

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 670**

51 Int. Cl.:

F42D 1/045 (2006.01)

F42D 1/055 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.05.2009** **PCT/AU2009/000679**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2009** **WO09143585**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2009** **E 09753349 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017** **EP 2300776**

54 Título: **Calibración de detonadores**

30 Prioridad:

29.05.2008 US 130354 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

23.11.2017

73 Titular/es:

ORICA EXPLOSIVES TECHNOLOGY PTY LTD
(100.0%)

1 Nicholson Street
Melbourne, VIC 3000, AU

72 Inventor/es:

HUMMEL, DIRK y
MCCANN, MICHAEL JOHN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 643 670 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

Calibración de detonadores

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de la minería, y el accionamiento de detonadores y cargas explosivas asociadas en el lugar de la voladura. Más particularmente, la invención se refiere a la calibración de detonadores electrónicos de retardo (EDD, por sus siglas en inglés) para la precisión mejorada del accionamiento temporizado.

10 Antecedentes de la invención

El funcionamiento de los detonadores electrónicamente temporizados, también conocidos como detonadores electrónicos de retardo, o EDD, para operaciones de voladura, minería, extracción y similares se lleva a cabo convencionalmente mediante el uso de una red o arnés de cables que conecta todos los detonadores entre sí, y los dispositivos que los controlan. Normalmente, cada detonador está situado por debajo del suelo asociado con un volumen masivo de material explosivo, con una conexión hecha al arnés antes mencionado en la parte superior del orificio que contiene el explosivo.

20 Esta red cableada de arnés de superficie debe estar conectada a los detonadores en el lugar de la voladura a otros componentes tales como máquinas de voladura. Este proceso causa costos de mano de obra significativos y genera muchos de los fallos que ocurren debido a conexiones fallidas o dañadas. Además, el propio cable se convierte en una molestia. En primer lugar, evita el fácil movimiento de hombres y vehículos sobre el lugar de la voladura y se daña fácilmente. En segundo lugar, tiene que recogerse por que la eliminación no es apta para reutilización o se convierte en un material contaminante indeseable del cuerpo del mineral que se extrae.

Es por lo tanto deseable eliminar el cableado de superficie para EDD y controlar los detonadores remotamente usando algunos medios de comunicación inalámbricos. Para que los EDD sean efectivos y seguros tienen preferentemente una comunicación bidireccional con el dispositivo de control en comunicación directa con los detonadores, también conocido como máquina de voladura. A menudo, los medios de comunicación deben por lo tanto proporcionar una transferencia fiable de mensajes, desde una máquina de voladura a un gran número de EDD. Las circunstancias físicas, particularmente en la minería o extracción a cielo abierto, dan lugar a que los EDD se establezcan en patrones que pueden extenderse varios cientos de metros sobre un terreno algo irregular.

35 Los expertos en la técnica reconocen el potencial de los sistemas detonadores inalámbricos para mejoras significativas en la seguridad en el lugar de la voladura. Al evitar el uso de las conexiones físicas "cableadas" (por ejemplo, cables eléctricos, tubos de choque, LEDC o cables ópticos) entre los detonadores y otros componentes en el lugar de la voladura (por ejemplo, máquinas de voladura), se reduce la posibilidad de una configuración incorrecta del dispositivo de voladura. Con los dispositivos de voladura tradicionales "cableados", un operador de voladura requiere una habilidad y cuidado significativos para establecer las conexiones apropiadas entre los cables y los componentes del dispositivo de voladura. Además, se requiere un cuidado significativo para garantizar que los cables conducen desde la carga explosiva (y un detonador asociado) a una máquina de voladura sin interrumpirse, engancharse, dañarse u otra interferencia que pudiera impedir el control y la operación apropiados del detonador a través de la máquina de voladura adjunta. Los sistemas de voladura inalámbricos ofrecen la esperanza de sortear estos problemas.

Otra ventaja de los sistemas de voladura inalámbrica se refieren a la facilitación del establecimiento automatizado de las cargas explosivas y los detonadores asociados en el lugar de la voladura. Esto puede incluir, por ejemplo, la carga automatizada de detonadores en los hoyos y la asociación automatizada de un detonador correspondiente con cada carga explosiva. El establecimiento automatizado de una matriz de cargas explosivas y detonadores en el lugar de la voladura, por ejemplo mediante el uso de sistemas robóticos, proporcionaría mejoras dramáticas en la seguridad del lugar de la voladura, puesto que los operarios de voladura podrían establecer la matriz de voladura desde ubicaciones completamente remotas. Sin embargo, estos sistemas presentan desafíos tecnológicos formidables, muchos de los cuales siguen sin resolverse. Un obstáculo para la automatización es la dificultad de la manipulación robótica y la manipulación de detonadores en el lugar de la voladura, particularmente donde los detonadores requieren empalmes u otras formas de conexión hasta cables eléctricos, tubos de choque o similares.

Los detonadores inalámbricos y los correspondientes sistemas detonadores inalámbricos ayudarán a eludir tales dificultades, y son claramente más susceptibles a la aplicación con operaciones de minería automatizadas. Además, la configuración manual y el empalme de detonadores a través de conexiones físicas requiere mucha mano de obra intensiva, lo que requiere un tiempo significativo del tiempo del operario de la voladura. Por el contrario, los sistemas de voladura automatizados son significativamente menos intensivos en mano de obra, puesto que gran parte del procedimiento de configuración implica sistemas robóticos en lugar del tiempo del operador de la voladura.

65 Se han hecho progresos en el desarrollo de conjuntos detonadores inalámbricos y sistemas de voladura inalámbricos que son adecuados para su uso en operaciones de minería, incluyendo detonadores y sistemas que

son susceptibles de instalación automatizada en el lugar de la voladura. No obstante, los sistemas de voladura inalámbricos existentes todavía presentan significativas preocupaciones operacionales, y se requieren mejoras si los sistemas inalámbricos se convierten en una alternativa viable a los tradicionales sistemas de voladura "cableados".

Estas preocupaciones incluyen, pero no se limitan a, la calibración de detonadores para un evento de voladura temporizado. Una matriz de detonadores en un lugar de la voladura puede incluir varios, quizás cientos, de EDD, y cada uno puede programarse individualmente con un tiempo de retardo cuidadosamente seleccionado. En un momento de la voladura, una máquina de voladura (o máquinas) asociada (o asociadas) con los detonadores puede transmitir a los detonadores una señal de comando para DISPARAR en el momento en el cual los detonadores cuentan atrás sus respectivos tiempos de retardo preprogramados. Para EDD seleccionados, tales tiempos de retardo pueden programarse con una precisión de 1 ms o incluso a veces incluso mayor.

Normalmente, cada EDD en un lugar de la voladura puede tener su propio reloj interno (o de otro modo asociado individualmente) para contar hacia atrás su tiempo de retardo programado. Para representar la variación en la precisión del reloj entre relojes de detonador individuales o para cada reloj de detonador durante un periodo de tiempo, los relojes de detonador se calibran generalmente en el lugar de la voladura justo antes de la iniciación del detonador, por ejemplo, comprobando la velocidad de oscilación de cada reloj de detonador contra un reloj estándar (es decir, "maestro"). Por ejemplo, cada EDD puede haber transmitido a los mismos una señal de inicio de cuenta de calibración y una señal de paro de cuenta de calibración, en la que las señales de inicio y de paro están separadas por un intervalo de tiempo fijo conocido. Dicho método de calibración y un dispositivo asociado se divulgan en el documento WO2007051231 A1. Por ejemplo, si las señales de inicio y paro transmitidas por un reloj maestro están distanciadas 1024 ms, cada detonador puede registrar su propio conteo de reloj para el periodo intermedio de 1024 ms entre la recepción de las dos señales, y se utiliza entonces este conteo de reloj (por parte del detonador o más comúnmente por una máquina de voladura asociada) para establecer su precisión relativa al reloj maestro.

Posteriormente, cada conteo de reloj de cada detonador puede ajustarse para contar hacia atrás su tiempo de retardo programado con compensación para cualquier imprecisión en su reloj interno.

Tales técnicas de calibración son más particularmente útiles para tiempos de retardo más cortos. Sin embargo, las velocidades de reloj del detonador pueden variar algo con el tiempo, y los relojes pueden derivar relativamente entre sí si tales variaciones permanecen sin control. Por ejemplo, cada detonador tendrá su propio condensador interno, con características de tensión y de corriente extraída que afectarán al funcionamiento del reloj con el tiempo. Por lo tanto, cuando se emplean tiempos de retardo más largos, la precisión del reloj puede deteriorarse incluso después de la calibración de los relojes detonadores de acuerdo con los métodos anteriormente explicados. Esto se aplica no solo a los sistemas de voladura que emplean una red cableada de arnés de superficie, sino que también se aplica más particularmente a los sistemas detonadores inalámbricos que implican conjuntos detonadores inalámbricos, que deben alimentarse individualmente por un suministro de potencia interno dando este último, inevitablemente, otra fuente de variación en el sistema. Se deduce que se necesitan mejoras en los métodos y aparatos para la calibración del reloj del detonador.

Sumario de la invención

Es otro objeto, al menos en realizaciones preferidas, proporcionar un aparato para voladura, con calibración de detonadores para un accionamiento temporizado.

Es un objeto, al menos en realizaciones preferidas, proporcionar un método para calibrar detonadores en un lugar de la voladura, en el que dichos detonadores pueden someterse a un accionamiento temporizado.

Los objetos anteriores se logran mediante un dispositivo según la reivindicación 1 adjunta y un método según la reivindicación 8 adjunta.

Las realizaciones y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de una lectura y comprensión de toda la memoria descriptiva. La invención proporciona un aparato para llevar a cabo un evento de voladura, comprendiendo el aparato:

al menos una máquina de voladura para enviar señales de comando a una pluralidad de conjuntos detonadores asociados;
una pluralidad de conjuntos detonadores que en uso están en comunicación por señales con dicha al menos una máquina de voladura, comprendiendo cada conjunto detonador:

- (i) un detonador que incluye una carga de base conectada a un circuito de disparo;
- (ii) un componente de almacenamiento;
- (iii) un oscilador de cuenta atrás;

al menos un reloj de alta precisión en comunicación con, o formando un componente integral de, cada conjunto detonador, y comprendiendo un transmisor que en uso transmite una señal de inicio de un ensayo de voladura y

una señal de paro de un ensayo de voladura a cada oscilador de cuenta atrás de cada conjunto detonador asociado, estando dichas señales temporalmente separadas durante un periodo de tiempo que corresponde a un tiempo de retardo deseado seleccionado individualmente para cada conjunto detonador, contando cada oscilador un número de oscilaciones entre dichas señales para determinar el conteo total de oscilación para cada oscilador que corresponde a dicho tiempo de retardo deseado específico para cada conjunto detonador; en el que en uso el componente de almacenamiento almacena el conteo total del oscilador correspondiente al tiempo de retardo deseado y en el que en uso la recepción por parte de dicho al menos un conjunto detonador de una señal de comando para DISPARAR desde dicha al menos una máquina de voladura, cada oscilador de cuenta atrás contando hacia atrás su conteo total de oscilación, para lograr de este modo el accionamiento temporizado de cada detonador de acuerdo con su tiempo de retardo deseado.

Un ejemplo ilustrativo que no forma parte de la invención describe un método para calibrar un conjunto detonador para un evento de voladura, comprendiendo dicho conjunto detonador:

- (i) un detonador que incluye una carga de base conectada a un circuito de disparo;
- (ii) un componente de almacenamiento para almacenar un tiempo de retardo programado y/o el conteo total de oscilación;
- (iii) un oscilador de cuenta atrás;

en el que el método comprende las etapas de:

- (1) determinar el conteo total de oscilación para dicho oscilador de cuenta atrás correspondiente a un tiempo de retardo deseado específico para dicho conjunto detonador, comprendiendo dicha etapa de determinación:

- (1a) iniciar un reloj de alta precisión ya sea en comunicación con o formando un componente integral del conjunto detonador, y transmitir simultáneamente una señal de inicio de un ensayo de voladura a dicho oscilador de cuenta atrás para provocar que dicho oscilador empiece a contar sus oscilaciones;
- (1b) después de que haya transcurrido un periodo de tiempo correspondiente a dicho tiempo de retardo deseado, dicho reloj de alta precisión transmitirá una señal de paro de un ensayo de voladura para provocar que dicho oscilador pare de contar sus oscilaciones, proporcionando así dicho conteo total de oscilación; y

- (2) almacenar dicho conteo total de oscilación listo para que dicho oscilador cuente hacia atrás dicho conteo total de oscilación en el momento de la recepción por parte del conjunto detonador de una señal para DISPARAR, tras cuya finalización de la cuenta hacia atrás de dicho conteo total de oscilación, dicha carga de base se acciona a través de dicho circuito de disparo.

Un ejemplo ilustrativo que no forma parte de la invención describe un método para calibrar una pluralidad de conjuntos detonadores para un evento de voladura, cada conjunto detonador comprendiendo:

- (i) un detonador que incluye una carga de base conectada a un circuito de disparo;
- (ii) un componente de almacenamiento para almacenar un tiempo de retardo programado y/o el conteo total de oscilación;
- (iii) un oscilador de cuenta atrás;

en el que el método comprende las etapas de:

- (1) determinar un conteo total de oscilación para cada oscilador de cuenta atrás correspondiente a un tiempo de retardo deseado específico para cada conjunto detonador, comprendiendo dicha etapa de determinación:

- (1a) iniciar un reloj de alta precisión ya sea en comunicación con o formando un componente integral de cada conjunto detonador, y transmitir simultáneamente una señal de inicio de un ensayo de voladura a cada oscilador de cuenta atrás para provocar que cada oscilador empiece a contar sus oscilaciones;
- (1b) después de que haya transcurrido un periodo de tiempo correspondiente a cada tiempo de retardo deseado, cada reloj de alta precisión transmitirá una señal de paro de un ensayo de voladura para provocar que cada oscilador pare de contar sus oscilaciones, proporcionando así dicho conteo total de oscilación correspondiente a cada tiempo de retardo deseado para cada conjunto detonador; y

- (2) almacenar dicho conteo total de oscilación listo para que dicho oscilador cuente hacia atrás dicho conteo total de oscilación en el momento de la recepción por parte de los conjuntos detonadores de una señal para DISPARAR, tras cuya finalización de la cuenta hacia atrás de cada conteo total de oscilación, cada carga de base se acciona a través de dicho circuito de disparo, para alcanzar de este modo el accionamiento temporizado de los detonadores de acuerdo con sus tiempos de retardo deseados.

La invención además proporciona un método para programar una pluralidad de detonadores o conjuntos detonadores con tiempos de retardo, y calibrar los osciladores internos de los detonadores o conjuntos detonadores, comprendiendo el método la etapa de:

transmitir a cada detonador o conjunto detonador un par de señales que comprenden una señal de inicio de un ensayo de voladura y una señal de paro de un ensayo de voladura, estando dicho par de señales temporalmente espaciados por un periodo de tiempo equivalente a un tiempo de retardo deseado para cada detonador o conjunto detonador, en el que cada detonador o conjunto detonador cuenta y almacena un número de oscilaciones para su oscilador interno para dicho periodo de tiempo; en el que en el momento de la recepción de una señal de comando para DISPARAR, cada detonador o conjunto detonador cuenta hacia atrás su número almacenado de oscilaciones antes del accionamiento, para de este modo alcanzar su tiempo de retardo deseado.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 proporciona una vista esquemática de una realización ejemplar de un aparato de voladura.
La figura 2 proporciona una vista esquemática de una realización ejemplar de un aparato de voladura que implica conjuntos detonadores inalámbricos.
La figura 3 proporciona una realización ejemplar de un método de voladura.
La figura 4 proporciona una realización ejemplar de un método de voladura.

Definiciones:

Evento de voladura automatizado / automático: abarca todos los métodos y sistemas de voladura que son susceptibles de establecimiento a través de medios remotos, empleando por ejemplo sistemas robóticos en el lugar de la voladura. De esta manera, los operarios de voladura pueden configurar un sistema de voladura, incluyendo una serie de detonadores y cargas explosivas, en el lugar de la voladura desde una ubicación remota, y controlar los sistemas robóticos para configurar el sistema de voladura sin necesidad de estar cerca del lugar de la voladura.

Carga de base: se refiere a cualquier parte discreta de material explosivo en la proximidad de otros componentes del detonador y asociado con esos componentes de una manera que permite que el material explosivo actúe en el momento de la recepción de unas señales apropiadas desde los otros componentes. La carga de base puede retenerse dentro de una envolvente principal de un detonador, o alternativamente puede situarse sin ninguna envolvente. La carga de base puede usarse para suministrar potencia de salida a una carga externa de explosivos para iniciar la carga externa de explosivos.

Ensayo de voladura: se refiere a uno o más eventos que ocurren juntos o en secuencia antes de que se lleve a cabo un evento de voladura (que implique el accionamiento del detonador), para "practicar" o "ensayar" el evento de voladura. Por ejemplo, de acuerdo con algunos aspectos de la presente invención, un ensayo de voladura puede implicar diversas señales para permitir que un detonador o un conjunto detonador determine un número de conteos de oscilación requeridos para que el detonador o el conjunto detonador se programe con o ejecute un tiempo de retardo.

Señales de inicio y paro de un ensayo de voladura: se refieren a las señales transmitidas por parte de un reloj de alta precisión o componentes asociados para provocar que un oscilador de cuenta atrás cuente sus oscilaciones entre la recepción de las señales de inicio y paro de un ensayo de voladura. Normalmente, las señales de inicio y paro de un ensayo de voladura pueden estar temporalmente separadas por un intervalo de tiempo correspondiente a un tiempo de retardo deseado para el conjunto detonador para un evento de voladura. De esta manera, el número de oscilaciones contadas por el oscilador de cuenta atrás resultará en la determinación del conteo total de oscilación que el oscilador de cuenta atrás requiere para lograr un tiempo de retardo con un alto nivel de precisión relativo al tiempo de retardo deseado, y relativo a otros conjuntos detonadores que forman parte de la configuración del aparato de voladura para el evento de voladura.

Máquina de voladura: se refiere a cualquier dispositivo que es capaz de estar en comunicación por señales con detonadores electrónicos, para transmitir señales a y/o desde los detonadores o conjuntos detonadores asociados, normalmente pero no necesariamente desde una ubicación remota desde los detonadores, a través de comunicación por señales cableada o inalámbrica. Por ejemplo, una máquina de voladura puede transmitir señales de comando a los detonadores o conjuntos detonadores tales como las señales de ARMAR, DESARMAR, y DISPARAR. Una máquina de voladura puede transmitir datos para programar detonadores o conjuntos detonadores con información relevante a una voladura, tales como por ejemplo los tiempos de retardo, la información identificativa del detonador, etc. Una máquina de voladura puede además ser capaz de recibir información desde los detonadores o conjuntos detonadores asociados tal como la información del estado del detonador, la información de posición, la información identificativa del detonador, las señales de confirmación, o los tiempos de retardo relativos a o programados en los detonadores o conjuntos detonadores. Las señales pueden recibirse por parte de una máquina de voladura directamente desde los detonadores o conjuntos detonadores asociados. De manera alternativa, estos datos recibidos desde los detonadores o conjuntos detonadores pueden recibirse a través de un receptor asociado con o integrado con la máquina de voladura. De manera alternativa, la transferencia de datos entre una máquina de voladura y sus detonadores asociados puede al menos en parte alcanzarse a través de un registrador. La máquina de voladura puede ser la única pieza de equipamiento en el lugar de la voladura controlando una voladura, o una máquina de voladura puede trabajar en concierto con otras máquinas de voladura o con otro equipamiento de

voladura durante la preparación para y/o durante la ejecución de una voladura tal como una estación de comando central.

Estación de comando central: se refiere a cualquier dispositivo que transmite señales a través de radiotransmisión o por conexión directa, a una o más máquinas de voladura. Las señales transmitidas pueden estar codificadas o encriptadas. Normalmente, la estación de comando central permite la comunicación por radio con múltiples máquinas de voladura desde una ubicación remota desde el lugar de la voladura.

Carga / cargar / encendido: se refiere al acto de provocar que un conjunto detonador inalámbrico de la invención reciba energía desde una fuente remota, y convertir la energía en energía eléctrica que se utiliza finalmente para activar un circuito de disparo para provocar el accionamiento de una carga de base asociada en el momento de la recepción de las señales de comando apropiadas. Preferentemente, la energía se recibe a través de medios inalámbricos. La "carga" y el "encendido" tienen sustancialmente el mismo significado en el contexto de la presente invención.

Oscilador de cuenta atrás: se refiere a cualquier reloj u oscilador que se usa comúnmente en conexión con detonadores y conjuntos detonadores conocidos en la técnica para contar hacia atrás un tiempo de retardo justo antes de la iniciación del detonador. Tal reloj u oscilador normalmente puede estar expuesto a fuerzas explosivas u otras fuerzas físicas durante el uso y, por lo tanto, es preferentemente lo suficientemente robusto como para continuar funcionando al menos durante la configuración de un aparato de voladura y la ejecución preliminar de un evento de voladura. Normalmente, dicho oscilador de cuenta atrás consiste en un reloj u oscilador de bajo grado que es barato y menos preciso que un reloj de alta precisión. Sin embargo, los osciladores de cuenta atrás usados de acuerdo con la presente invención pueden funcionar a cualquier frecuencia, aunque en algunas circunstancias se puede preferir una frecuencia de 0,5 kHz a más de 100 kHz. Normalmente, un oscilador de cuenta atrás asociado con un detonador puede comprender un "oscilador de anillo" (u "oscilador RC"), por ejemplo incorporado en un circuito integrado semiconductor. Tales dispositivos pueden variar en la precisión de dispositivo a dispositivo y varían en velocidad con tensión y/o temperatura u otros factores. Por lo tanto, dichos dispositivos presentan inherentemente unos grados de precisión más bajos con respecto a los relojes de alta precisión aquí descritos. La publicación de patente internacional WO2008/138070, publicada el 20 de noviembre de 2008, proporciona una explicación adicional de osciladores y relojes que, en realizaciones seleccionadas, pueden ser utilizados de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención. Debe observarse que los aparatos de voladura y los métodos de la presente invención pueden utilizarse con cualquiera de tales osciladores y relojes de alta precisión para lograr una calibración mejorada de los detonadores para el accionamiento temporizado, incluso para aquellos que comprenden osciladores muy rápidos con velocidades de oscilación superiores a 100 kHz para una precisión de tiempo de retardo de sub-milisegundos.

Reloj de alta precisión: comprende cualquier reloj adecuado para utilizarse en conexión con un conjunto detonador, y que tiene una precisión al menos adecuada para la calibración interna de un conjunto detonador de acuerdo con las enseñanzas de la presente memoria. Por ejemplo, en realizaciones preferidas, el reloj de alta precisión puede tener un alto grado de precisión y prácticamente ninguna deriva comparado con un tiempo real (por ejemplo, menos de 1 ms de deriva por hora). En realizaciones particularmente preferidas, la expresión "reloj de alta precisión" se refiere a un reloj de cristal, por ejemplo, que comprende un cristal de cuarzo oscilante del tipo que es bien conocido, por ejemplo en relojes de cuarzo y dispositivos de temporización convencionales. Los relojes de cristal pueden proporcionar una sincronización particularmente precisa de acuerdo con aspectos preferidos de la invención, y su naturaleza frágil puede ser en parte superada por las enseñanzas de la presente solicitud, incluyendo la incorporación de un reloj de cristal en un decodificador. De acuerdo con las enseñanzas de los aparatos de voladura y los métodos aquí descritos, el reloj de alta precisión de un conjunto detonador no es necesario ni está activo durante un evento de voladura, puesto que la responsabilidad de la ejecución del tiempo de retardo se transfiere a un componente oscilador de cuenta atrás de un aparato de voladura. En otras realizaciones, la precisión del reloj de alta precisión puede conseguirse en su lugar por medio de la sincronización del reloj de alta precisión con una señal portadora transmitida ya sea sobre el arnés de cables de un aparato de voladura cableado o utilizando señales portadoras inalámbricas transmitidas de manera inalámbrica a todos los conjuntos detonadores inalámbricos de un aparato de voladura inalámbrico.

Energía electromagnética: abarca la energía de todas las longitudes de onda que se encuentran en los espectros electromagnéticos. Esto incluye las longitudes de onda de la división del espectro electromagnético de rayos γ , rayos X, ultravioletas, visibles, infrarrojos, microondas y ondas de radio, incluyendo UHF, VHF, onda corta, onda media, onda larga, VLF y ULF. Las realizaciones preferidas usan longitudes de onda que se encuentran en la división de radio, visible o por microondas del espectro electromagnético.

Detonador electrónico de retardo (EDD por sus siglas en inglés): se refiere a cualquier forma de detonador que es capaz de procesar señales, tales como señales electrónicas, originadas, por ejemplo, desde una máquina de voladura. En realizaciones preferidas, un EDD puede ser programable con tiempos de retardo (por ejemplo con un grado de precisión al ms más cercano o mejor) o con otra información para controlar la operación del EDD.

Fuente de energía: abarca cualquier fuente de energía que es capaz de transmitir energía de manera inalámbrica a un detonador con el fin de "encender" o "cargar" el detonador para disparar. En realizaciones preferidas la fuente de energía puede comprender una fuente de energía electromagnética tal como un láser.

Suministro de potencia de disparo: incluye cualquier fuente de potencia eléctrica que no proporciona potencia de forma continua, sino que proporciona potencia cuando se induce a hacerlo a través de estímulos externos. Tales fuentes de potencia incluyen, pero no se limitan a, un diodo, un condensador, una batería recargable o una batería activable. Preferentemente, una fuente de potencia de disparo es una fuente de potencia que puede cargarse y descargarse con facilidad de acuerdo con la energía recibida y otras señales. Más preferentemente, la fuente de potencia de disparo es un condensador.

Formas de energía / señales inalámbricas: se refiere a cualquier forma de energía apropiada para señales inalámbricas / comunicación inalámbrica y/o carga inalámbrica de los detonadores. Por ejemplo, tales formas de energía pueden incluir, pero no se limitan a, energía electromagnética incluyendo luz, infrarrojos, ondas de radio (incluyendo ULF) y microondas, o de manera alternativa pueden tomar alguna otra forma tal como inducción electromagnética o energía acústica. Además, las "formas" de energía pueden pertenecer al mismo tipo de energía (por ejemplo luz, infrarrojos, ondas de radio, microondas, etc.) pero implican diferentes longitudes de onda o frecuencias de la energía. En realizaciones seleccionadas, donde se utilizan comunicaciones de radio para comunicaciones a través de la roca, las señales de radio tienen una frecuencia de 100-2000 Hz, más preferentemente 200-1200 Hz.

Dispositivo de registro: incluye cualquier dispositivo adecuado para registrar información con respecto a la posición de un detonador. Preferentemente, el dispositivo de registro también puede registrar información adicional tal como, por ejemplo, los códigos de identificación para cada detonador, la información relativa al entorno del detonador, la naturaleza de la carga explosiva en relación con el detonador, etc. En realizaciones seleccionadas, un dispositivo de registro puede formar parte integrante de una máquina de voladura o, alternativamente, puede pertenecer a un dispositivo distinto tal como, por ejemplo, una unidad portátil programable que comprende medios de memoria para almacenar datos relativos a cada detonador y preferentemente medios para transferir estos datos a una estación central de comando o una o más máquinas de voladura.

Suministro de potencia de funcionamiento: se refiere a cualquier fuente de potencia que puede proporcionar un suministro continuo o constante de energía eléctrica. Esta definición abarca dispositivos que dirigen corriente tal como una batería o un dispositivo que proporciona una corriente continua o alterna. Por ejemplo, una fuente de potencia activa puede proporcionar potencia a unos medios inalámbricos para recibir y/o procesar una señal inalámbrica en un conjunto detonador inalámbrico, para permitir una recepción e interpretación fiables de señales de comando derivadas de una máquina de voladura.

Preferentemente: identifica características preferidas de la invención. A menos que se especifique lo contrario, el término preferentemente se refiere a características preferidas de las realizaciones más amplias de la invención, como se define por ejemplo mediante las reivindicaciones independientes, y otras invenciones aquí descritas.

Componente de almacenamiento: se refiere a cualquier medio (software o hardware) de un conjunto detonador para almacenar la información relevante para la calibración o ejecución de instrucciones al DISPARAR por parte del conjunto detonador. Por ejemplo, un componente de almacenamiento puede almacenar información tal como, pero no limitada a, un tiempo de retardo programado o deseado de otro modo para el conjunto detonador. Alternativa, o adicionalmente, el componente de almacenamiento puede almacenar el conteo total de oscilación determinado para el conjunto detonador, en el que el conteo total de oscilación es como se describe aquí.

Decodificador: se refiere a cualquier dispositivo que forma parte de un conjunto detonador inalámbrico que está adaptado para la ubicación en o cerca de la superficie del suelo cuando el conjunto detonador inalámbrico está en uso en un lugar de la voladura en asociación con un hoyo y la carga explosiva que se encuentra en el mismo. Los decodificadores se sitúan normalmente sobre el suelo o por lo menos en una posición dentro, en o cerca de una abertura de un hoyo. De esta manera, un decodificador es más adecuado para recibir y opcionalmente transmitir señales inalámbricas, y/o para retransmitir estas señales al detonador y a los componentes asociados en el fondo del hoyo. En realizaciones preferidas, cada decodificador comprende uno o más componentes seleccionados del conjunto detonador inalámbrico de la presente invención. Por ejemplo, un decodificador puede comprender un receptor, un transmisor o un transceptor, así como un reloj de alta precisión para calibrar el conjunto detonador inalámbrico de acuerdo con un tiempo de retardo deseado para una voladura. Opcionalmente, el decodificador puede incluir además otros componentes tales como, pero sin limitarse a, medios para almacenar un tiempo de retardo para el conjunto detonador inalámbrico, y medios para transmitir señales a un detonador asociado y componentes relacionados que también forman parte del conjunto detonador inalámbrico.

Conteo total de oscilación: se refiere a un número de conteos de un reloj de bajo grado u otro oscilador asociado con un detonador o conjunto detonador que se producen entre la recepción por parte de un conjunto detonador de una señal de inicio de un ensayo de voladura y una señal de paro de un ensayo de voladura transmitida cada una por un reloj de alta precisión o componentes asociados. Por ejemplo, el intervalo de tiempo entre las señales de inicio y de

paro de un ensayo de voladura puede, al menos en realizaciones preferidas, corresponder a un tiempo de retardo deseado para el conjunto detonador cuando la voladura tiene lugar (es decir, cuando el conjunto detonador recibe una señal de comando para DISPARAR desde una máquina de voladura asociada). De esta manera, el conteo total de oscilación para el reloj de bajo grado u otro oscilador corresponderá a un número de conteos que deben contarse por el reloj de bajo grado u oscilador para lograr el tiempo de retardo deseado en el momento de la recepción de una señal de comando para DISPARAR.

Conjunto detonador inalámbrico: se refiere en general a un conjunto que abarca un detonador, más preferentemente un detonador electrónico (que comprende normalmente al menos una envoltura de detonador y una carga de base), así como medios de recepción y procesamiento de señales inalámbricas para provocar el accionamiento de la carga de base en el momento de la recepción por parte de dicho conjunto detonador inalámbrico de una señal inalámbrica para DISPARAR desde al menos una máquina de voladura asociada. Por ejemplo, tales medios para provocar el accionamiento pueden incluir medios de recepción de señales, medios de procesamiento de señales y un circuito de disparo que se activará en el caso de una recepción de una señal de DISPARAR. Los componentes preferidos del conjunto detonador inalámbrico pueden incluir además medios para transmitir de forma inalámbrica información relativa al conjunto a otros conjuntos o a una máquina de voladura, o medios para retransmitir señales inalámbricas a otros componentes del aparato de voladura. Otros componentes preferidos de un conjunto detonador inalámbrico se harán evidentes a partir de la memoria descriptiva en su conjunto. La expresión "conjunto detonador inalámbrico" puede, en realizaciones muy específicas, pertenecer simplemente a un dispositivo de retransmisión de señal inalámbrica, sin ninguna asociación con un detonador electrónico de retardo o cualquier otra forma de detonador. En tales realizaciones, dichos dispositivos de retransmisión pueden formar líneas troncales inalámbricas para simplemente retransmitir señales inalámbricas hacia y desde máquinas de voladura, mientras que otros conjuntos detonadores inalámbricos en comunicación con los dispositivos de retransmisión pueden comprender todas las características habituales de un conjunto detonador inalámbrico, que incluye un detonador para accionamiento del mismo, que de hecho forma ramas inalámbricas en la red inalámbrica. Un conjunto detonador inalámbrico puede incluir además un decodificador tal como aquí se define, para retener componentes específicos del conjunto alejados de una parte subterránea de la parte del conjunto durante el funcionamiento y para la ubicación en una posición más adecuada para la recepción de señales inalámbricas derivadas por ejemplo de una máquina de voladura o retransmitida por otro conjunto detonador inalámbrico.

Inalámbrico: se refiere a que no hay conexiones físicas (tales como cables eléctricos, tubos de choque, LEDC o cables ópticos) que conectan el detonador de la invención o sus componentes a una máquina de voladura o fuente de potencia asociada.

Detonador de retardo electrónico inalámbrico (WEDD): se refiere a cualquier detonador electrónico de retardo que sea capaz de recibir y/o transmitir señales inalámbricas desde / hacia otros componentes de un aparato de voladura. Normalmente, un WEDD toma la forma de, o forma parte integral de, un conjunto detonador inalámbrico como aquí se describe.

Descripción detallada de la invención

La voladura de roca con fines de minería puede incluir detonadores de retardo no eléctricos o eléctricos. Hoy en día, los detonadores electrónicos de retardo (EDD) se están convirtiendo en dispositivos de detonación preferidos para la voladura debido a su fiabilidad y seguridad, así como su programabilidad, por ejemplo con tiempos de retardo que a veces tienen una precisión de 1 ms o menos. Los EDD normalmente pueden comprender un dispositivo de reloj interno de bajo grado (u otro oscilador) que requiere calibración antes de un evento de voladura, para garantizar que los tiempos de retardo individuales de los EDD se ejecutan con precisión el uno con respecto al otro. Algunos relojes pueden funcionar más rápidamente o más lentamente que otros, y su calibración antes de la voladura ayuda a evitar imprecisiones de tiempo de retardo que resultan de variaciones internas en los relojes internos de bajo grado de los EDD. Esto a su vez asegura que se realice el patrón de voladura deseado, resultando por ejemplo en la interferencia de onda de choque deseada, la fragmentación de roca eficiente y el movimiento de roca fragmentada de acuerdo con las intenciones del (de los) operario(s) de voladura. Además, la calibración de EDD justo antes de un evento de voladura ayuda a minimizar los efectos de la deriva no deseada del reloj, ya que cualquier cambio temporal en el rendimiento y la precisión del reloj se espera que sea insignificante entre la calibración EDD y la voladura.

Tradicionalmente, los EDD están calibrados con respecto a un "reloj maestro" que puede estar opcionalmente situado alejado del área de voladura, por ejemplo cerca o que forma parte de una máquina de voladura asociada o estación central de comando. Con las disposiciones de voladura cableadas o inalámbricas, una señal de inicio y una señal de paro que definen un periodo de tiempo intermedio conocido pueden transmitirse a los EDD a partir de un reloj maestro, con cada EDD contando un número de conteos u oscilaciones para su reloj interno durante un periodo de tiempo que se extiende entre la recepción de las señales de inicio y paro. Cada EDD debe posteriormente "informar" enviando señales a un dispositivo de registro (por ejemplo, formando parte de una máquina de voladura asociada, un reloj maestro u otro dispositivo) con respecto a sus conteos u oscilaciones registradas durante el periodo de tiempo. Estos datos se recogen por el dispositivo de registro normalmente alejado del lugar de la voladura de manera que el dispositivo de registro puede comparar los conteos de oscilación, y por tanto las velocidades relativas, de los relojes de bajo grado asociados con los EDD. Posteriormente, el dispositivo de registro

puede instruir individualmente a cada EDD para ajustar su tiempo de retardo programado para tener en cuenta la velocidad relativa y las imprecisiones de su reloj interno de bajo grado.

Se apreciará que tales métodos son engorrosos en varios aspectos. En primer lugar, es necesario que cada señal transmitida hacia o desde un EDD identifique específicamente el EDD, aumentando así la complejidad de las señales, y requiriendo que cada EDD y el dispositivo de registro interpreten con éxito cada señal (con respecto a qué EDD va dirigida, o de qué EDD se ha transmitido). Además, el proceso de calibración requiere que se transmita un número significativo de señales hacia y desde los EDD y el dispositivo de registro. Si bien esto puede llevarse a cabo con una facilidad comparativa en sistemas de voladura cableados, en los sistemas de voladura inalámbricos el proceso de calibración presenta un reto técnico para garantizar que todas las numerosas señales inalámbricas no se "pierdan" en tránsito o se actúe sobre ellas indebidamente por el dispositivo incorrecto. Por último, tales métodos de calibración pueden a veces ser eficaces únicamente si la máquina de voladura o el dispositivo de registro dirigen individualmente cada EDD en serie, para garantizar que las señales transmitidas hacia y desde los EDD se procesan correctamente sin confusión o complicaciones. Tales comunicaciones en serie son tediosas y pueden tardar un tiempo inaceptablemente largo en completarse, especialmente cuando hay un mayor número de EDD para la voladura. Por ejemplo, la publicación de patente internacional WO2008/098302 publicada el 21 de agosto de 2008, explica cuestiones relativas a las comunicaciones en serie en voladuras.

Los aparatos y métodos ejemplares aquí descritos pueden, al menos en realizaciones seleccionadas, modernizar la calibración EDD para instalaciones de voladura cableadas y/o inalámbricas. Estos aparatos y métodos reducen la necesidad de una transmisión de señal significativa hacia o desde los EDD en un lugar de la voladura. La calibración puede ser llevada a cabo por componentes internos o asociados estrechamente con cada EDD individual. Además, producen una mejora en la precisión de la temporización del sistema, especialmente para retardos individuales más prolongados.

Un ejemplo de realización de un aparato para llevar a cabo un evento de voladura se describirá ahora con referencia a la Figura 1. El aparato incluye al menos una máquina de voladura 11 (solo se muestra una para simplificar) para enviar señales de comando 10a, 10b, 10c a una pluralidad de conjuntos detonadores asociados. De acuerdo con cualquier realización de la presente invención, las señales de comando 10a, 10b, 10c pueden transmitirse ya sea por conexiones por cable o inalámbricas. El aparato comprende además conjuntos detonadores 12a, 12b, 12c (por simplicidad, solo tres se muestran en comunicación con una sola máquina de voladura). Además, cada conjunto detonador comprende:

- (i) un detonador 13a, 13b, 13c, que incluye una carga de base 14a, 14b, 14c conectada al circuito de disparo 15a, 15b, 15c;
- (ii) un componente de almacenamiento 16a, 16b, 16c para almacenar un tiempo de retardo programado y/o el conteo total de oscilación;
- (iii) un oscilador de cuenta atrás 17a, 17b, 17c.

El aparato comprende además al menos un reloj de alta precisión 18 (solo se muestra uno por simplicidad), cada uno de los cuales está asociado o forma un componente integral de al menos un conjunto detonador. En la realización ilustrada en la figura 1, solo se muestra un reloj de alta precisión como un componente separado pero en comunicación con cada conjunto detonador 12a, 12b, 12c. El reloj de alta precisión 18 comprende un transmisor 19 para enviar una señal de inicio de un ensayo de voladura y una señal de paro de un ensayo de voladura a cada oscilador de cuenta atrás de cada conjunto detonador asociado. Es importante destacar que el reloj de alta precisión 18 o el transmisor asociado 19 envía un par de señales de ensayo de voladura que son específicas para cada conjunto detonador, ya que cada par de señales están temporalmente separadas por un período de tiempo correspondiente a un tiempo de retardo deseado individualmente seleccionado para cada conjunto detonador.

Además, cada oscilador cuenta un número de oscilaciones entre el par de señales para determinar el conteo total de oscilación para cada oscilador, correspondiente al tiempo de retardo deseado específico para cada conjunto detonador. Por ejemplo, si se requiere que el conjunto detonador 12a tenga un tiempo de retardo de 20 ms e incluya un oscilador de cuenta atrás 17a que oscile a 1000 Hz, entonces se contarían un total de 20 oscilaciones del oscilador 17a entre la recepción de las señales de inicio de un ensayo de voladura y de paro del ensayo de voladura específicas para el conjunto detonador 12a. Por otro lado, si se requiere que el conjunto detonador 12b tenga un tiempo de retardo de 30 ms e incluya un oscilador de cuenta atrás 17b oscilando a 1200 Hz, entonces se contarían un total de 36 oscilaciones del oscilador 17b entre la recepción de las señales de inicio de un ensayo de voladura y de paro del ensayo de voladura específicas para el conjunto detonador 12b. Finalmente, si se requiere que el conjunto detonador 12a tenga un tiempo de retardo de 15 ms e incluya un oscilador de cuenta atrás 17a que oscile a 800 Hz, entonces se contarían un total de 12 oscilaciones del oscilador 17c entre la recepción de las señales de inicio de un ensayo de voladura y de paro del ensayo de voladura específicas para el conjunto detonador 12c.

Por lo tanto, se transmite un par de señales de ensayo de voladura a cada conjunto detonador, siendo cada par específico para un conjunto detonador y estando temporalmente espaciados por un período de tiempo correspondiente al tiempo de retardo deseado para el conjunto detonador cuando se ejecuta la voladura. El aparato de la presente invención permite efectivamente un "ensayo" del evento de voladura por parte de los conjuntos

detonadores, de manera que cada conjunto detonador puede determinar por sí mismo un número de conteos del oscilador interno requeridos para lograr su tiempo de retardo deseado, a través de señales recibidas desde el transmisor 19. De este modo, al recibir un par de señales de ensayo de voladura a partir del reloj de alta precisión o de los componentes asociados, cada conjunto detonador puede determinar su correspondiente conteo de oscilación total (por la duración del intervalo de tiempo entre el par de señales), y además puede calibrarse de manera sencilla y eficiente. En particular, esto se consigue a través de una comunicación unidireccional desde el reloj 18 (con el transmisor 19) a los conjuntos detonadores 12a, 12b, 12c sin necesidad de que cada detonador "informe" al reloj 18, al transmisor 19 o a otros componentes del aparato de voladura. Por lo tanto, se simplifican significativamente las comunicaciones del lugar de la voladura (por ejemplo para la programación de tiempos de retardo y calibración de los conjuntos detonadores in situ en el lugar de la voladura) en comparación con métodos anteriores, con posibilidad reducida de errores de programación o calibración.

Como se ha explicado, cada conjunto detonador 12a, 12b, 12c comprende un componente de almacenamiento 16a, 16b, 16c. Cada componente de almacenamiento puede, si es necesario, almacenar un tiempo de retardo programado para su respectivo conjunto detonador. La función primaria de cada componente de almacenamiento es almacenar, temporal o permanentemente, el conteo total de oscilación para el conjunto detonador determinado como se ha descrito anteriormente. El propósito de cada componente de almacenamiento es, por lo tanto, colocar cada conjunto detonador en un estado listo para el evento de voladura. Una vez que se ha determinado un conteo total de oscilación y almacenado por un conjunto detonador, la recepción por parte del conjunto detonador de una señal de comando para DISPARAR desde una máquina de voladura inicia su oscilador de cuenta atrás para contar hacia atrás su conteo total de oscilación, en el que tras la finalización de esta cuenta atrás se consigue el accionamiento del detonador. De esta manera, se consigue un accionamiento temporizado de cada conjunto detonador de acuerdo con los tiempos de retardo individuales deseados.

El aparato mostrado en la figura 1 es adecuado para utilizarlo en conexión tanto con dispositivos de voladura cableados como inalámbricos que implican conexiones cableadas o inalámbricas entre los conjuntos detonadores y la(s) máquina(s) de voladura. Cada conjunto detonador puede comprender o estar asociado con su propio reloj de alta precisión, o un reloj de alta precisión puede estar en comunicación con múltiples conjuntos detonadores. Además, los enlaces de comunicación entre cada conjunto detonador y su reloj de alta precisión asociado pueden implicar una comunicación por cable o inalámbrica.

Volviendo ahora a la figura 2, se muestra una realización particularmente preferida de un aparato o de la presente invención, específicamente adaptado para la comunicación inalámbrica entre cada conjunto detonador y cada máquina de voladura. Nuevamente para facilitar la ilustración, solo se muestra una única máquina de voladura y tres conjuntos detonadores. La máquina de voladura 21 está en comunicación por señales 20a, 20b, 20c de mando inalámbrica con conjuntos detonadores inalámbricos 22a, 22b, 22c. Cada conjunto detonador inalámbrico 22a, 22b, 22c incluye una parte de hoyo 40a, 40b, 40c para la colocación por debajo del suelo, por ejemplo asociada con una carga explosiva en un hoyo en la roca. Cada conjunto detonador inalámbrico 22a, 22b, 22c incluye además una parte de decodificador 41a, 41b, 41c, para la ubicación en el lugar de la voladura en o cerca de una superficie del suelo, por razones que se harán evidentes. Los componentes que forman parte de la parte del fondo del hoyo 40a, 40b, 40c y parte de decodificador 41a, 41b, 41c pueden estar en comunicación cableada o inalámbrica de corto alcance (por ejemplo, comunicación por radio) entre sí. A título de ilustración, la figura 2 muestra conexiones cableadas 32a, 32b, 32c entre la parte del fondo del hoyo 40a, 40b, 40c y el decodificador 41a, 41b, 41c.

La parte del fondo del hoyo 40a, 40b, 40c incluye un detonador 23a, 23b, 23c que incluye una carga de base 24a, 24b, 24c conectada a un circuito de disparo 25a, 25b, 25c. Incluido además en la parte del fondo del hoyo 40a, 40b, 40c hay un componente de almacenamiento 26a, 26b, 26c y un oscilador de cuenta atrás 27a, 27b, 27c, que funciona de la misma manera que los componentes ilustrados en la figura 1.

Sin embargo, en el aparato ilustrado en la figura 2, se muestra que cada decodificador 41a, 41b, 41c incluye un reloj de alta precisión 28a, 28b, 28c individual para cada conjunto detonador. De esta manera, cada reloj de alta precisión 28a, 28b, 28c forma una parte integral de cada conjunto detonador 22a, 22b, 22c y, sin embargo, cada reloj de alta precisión 28a, 28b, 28c está situado a una distancia de cada detonador correspondiente situado bajo el suelo, y se reduce así la posibilidad de daño o deterioro de la función de cada reloj de alta precisión durante un evento de voladura (por ejemplo, resultante de la roca voladora). Se deduce que tales relojes de alta precisión pueden incluir relojes de cristal, que aunque más frágiles que otros tipos de reloj u oscilador, ofrecen niveles superiores de precisión.

Debe observarse que para facilitar la ilustración en la figura 2, se muestra un decodificador en conexión con un conjunto detonador. Sin embargo, en otras realizaciones, un decodificador puede estar asociado con dos o más detonadores a través de dos o más partes del fondo del hoyo. Además, otros componentes ilustrados en la parte del fondo del hoyo 40a, 40b, 40c pueden estar situados en el decodificador 41a, 41b, 41c y viceversa. Por ejemplo, el componente de almacenamiento 26a, 26b, 26c y, opcionalmente, el oscilador de cuenta atrás 27a, 27b, 27c pueden estar situados en el decodificador 41a, 41b, 41c.

Además, ilustrados en la figura 2, y situados en el decodificador 41a, 41b, 41c, están los medios 29a, 29b, 29c para enviar una señal de inicio de un ensayo de voladura y una señal de paro de un ensayo de voladura a su oscilador de cuenta atrás 26a, 26b, 26c asociado de cada conjunto detonador asociado. Por lo tanto, cada uno de los medios 29a, 29b, 29c funciona de manera similar a los medios 19a, 19b, 19c de la figura 1, con la excepción de que solo se necesita generar un par de señales de ensayo de voladura por cada medio, puesto que están dirigidas únicamente a un único oscilador de cuenta atrás.

También ilustrado en la figura 2 y situado en el decodificador 41a, 41b, 41c está el receptor 31a, 31b, 31c para recibir al menos una señal de comando inalámbrica desde el detonador 21. Dicho receptor puede adoptar cualquier forma adecuada para recibir cualquier tipo de comando inalámbrico incluyendo, aunque sin limitarse a, señales de radio, otras formas de radiación electromagnética, etc. Aunque no ilustradas, cada decodificador puede incluir además un transmisor para transmitir señales inalámbricas a una máquina de voladura u otros componentes de un aparato de voladura, por ejemplo para informar a una máquina de voladura u otros componentes de su estado, tiempo de retardo o conteo total del oscilador determinado para el conjunto detonador. Aunque no se ilustra, cualquier receptor y transmisor puede combinarse en una única unidad transceptora.

Tampoco se ilustran en la figura 2 las fuentes de alimentación en los conjuntos detonadores inalámbricos. Dichas fuentes de alimentación pueden tomar una forma activa tal como una batería, o una forma pasiva tal como un condensador, para alimentar componentes del conjunto contenidos dentro del decodificador y/o la parte del fondo del hoyo. Por ejemplo, puede haber un suministro de potencia de funcionamiento para proporcionar potencia general para funciones del conjunto detonador inalámbrico tal como recibir señales inalámbricas, y puede haber un suministro de potencia de disparo para suministrar potencia al circuito de disparo para iniciar el detonador.

Por lo tanto, la realización ilustrada en la figura 2 abarca una realización de la invención que implica comunicación inalámbrica entre una máquina de voladura y una pluralidad de conjuntos detonadores inalámbricos. Un experto en la técnica apreciará la manera en que el aparato mostrado en la figura 2 aprovecha la presencia de un decodificador que está espacialmente separado de un detonador y componentes asociados, incluyendo cada uno un reloj de alta precisión como un componente integral del decodificador para la calibración de un reloj u oscilador de grado inferior asociado directamente con el detonador en el fondo de un hoyo en la roca. Esta configuración presenta ventajas significativas. Por ejemplo, una vez que el conjunto detonador se ha programado con su tiempo de retardo deseado, las etapas siguientes de la calibración y de la voladura no requieren ninguna entrada adicional de fuentes externas (a excepción quizás de la necesidad de recibir una señal de comando para DISPARAR desde una máquina de voladura). Por el contrario, la calibración del conjunto detonador inalámbrico se lleva a cabo internamente usando componentes dentro del conjunto detonador inalámbrico. Por lo tanto, la necesidad de una comunicación cruzada entre una máquina de voladura, reloj maestro u otro dispositivo para calibrar cada conjunto detonador inalámbrico se reduce significativamente o se elimina sustancialmente. El decodificador se "instruye" (por ejemplo, a través de una señal de radio u otro medio de señalización remota) para realizar la calibración. Preferiblemente, puede suministrar potencia a su(s) detonador(es) asociado(s) para cargar un condensador a una tensión de trabajo, y retirar entonces el suministro eléctrico adicional, emulando de este modo el comportamiento del conjunto detonador inalámbrico en el momento de la voladura. Efectivamente, el uso de las señales de inicio y de paro de un ensayo de voladura separadas por un período de tiempo entero para el tiempo de retardo deseado, el conjunto detonador "ensaya" el evento de voladura como una etapa de calibración teniendo en cuenta todas las variables específicas del detonador, cuando sea posible. El detonador es entonces capaz de usar el "conteo de oscilación total" para la voladura ensayada con el fin de su tiempo real de retardo para el evento de voladura, que al menos en las realizaciones preferidas puede ocurrir solo unos momentos más tarde. Los métodos y aparatos de la invención por lo tanto emplean un "retardo completo de calibración", por lo que cada conjunto detonador se calibra basándose en su tiempo de retardo completo. De esta manera, los detonadores se pueden calibrar en paralelo entre sí con relativa facilidad.

Con continua referencia a la figura 2, la calibración puede comenzar tan pronto como se haya programado un conjunto detonador con un tiempo de retardo deseado para la voladura. Si todos los conjuntos detonadores se han programado con sus tiempos de retardo, entonces la calibración puede comenzar en cualquier momento, con el operador de la voladura a salvo en el conocimiento de que cada evento de calibración está ocurriendo como un evento interno dentro de cada conjunto detonador, sin la necesidad de "charla" alguna o excesiva (por ejemplo, señales inalámbricas) entre los componentes del aparato de voladura. Por lo tanto, el aparato utiliza el tiempo eficientemente, puesto que la máquina de voladura no necesita dirigirse a cada conjunto detonador individual a su vez. Más bien, la calibración de todos los conjuntos detonadores puede ocurrir simultáneamente, si se desea y es apropiado. Alternativamente, también puede ser ventajoso y rentable calibrar aquellos conjuntos detonadores con los tiempos de retardo más largos primero, con la calibración de otros conjuntos detonadores comenzando poco después.

Normalmente, la precisión de los relojes de alta precisión se logra en virtud de las características internas de los relojes de alta precisión. Por ejemplo, tales relojes de alta precisión pueden ser relojes de cristal. En otras realizaciones, la precisión del reloj de alta precisión puede lograrse no en virtud de las características internas y la precisión del reloj de alta precisión, sino más bien por medio de la sincronización del reloj de alta precisión con una señal portadora transmitida ya sea sobre el arnés de cables de un aparato de voladura por cable, o utilizando

señales portadoras inalámbricas transmitidas de forma inalámbrica a todos los conjuntos detonadores inalámbricos de un aparato de voladura inalámbrico.

Por lo tanto, para mayor certeza, las realizaciones ejemplares seleccionadas proporcionan un aparato para llevar a cabo un evento de voladura, comprendiendo el aparato:

al menos una máquina de voladura para enviar señales de comando a una pluralidad de conjuntos detonadores asociados;
una pluralidad de conjuntos detonadores en comunicación por señales con al menos dicha máquina de voladura, comprendiendo cada conjunto detonador:

- (i) un detonador que incluye una carga de base conectada a un circuito de disparo;
- (ii) un componente de almacenamiento para almacenar un tiempo de retardo programado y/o el conteo total de oscilación;
- (iii) un oscilador de cuenta atrás;

al menos un reloj de alta precisión, cada uno de los cuales está en comunicación con, o forma parte integral de, al menos un conjunto detonador, y que comprende medios para enviar una señal de inicio de un ensayo de voladura y una señal de paro de un ensayo de voladura a cada oscilador de cuenta atrás de cada conjunto detonador asociado, estando dichas señales temporalmente separadas por un periodo de tiempo correspondiente a un tiempo de retardo deseado seleccionado individualmente para cada conjunto detonador, cada oscilador contando un número de oscilaciones entre dichas señales para determinar el conteo total de oscilación para cada oscilador correspondiente a dicho tiempo de retardo deseado específico para cada conjunto detonador;

después de lo cual la recepción por parte de dicho por lo menos un conjunto detonador de una señal de comando para DISPARAR desde dicha por lo menos una máquina de voladura, cada oscilador de cuenta atrás contando su conteo total de oscilación, para alcanzar así el accionamiento temporizado de cada detonador de acuerdo con su tiempo de retardo deseado.

En realizaciones preferidas, cada conjunto detonador es un conjunto detonador inalámbrico para la comunicación inalámbrica con la máquina de voladura, comprendiendo cada uno además: un suministro de potencia de funcionamiento; un receptor para recibir al menos una señal de comando desde dicha al menos una máquina de voladura; y opcionalmente un transmisor para transmitir al menos una señal inalámbrica a dicha al menos una máquina de voladura.

De acuerdo con cualesquiera realizaciones de los aparatos aquí descritos, la al menos una señal de comando se selecciona de una señal para ARMAR, DESARMAR, CALIBRAR, o DISPARAR, o una señal que confiere a cada conjunto detonador inalámbrico un tiempo de retardo deseado. Las señales transmitidas desde cada conjunto detonador (si están presentes) pueden incluir el conteo total del oscilador para cada conjunto detonador para el registro por parte de la al menos una máquina de voladura.

Además, de acuerdo con la presente invención, cada conjunto detonador inalámbrico incluye preferentemente un decodificador adaptado para posicionarse cerca o por encima de una superficie del suelo cuando el conjunto detonador inalámbrico está en el lugar de la voladura, estando cada decodificador en comunicación con dicho detonador situado debajo de un hoyo debajo de una superficie del suelo, conteniendo cada decodificador al menos el reloj de alta precisión. Por ejemplo, en la publicación de patente internacional WO2006/076777, publicada el 27 de julio de 2006, se pueden encontrar más enseñanzas con respecto al uso de decodificadores de acuerdo con conjuntos detonadores inalámbricos. Cada decodificador preferentemente comprende medios de carga y cada detonador preferentemente comprende además un suministro de potencia de disparo asociado con cada circuito de disparo de cada detonador, de manera que tras la transmisión de dicha señal de inicio de ensayo de voladura, dichos medios de carga cargan dicho suministro de potencia de disparo y entonces quitan potencia a dicho detonador y componentes asociados, para imitar de este modo dicho evento de voladura al menos durante dicho periodo de tiempo entre dichas señales de inicio y paro de un ensayo de voladura.

De acuerdo con cualesquiera realizaciones de los aparatos y métodos de la presente invención, cualesquiera señales transmitidas en el lugar de la voladura a través de medios inalámbricos pueden incluir opcionalmente alguna forma de codificación o identificación para facilitar su recepción y procesamiento por detonadores apropiados o conjuntos detonadores inalámbricos. Por ejemplo, cada señal de inicio y paro de ensayo de voladura puede, en realizaciones seleccionadas, dirigirse solamente a uno o unos pocos conjuntos detonadores presentes en el lugar de la voladura. Cada conjunto detonador puede "comprobar" la codificación o identificación de cada señal recibida para confirmar si se requiere o no que actúe en respuesta a cada señal.

En otras realizaciones, puede ser innecesaria la codificación o identificación adicional de cada señal de inicio y paro de ensayo de voladura. Por ejemplo, cada conjunto detonador inalámbrico en un lugar de la voladura puede preprogramarse con un tiempo de retardo específico y las señales de inicio y paro de un ensayo de voladura pueden definir una serie de periodos de tiempo prácticamente equivalentes a los tiempos de retardo preprogramados, de

manera que cada conjunto detonador inalámbrico puede calibrar su oscilador interno al período de tiempo que más se aproxima a su tiempo de retardo preprogramado. Por ejemplo, si diez conjuntos detonadores inalámbricos están presentes en el lugar de la voladura, preprogramados individualmente con tiempos de retardo de 5 ms, 10 ms, 15 ms, 20 ms etc., entonces la deriva de los osciladores internos de hasta 1 ms podría ser corregida fácilmente por calibración a una serie de señales de inicio y paro de un ensayo de voladura que definen con precisión una serie de períodos de tiempo de 5 ms, 10 ms, 15 ms, 20 ms, etc.

Los aparatos y métodos de la presente invención son adecuados para calibrar los osciladores internos o detonadores y conjuntos detonadores independientemente de su velocidad de oscilación, e independientemente del grado de precisión requerido para los tiempos de retardo. En realizaciones seleccionadas, los osciladores internos pueden oscilar a una velocidad de unos pocos cientos o unos pocos miles de Hz, logrando así una precisión del tiempo de retardo a la milésima de segundo más próxima, o a los diez o cien milisegundos más próximos. En otras realizaciones adicionales, la precisión de los tiempos de retardo puede aumentarse significativamente mediante el uso de osciladores internos mucho más rápidos, incluyendo aquellos que pueden exceder los 100 kHz. De esta manera, es posible obtener y calibrar detonadores para tiempos de retardo que tienen una precisión de menos de un milisegundo, por ejemplo a la décima o centésima de milisegundo más próxima. La publicación de patente internacional WO2008/138070, publicada el 20 de noviembre de 2008, proporciona una explicación adicional de osciladores y relojes que, en realizaciones seleccionadas, pueden ser utilizados de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención. Debe observarse que los aparatos de voladura y los procedimientos de la presente invención pueden utilizarse con cualquiera de tales osciladores y relojes de alta precisión para conseguir una calibración mejorada de los detonadores para el accionamiento temporizado, incluso para aquellos que comprenden osciladores muy rápidos con velocidades de oscilación de más de 100 kHz para una precisión de tiempo de retardo inferior a milisegundos.

La transmisión de las señales de inicio y paro de un ensayo de voladura a los detonadores o conjuntos detonadores puede llevarse a cabo de cualquier manera para alcanzar el tiempo de retardo deseado. Por ejemplo, cada par de señales puede ser transmitido por separado y en serie a cada detonador o conjunto detonador inalámbrico. Alternativamente, las señales pueden transmitirse en paralelo, siempre y cuando puedan diferenciarse apropiadamente por cada detonador o conjunto detonador como se ha explicado anteriormente. Si las señales se transmiten en paralelo, entonces puede ser ventajoso transmitir una sola señal de inicio de ensayo de voladura a todos los detonadores o conjuntos detonadores (o transmitir múltiples señales de inicio de un ensayo de voladura simultáneamente a todos los detonadores o conjuntos detonadores) con escalonamiento temporal de las señales de paro de un ensayo de voladura para lograr la programación y la calibración para diferentes tiempos de retardo.

Alternativamente, puede preferirse escalonar la transmisión de las señales de inicio de un ensayo de voladura de modo que pueda transmitirse una sola señal de paro de ensayo de voladura a todos los detonadores o conjuntos detonadores (o pueden transmitirse múltiples señales de paro de un ensayo de voladura al mismo tiempo a todos los detonadores o conjuntos detonadores) para parar el proceso de programación / calibración.

Otras realizaciones ejemplares incluyen métodos que incluyen etapas que corresponden al uso de los aparatos aquí divulgados. Por ejemplo, se describe un método de este tipo con referencia a la figura 3. Este método es para calibrar un conjunto detonador para un evento de voladura, comprendiendo dicho conjunto detonador:

- (i) un detonador que incluye una carga de base conectada a un circuito de disparo;
- (ii) un componente de almacenamiento para almacenar un tiempo de retardo programado y/o el conteo total de oscilación;
- (iii) un oscilador de cuenta atrás.

Específicamente, el método comprende:

en la etapa 101 de la figura 3, determinar el conteo total de oscilación para dicho oscilador de cuenta atrás correspondiente a un tiempo de retardo deseado específico para dicho conjunto detonador, comprendiendo dicha etapa de determinación:

en la etapa 101a iniciar un reloj de alta precisión ya sea en comunicación con o formando un componente integral del conjunto detonador, y transmitir simultáneamente una señal de inicio de un ensayo de voladura a dicho oscilador de cuenta atrás para provocar que dicho oscilador empiece a contar sus oscilaciones; en la etapa 101b después de que haya transcurrido un período de tiempo correspondiente a dicho tiempo de retardo deseado, dicho reloj de alta precisión, transmitir una señal de paro de un ensayo de voladura para provocar que dicho oscilador pare de contar sus oscilaciones, proporcionando así dicho conteo total de oscilación; y en la etapa 102 almacenar dicho conteo total de oscilación listo para que dicho oscilador cuente hacia atrás dicho conteo total de oscilación en el momento de la recepción por parte del conjunto detonador de una señal para DISPARAR, en el que en el momento de la finalización de cuenta atrás de dicho conteo total de oscilación, dicha carga de base se acciona a través de dicho circuito de disparo.

En realizaciones preferidas del método, el conjunto detonador es un conjunto detonador inalámbrico para la comunicación inalámbrica con la máquina de voladura, comprendiendo además:

- 5 un suministro de potencia de funcionamiento;
- un receptor para recibir al menos una señal de comando desde dicha al menos una máquina de voladura; y
- opcionalmente un transmisor para opcionalmente transmitir al menos una señal inalámbrica a dicha al menos una máquina de voladura para el registro de este modo.

10 En otras realizaciones preferidas, el conjunto detonador inalámbrico incluye un decodificador adaptado para colocarse cerca o encima de la superficie del suelo cuando el conjunto de detonador inalámbrico está en el lugar de la voladura, estando el decodificador en comunicación con dicho detonador posicionado en el fondo de un hoyo por debajo de una superficie del suelo, conteniendo el decodificador al menos el reloj de alta precisión, en el que las etapas (1a) y (1b) del método comprenden la transmisión de dichas señales de inicio y de paro de ensayo de voladura desde dicho decodificador a través de una conexión cableada o inalámbrica con dicho detonador asociado

15 situado en el fondo de dicho hoyo. En realizaciones seleccionadas, cada decodificador puede comprender además medios de carga y cada detonador puede comprender además un suministro de potencia de disparo asociado con cada circuito de disparo de cada detonador, de manera que en la etapa (1a) del método, en el momento de la transmisión de dicha señal de inicio de ensayo de voladura dicho medio de carga realiza la carga de dicho suministro de potencia de disparo y después quita potencia a dicho detonador y componentes asociados, imitando de ese modo dicho evento de voladura al menos durante dicho periodo de tiempo entre dichas señales de inicio y paro de un ensayo de voladura. De esta manera, la función y el estado del conjunto detonador se asemejan mucho al comportamiento del conjunto detonador en el momento de la voladura (es decir, tras la recepción de una señal de comando para DISPARAR).

25 Durante la voladura, los enlaces de comunicación cableados o en el caso de la voladura inalámbrica, los aparatos de enlaces de comunicación con componentes superficiales tales como decodificadores, pueden interrumpirse debido a la fuerza de la voladura, el movimiento de la roca etc. Como tal, el suministro de potencia proporcionado sobre el arnés cableado o desde un decodificador a un detonador no puede mantenerse de forma fiable una vez que la cuenta atrás para el disparo (por ejemplo, la cuenta atrás de los tiempos de retardo) se ha iniciado. Al cargar el

30 circuito de disparo del detonador y retirar la potencia durante la etapa de calibración, el objetivo es imitar de cerca el estado y la transferencia de potencia entre los componentes del conjunto detonador durante la voladura, de manera que la determinación del conteo total del oscilador para un tiempo de retardo deseado es tan precisa y tan apropiada como sea posible para el evento de voladura real.

35 Otra realización ejemplar de un método se ilustra haciendo referencia a la figura 4. Este método es para calibrar una pluralidad de conjuntos detonadores para un evento de voladura, cada conjunto detonador comprendiendo:

- (i) un detonador que incluye una carga de base conectada a un circuito de disparo;
- (ii) un componente de almacenamiento para almacenar un tiempo de retardo programado y/o el conteo total de
- 40 oscilación;
- (iii) un oscilador de cuenta atrás.

El método comprende las etapas de:

45 en la etapa 111 determinar el conteo total de oscilación para cada oscilador de cuenta atrás correspondiente a un tiempo de retardo deseado específico para cada conjunto detonador, comprendiendo dicha etapa de determinación:

50 en la etapa 111a iniciar un reloj de alta precisión ya sea en comunicación con o formando un componente integral de cada conjunto detonador, y transmitir simultáneamente una señal de inicio de un ensayo de voladura a cada oscilador de cuenta atrás para provocar que cada oscilador empiece a contar sus oscilaciones;

55 en la etapa 111b después de que haya transcurrido un periodo de tiempo correspondiente a cada tiempo de retardo deseado cada reloj de alta precisión, transmitir una señal de paro de un ensayo de voladura para provocar que cada oscilador pare de contar sus oscilaciones, proporcionando así dicho conteo total de oscilación correspondiente a cada tiempo de retardo deseado para cada conjunto detonador; y

60 en la etapa 112 almacenar dichos conteos totales de oscilación listos para que dichos osciladores cuenten hacia atrás dichos conteos de oscilación total en el momento de la recepción por parte de los conjuntos detonadores de una señal para DISPARAR, en el que en el momento de la finalización de cuenta atrás de cada conteo total de oscilación, cada carga de base se acciona a través de dicho circuito de disparo, para alcanzar de este modo el accionamiento temporizado de los detonadores de acuerdo con sus tiempos de retardo deseados.

65 En otra realización ejemplar se proporciona un método para programar una pluralidad de detonadores o conjuntos detonadores con tiempos de retardo, y calibrar los osciladores internos de los detonadores o conjuntos detonadores, el método comprendiendo la etapa de:

- transmitir a cada detonador o conjunto detonador un par de señales comprendiendo una señal de inicio de ensayo de voladura y una señal de paro de ensayo de voladura, estando dicho par de señales temporalmente espaciadas por un periodo de tiempo equivalente a un tiempo de retardo deseado para cada detonador o conjunto detonador, en el que cada detonador o conjunto detonador cuenta y almacena un número de oscilaciones para su oscilador interno durante dicho periodo de tiempo;
- 5 en el que en el momento de la recepción de una señal de comando para DISPARAR, cada detonador o conjunto detonador cuenta hacia atrás su número almacenado de oscilaciones antes del accionamiento, para alcanzar de este modo su tiempo de retardo deseado.
- 10 Preferentemente, las señales de inicio y paro de un ensayo de voladura se transmiten mediante un transmisor asociado con un reloj de alta precisión, y en realizaciones seleccionadas los osciladores internos de los detonadores pueden oscilar con una frecuencia de 0,5 kHz a más de 100 kHz. En otras realizaciones seleccionadas, al menos una señal de inicio de ensayo de voladura o al menos una señal de paro de ensayo de voladura está / están codificada/s para la recepción y/o el procesamiento por parte de uno o más detonadores o conjuntos detonadores
- 15 seleccionados, para la programación individual de detonadores con tiempos de retardo.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para llevar a cabo un evento de voladura, comprendiendo el aparato:

- 5 al menos una máquina de voladura (11) que, en uso, envía señales de comando (10a,10b,10c) a una pluralidad de conjuntos detonadores (12a,12b,12c) asociados;
una pluralidad de conjuntos detonadores (12a,12b,12c) que en uso están en comunicación por señales con dicha al menos una máquina de voladura (11), comprendiendo cada conjunto detonador (12a,12b,12c):
- 10 (i) un detonador (13a,13b,13c) que incluye una carga de base (14a,14b,14c) conectada a un circuito de disparo (15a,15b,15c);
(ii) un componente de almacenamiento (16a,16b,16c);
(iii) un oscilador de cuenta atrás (17a,17b,17c);
- 15 al menos un reloj de alta precisión (18) en comunicación con o formando un componente integral de cada conjunto detonador (12a,12b,12c), y comprendiendo un transmisor (19) que en uso transmite una señal de inicio de ensayo de voladura y una señal de paro de ensayo de voladura a cada oscilador de cuenta atrás (17a,17b,17c) de cada conjunto detonador (12a,12b,12c) asociado, estando dichas señales temporalmente separadas por un periodo de tiempo que corresponde a un tiempo de retardo deseado seleccionado
- 20 individualmente para cada conjunto detonador (12a,12b,12c), contando cada oscilador (17a,17b,17c) un número de oscilaciones entre dichas señales para determinar el conteo total de oscilación para cada oscilador (17a,17b,17c) que corresponde a dicho tiempo de retardo deseado,
en el que, en uso, el componente de almacenamiento (16a,16b,16c) almacena el conteo total del oscilador que corresponde al tiempo de retardo deseado y en el que, en uso, la recepción por parte de dicho al menos un
- 25 conjunto detonador (12a,12b,12c) de una señal de comando para DISPARAR desde dicha al menos una máquina de voladura (11), cada oscilador de cuenta atrás (17a,17b,17c) contando hacia atrás su conteo total de oscilación, para alcanzar de este modo el accionamiento temporizado de cada detonador (13a,13b,13c) de acuerdo con su tiempo de retardo deseado.
- 30 2. El aparato de la reivindicación 1, en el que cada conjunto detonador (12a,12b,12c) es un conjunto detonador inalámbrico para la comunicación inalámbrica con la máquina de voladura (11), comprendiendo cada uno además:
- un suministro de potencia de funcionamiento;
un receptor para recibir dichas señales de inicio y paro de un ensayo de voladura; y
- 35 opcionalmente un transmisor para transmitir al menos una señal inalámbrica a dicha al menos una máquina de voladura (11).
3. El aparato de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la al menos una señal de comando se selecciona desde una señal para ARMAR, DESARMAR, CALIBRAR, o DISPARAR, o una señal que confiere a cada conjunto
- 40 detonador inalámbrico (22a,22b,22c) un tiempo de retardo deseado.
4. El aparato de la reivindicación 2, en el que la al menos una señal inalámbrica transmitida desde cada conjunto detonador (12a,12b,12c) incluye el conteo total del oscilador para cada conjunto detonador (12a,12b,12c) para la inscripción por parte de la al menos una máquina de voladura (11).
- 45 5. El aparato de la reivindicación 2, en el que cada conjunto detonador inalámbrico (22a,22b,22c) incluye un decodificador (41a,41b,41c) adaptado para posicionarse cerca o encima de una superficie del suelo cuando el conjunto detonador inalámbrico (22a,22b,22c) está en el lugar de la voladura, estando cada decodificador (41a,41b,41c) en comunicación con un detonador (23a,23b,23c) posicionado en el fondo de un hoyo (40a,40b,40c)
- 50 por debajo de una superficie del suelo, cada decodificador (41a,41b,41c) conteniendo al menos uno de dicho al menos un reloj de alta precisión (28a,28b,28c).
6. El aparato de la reivindicación 5, en el que cada decodificador (41a,41b,41c) comprende además unos medios de carga y cada detonador (23a,23b,23c) comprende además un suministro de potencia de disparo asociado con cada
- 55 circuito de disparo (15a,15b,15c) de cada detonador (23a,23b,23c), de manera que en el momento de la transmisión de dicha señal de inicio de un ensayo de voladura dichos medios de carga realizan la carga de dicho suministro de potencia de disparo y entonces quitan potencia a dicho detonador (23a,23b,23c) y componentes asociados, para imitar de este modo dicho evento de voladura al menos durante dicho periodo de tiempo entre dichas señales de inicio y paro de un ensayo de voladura.
- 60 7. El aparato de la reivindicación 1, en el que cada oscilador de cuenta atrás (17a,17b,17c) tiene una frecuencia de desde 0,5 kHz a más de 100 kHz.
8. Un método para programar una pluralidad de detonadores (13a,13b,13c) o conjuntos detonadores (12a,12b,12c) con tiempos de retardo, y calibrar los osciladores internos de los detonadores (13a,13b,13c) o conjuntos
- 65 detonadores (12a,12b,12c), comprendiendo el método la etapa de:

(1a) transmitir a cada detonador (13a,13b,13c) o conjunto detonador (12a,12b,12c) un par de señales que comprenden una señal de inicio de un ensayo de voladura y una señal de paro de un ensayo de voladura, estando dicho par de señales temporalmente espaciado por un periodo de tiempo equivalente a un tiempo de retardo deseado para cada detonador (13a,13b,13c) o conjunto detonador (12a,12b,12c), en el que cada detonador (13a,13b,13c) o conjunto detonador (12a,12b,12c) cuenta y almacena un número de oscilaciones para su oscilador interno durante dicho periodo de tiempo, en el que en el momento de la recepción de una señal de comando para DISPARAR, cada detonador (13a,13b,13c) o conjunto detonador (12a,12b,12c) cuenta hacia atrás su número almacenado de oscilaciones antes del accionamiento, para alcanzar de este modo su tiempo de retardo deseado.

9. El método de la reivindicación 8, en el que las señales de inicio y paro de un ensayo de voladura se transmiten mediante un transmisor (19) asociado con un reloj de alta precisión (18).

10. El método de la reivindicación 9, en el que los osciladores internos de los detonadores (13a,13b,13c) oscilan con una frecuencia de 0,5 kHz a más de 100 kHz.

11. El método de la reivindicación 10, en el que al menos una señal de inicio de un ensayo de voladura o al menos una señal de paro de un ensayo de voladura está/están codificada/s para la recepción y/o el procesamiento por parte de uno o más detonadores (13a,13b,13c) o conjuntos detonadores (12a,12b,12c) seleccionados, para la programación individual de detonadores (13a,13b,13c) o conjuntos detonadores (12a,12b,12c) con tiempos de retardo.

12. El método de la reivindicación 8, en el que cada conjunto detonador (12a,12b,12c) es un conjunto detonador inalámbrico (22a,22b,22c) para la comunicación inalámbrica con la máquina de voladura (21), comprendiendo cada uno además:

un suministro de potencia de funcionamiento;
un receptor para recibir dichas señales de inicio y paro de un ensayo de voladura; y
opcionalmente un transmisor para transmitir opcionalmente al menos una señal inalámbrica a dicha al menos una máquina de voladura (21) para la inscripción de este modo.

13. El método de la reivindicación 12, en el que cada conjunto detonador inalámbrico (22a,22b,22c) incluye un decodificador (41a,41b,41c) adaptado para posicionarse cerca o encima de una superficie del suelo cuando el conjunto detonador inalámbrico (22a,22b,22c) está en el lugar de la voladura, estando el decodificador (41a,41b,41c) en comunicación con dicho detonador (23a,23b,23c) posicionado en el fondo de un hoyo (40a,40b,40c) por debajo de una superficie del suelo, el decodificador (41a,41b,41c) conteniendo al menos un reloj de alta precisión (28a,28b,28c), en el que la etapa (1a) del método comprende la transmisión de dichas señales de inicio y paro de un ensayo de voladura desde dicho decodificador (41a,41b,41c) a través de conexión cableada o inalámbrica con dicho detonador (23a,23b,23c) asociado situado en el fondo de dicho hoyo (40a,40b,40c).

14. El método de la reivindicación 13, en el que cada decodificador (41a,41b,41c) comprende además medios de carga y cada detonador (23a,23b,23c) comprende además un suministro de potencia de disparo asociado con cada circuito de disparo (25a,25b,25c) de cada detonador (23a,23b,23c), de manera que en la etapa (1a) del método, en el momento de la transmisión de dicha señal de inicio de un ensayo de voladura dichos medios de carga cargan dicho suministro de potencia de disparo y entonces quitan potencia a dicho detonador (23a,23b,23c) y componentes asociados, imitando de este modo dicho evento de voladura al menos durante dicho periodo de tiempo entre dichas señales de inicio y paro de un ensayo de voladura.

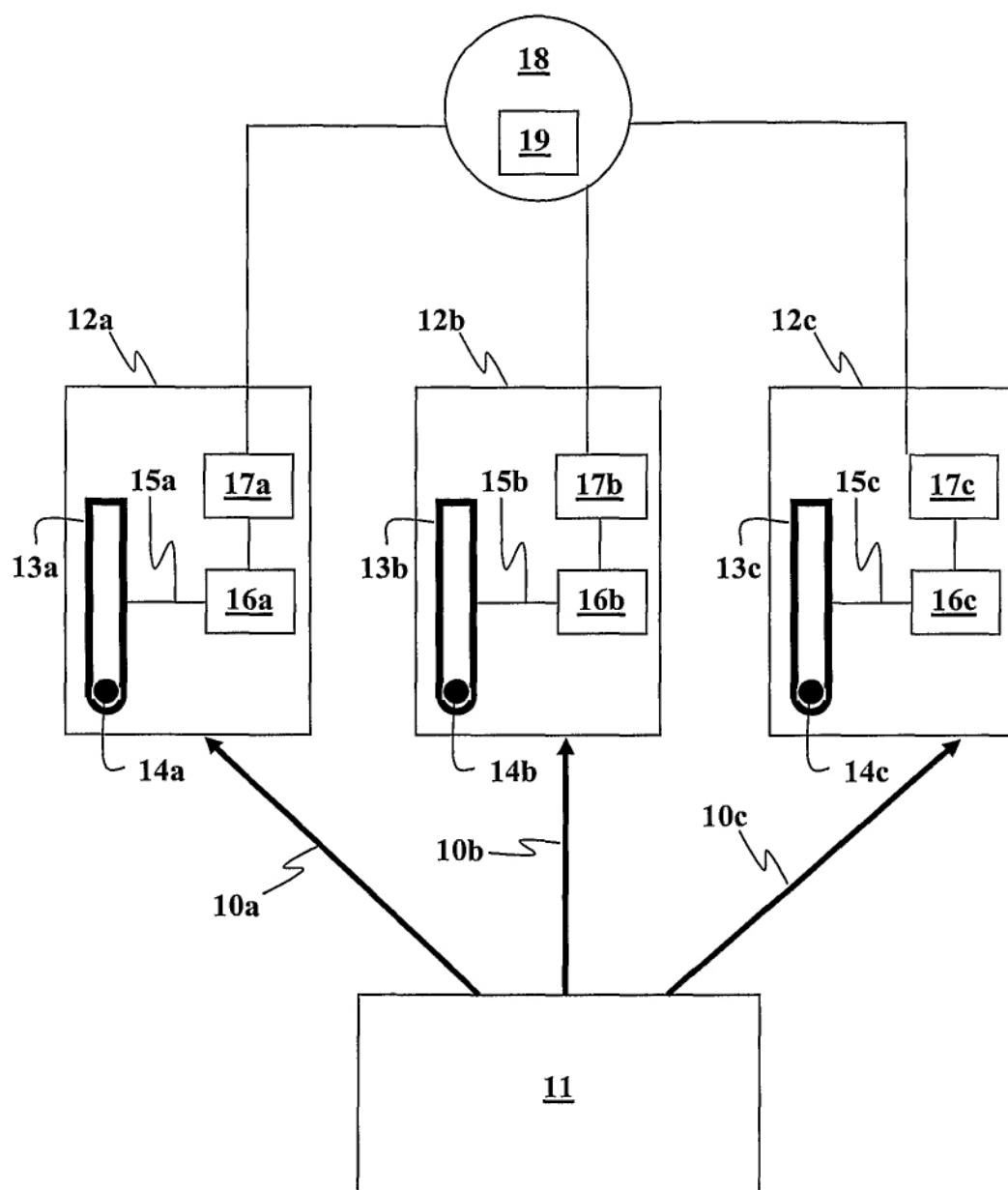


Fig. 1

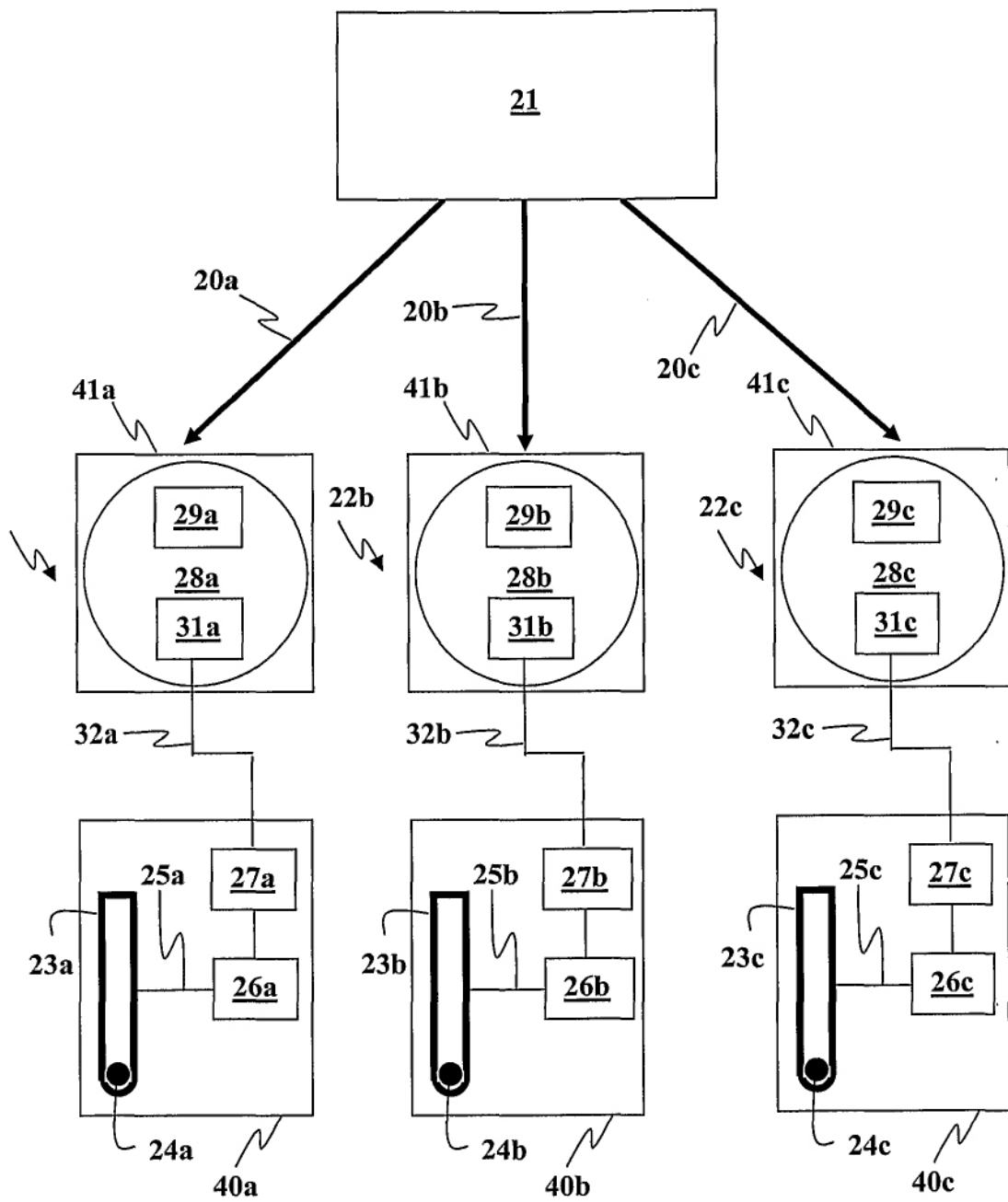


Fig. 2

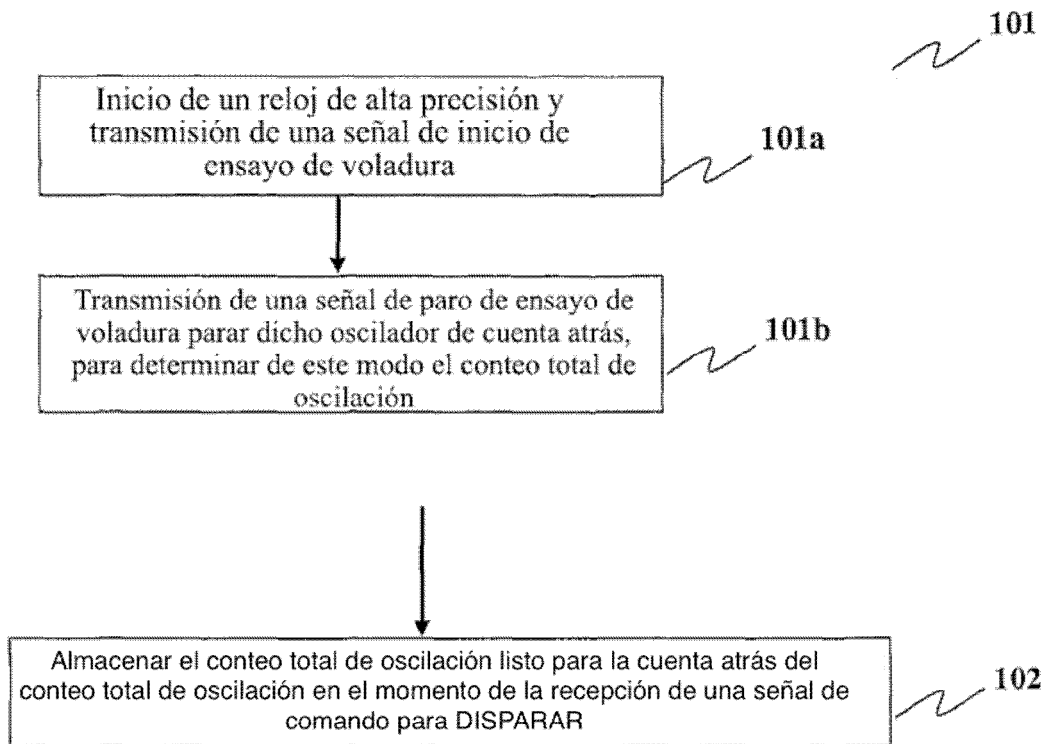


Fig. 3

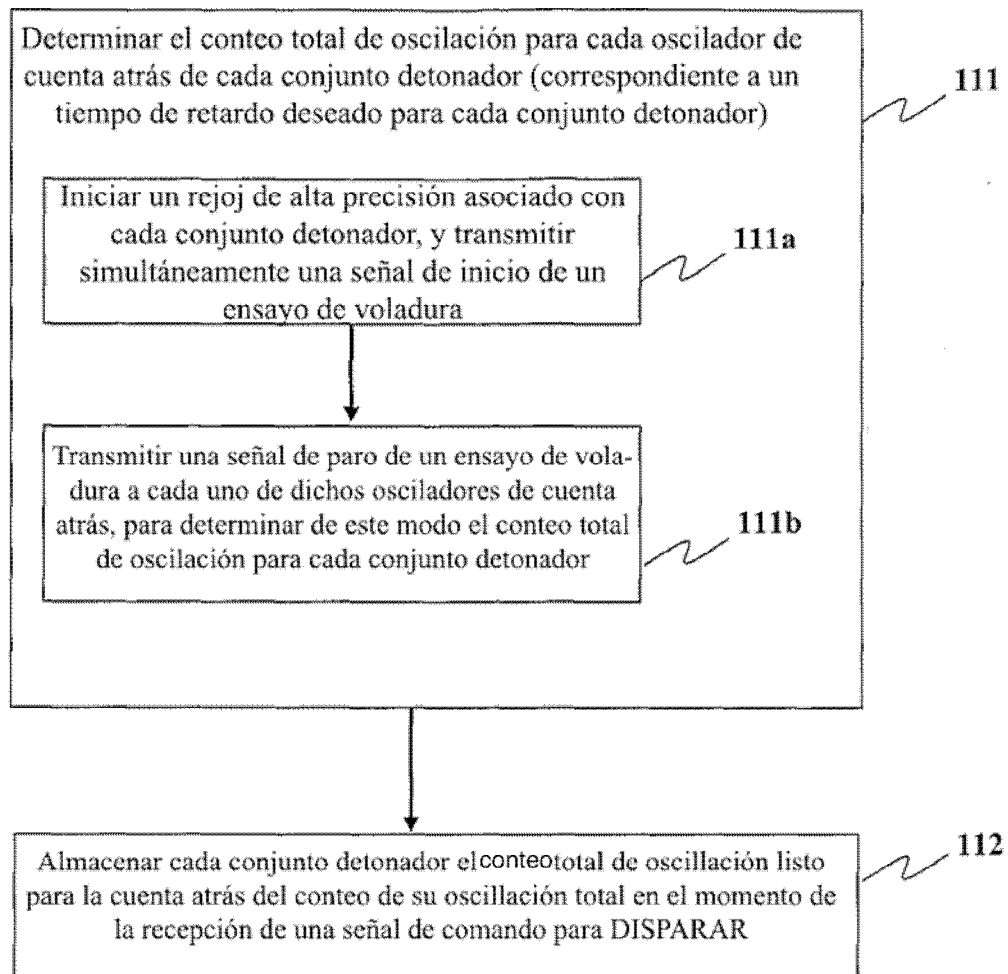


Fig. 4