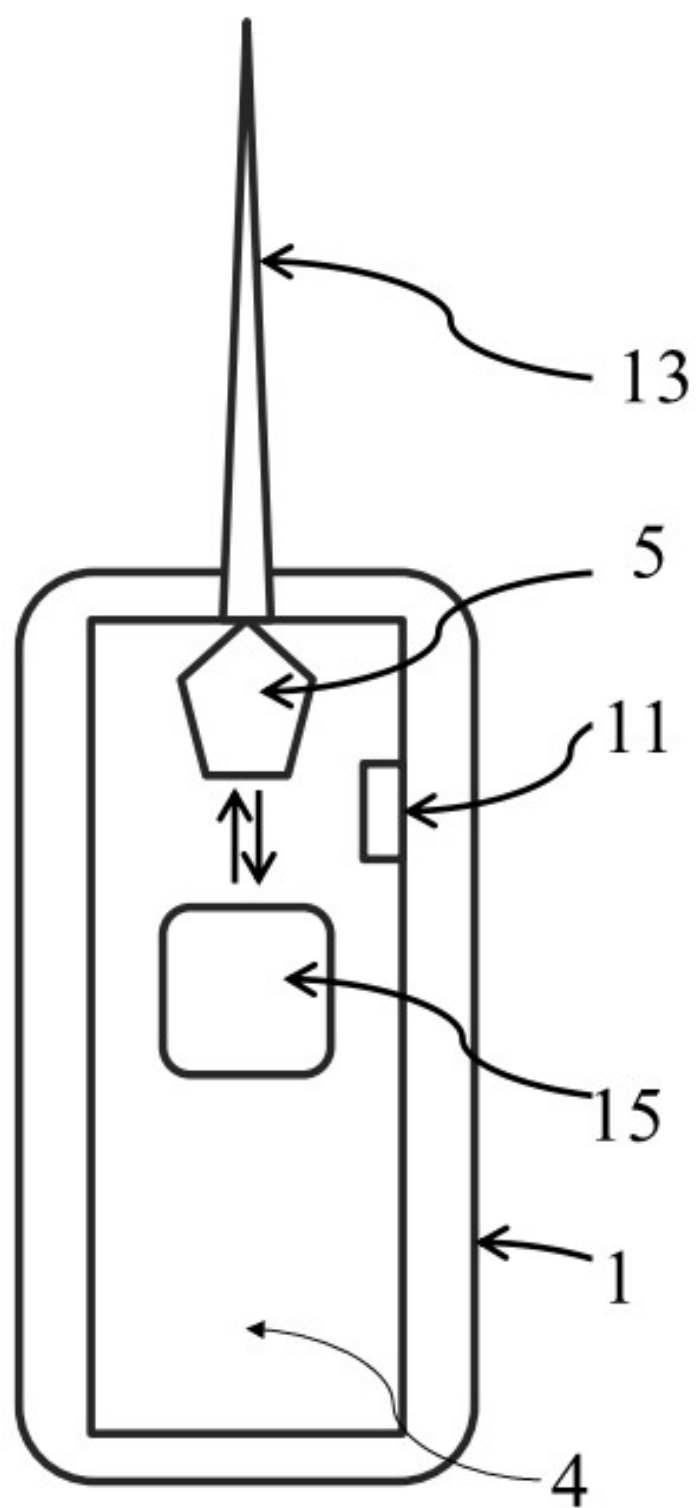


FIG. 3

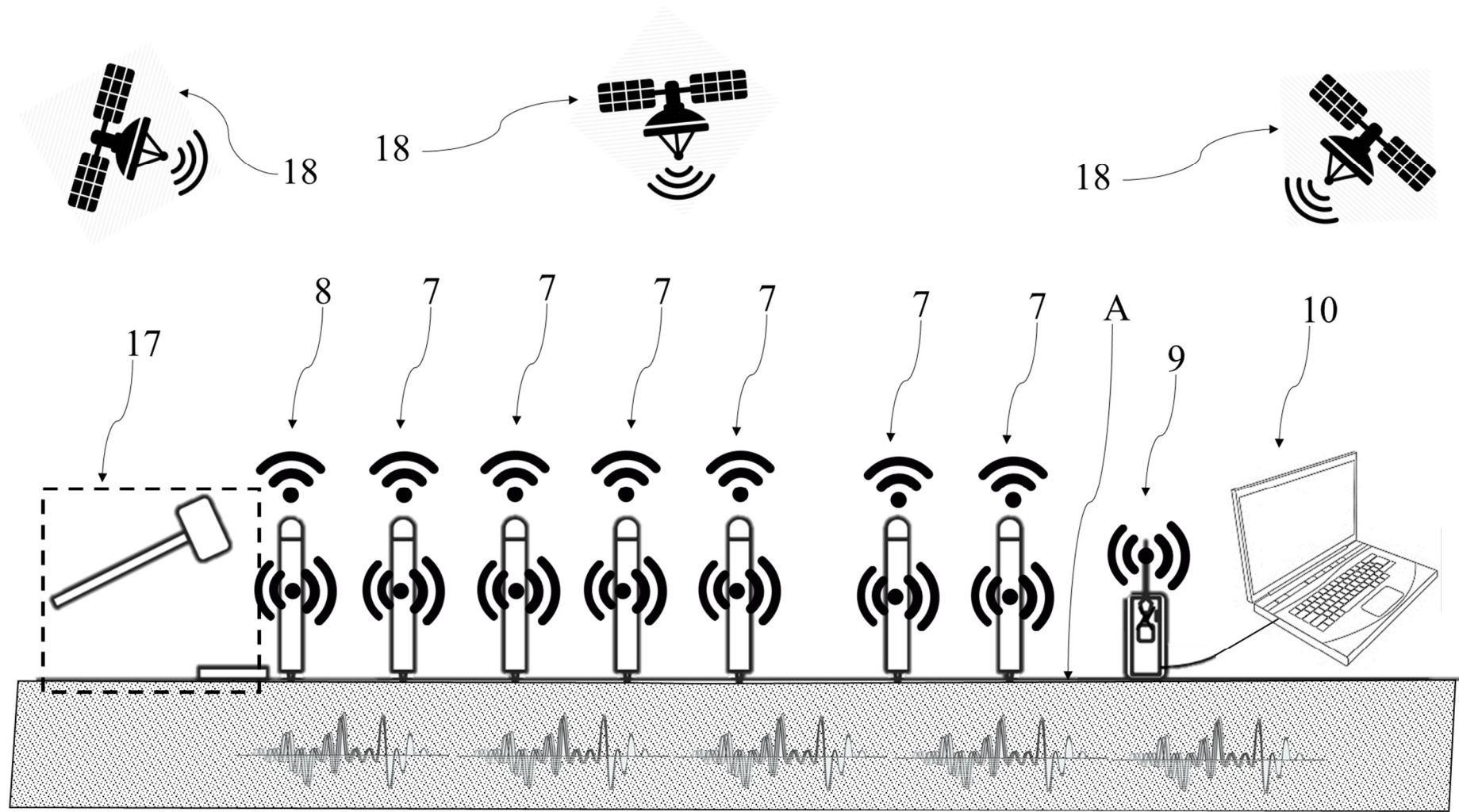


FIG. 4

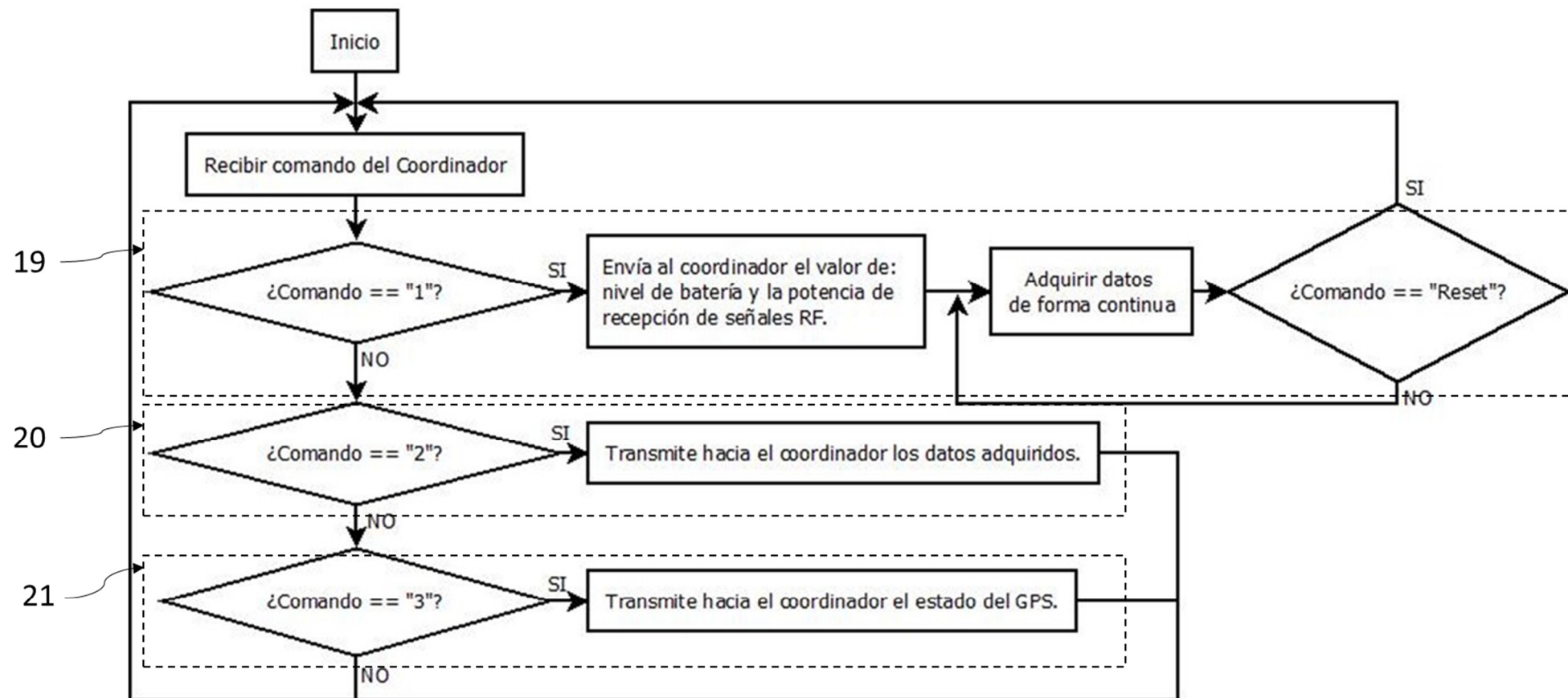


FIG. 5

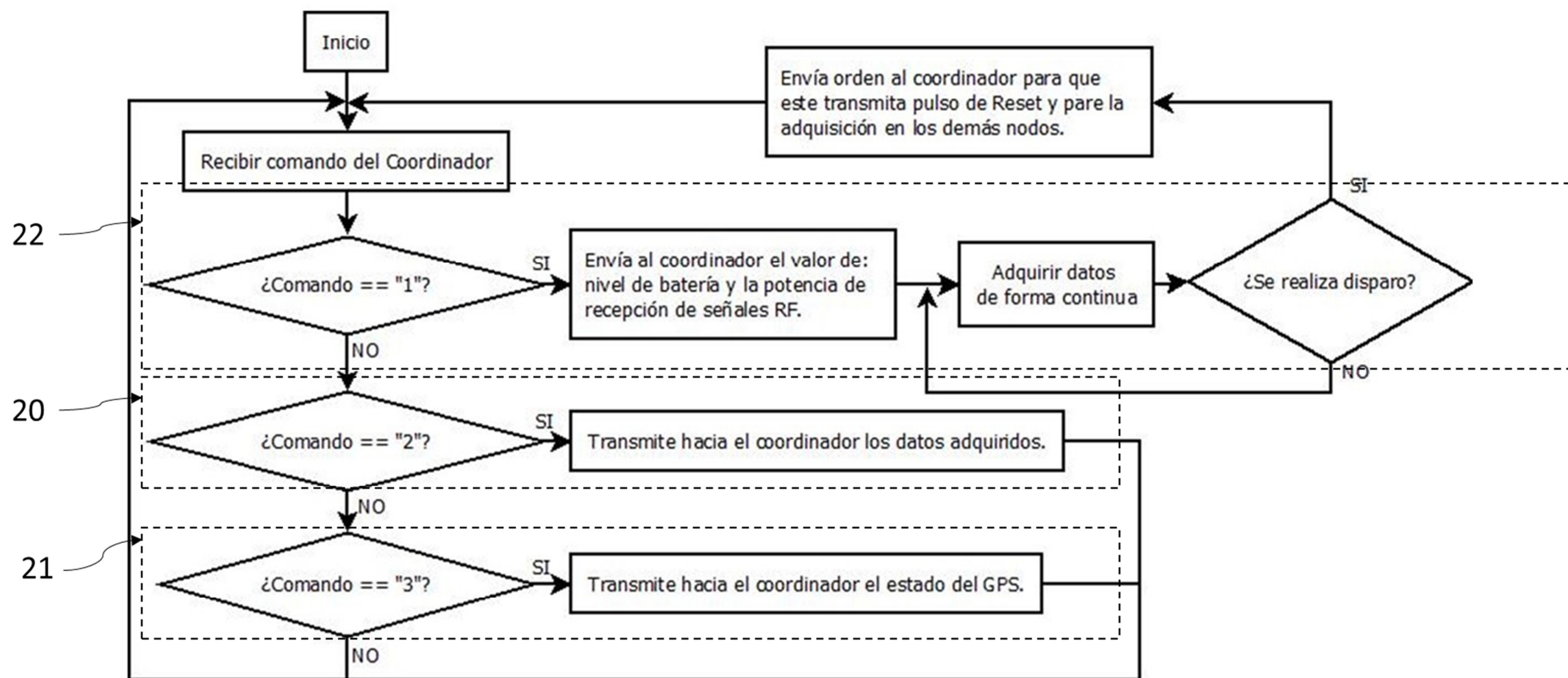


FIG. 6

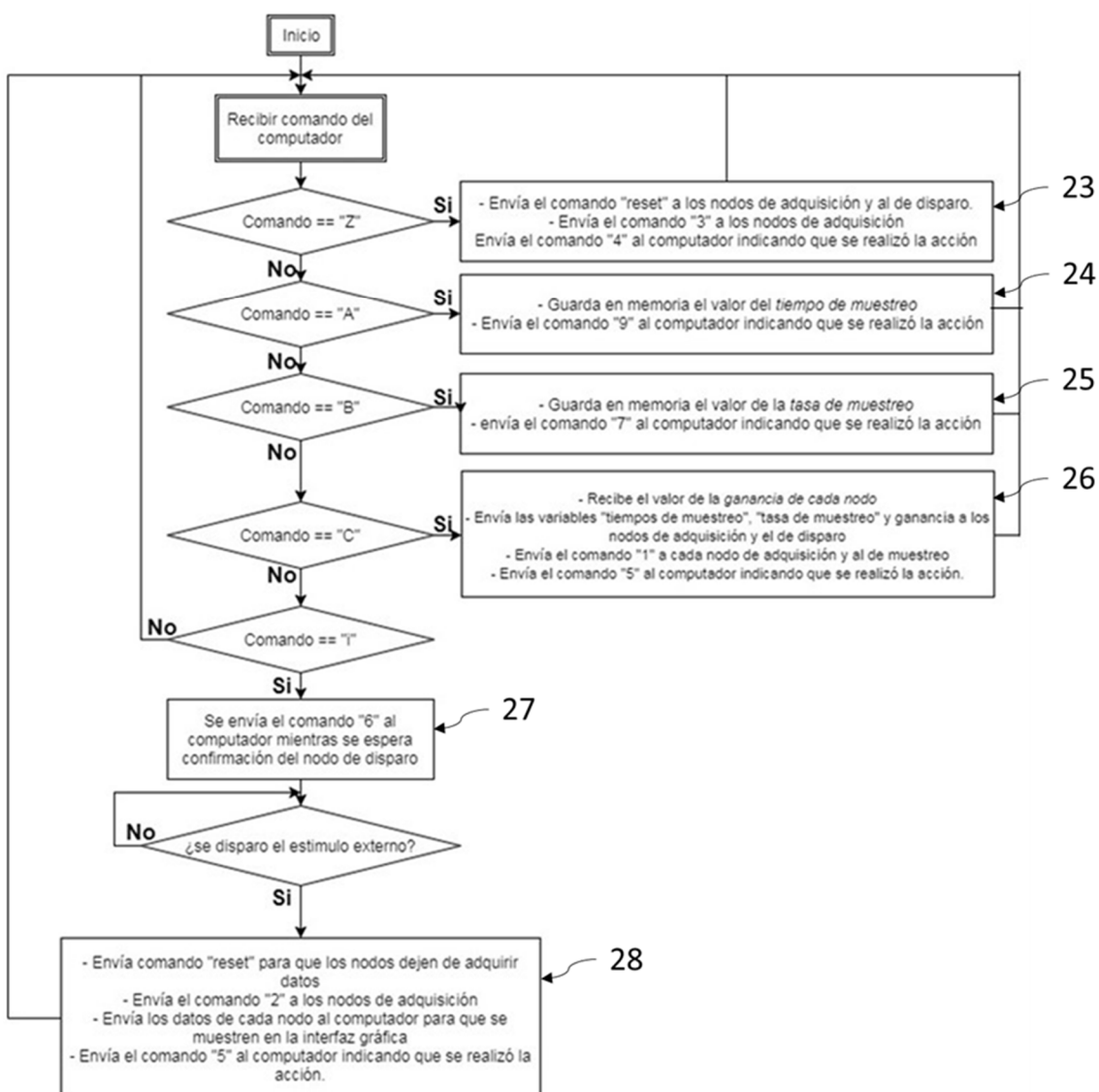
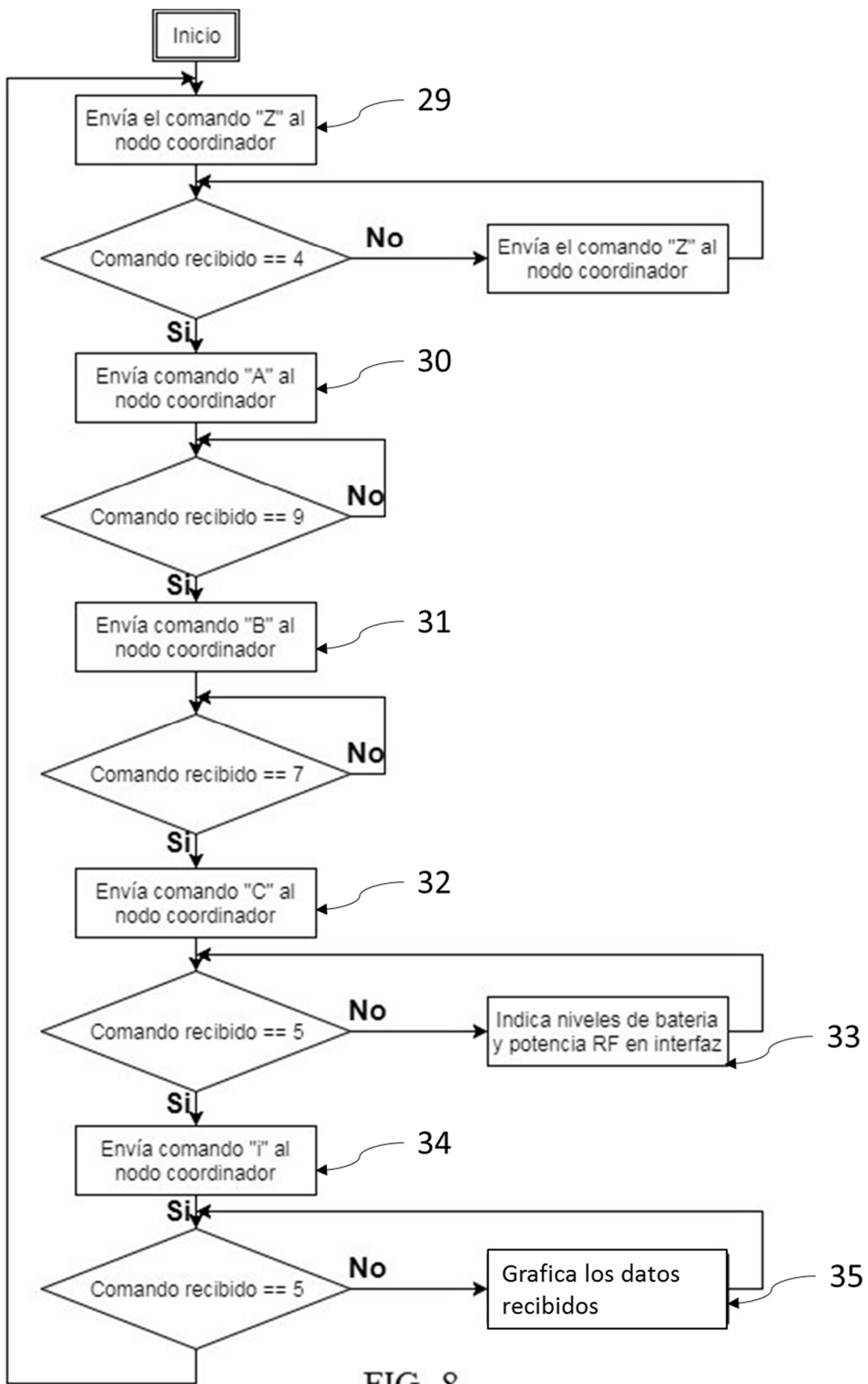


FIG. 7



Resumen

La presente invención corresponde a un dispositivo para la adquisición y transmisión de señales sísmicas desde un suelo que comprende una carcasa; un sensor que tiene una punta que sobresale de la carcasa y una unidad de acondicionamiento y digitalización de señales conectada al sensor; dicha unidad de acondicionamiento y digitalización de señales incluye un microcontrolador. También, el dispositivo incluye una unidad de comunicación inalámbrica y una unidad de posicionamiento global conectadas al microcontrolador y localizadas dentro de la carcasa.

Adicionalmente, la presente invención corresponde a un sismógrafo de alta resolución que comprende un nodo de adquisición ubicado en un suelo; un nodo de disparo conectado inalámbricamente al nodo de adquisición, el nodo de disparo se ubica en el suelo a una primera distancia predeterminada del nodo de adquisición. También, el sismógrafo incluye un nodo coordinador conectado inalámbricamente al nodo de adquisición y al nodo de disparo, el nodo coordinador se ubica a una segunda distancia predeterminada del nodo de adquisición; y un computador conectada al nodo coordinador. Por su parte, los nodos de adquisición, el nodo de disparo y el nodo coordinador son dispositivos para la adquisición y transmisión de señales sísmicas que se comunican entre sí por un protocolo de comunicación inalámbrica tipo malla.

Además, la presente invención incluye un método de adquisición y procesamiento de señales sísmicas desde un suelo que comprende una etapa a), que consiste en generar una señal sísmica en el suelo, en una zona ubicada al lado de un nodo de disparo. También, el método tiene una etapa b, en la cual se registra la señal sísmica en el suelo, mediante un nodo de adquisición ubicado a una distancia predeterminada del nodo de disparo; y una etapa c), en la que se transmite inalámbricamente la señal sísmica registrada a un nodo coordinador. Adicionalmente, el método tiene una etapa d), en la cual se transfiere desde el nodo coordinador la señal sísmica registrada hacia un computador.