

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 533**

51 Int. Cl.:

**F42D 1/045** (2006.01)

**F42D 1/055** (2006.01)

**F42D 5/00** (2006.01)

**F42C 15/42** (2006.01)

**F42D 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2008 E 08706078 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2015 EP 2115384**

54 Título: **Conjunto detonador, aparato de voladura y método correspondiente**

30 Prioridad:

**16.02.2007 US 902008 P**

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

**10.07.2015**

73 Titular/es:

**ORICA EXPLOSIVES TECHNOLOGY PTY LTD  
(100.0%)  
1 NICHOLSON STREET  
MELBOURNE, VIC 3000, AU**

72 Inventor/es:

**HUMMEL, DIRK y  
LOWNDS, CHARLES MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 540 533 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**

Conjunto detonador, aparato de voladura y método correspondiente

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al campo de la voladura, tal como para operaciones de minería. En particular, la presente invención se refiere a la comunicación con detonadores u otros componentes de un aparato de voladura en un lugar de voladura.

10

## ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los sistemas de voladura electrónicos suelen emplear uno o más aparatos de voladura situados en o cerca de una proximidad del lugar de voladura, en comunicación con un conjunto matricial de voladura que comprende una pluralidad de detonadores o conjuntos detonadores situados en el lugar de voladura. En condiciones normales, cada detonador incluye una carcasa exterior, una carga base y medios para conseguir un accionamiento instantáneo o retardado de la carga base a la recepción, desde una máquina de voladura, de una señal de control para FIRE (ACTIVAR). Si se requiere, cada detonador puede formar un componente de un conjunto detonador más grande adaptado para causar el accionamiento de una carga explosiva mayor para conseguir una fragmentación de roca en el lugar de voladura. A modo de ejemplo, cada detonador puede situarse en un detonador auxiliar, de modo que la activación de la carga base del detonador cause la activación de una parte de material explosivo en el denominado detonador auxiliar. Además, el detonador auxiliar puede estar situado adyacente, a modo de ejemplo, a una composición de emulsión explosiva situada en un orificio adecuado, de modo que dicho accionamiento del detonador auxiliar cause la ignición de la composición de emulsión explosiva.

25

Antes de la comunicación de la máquina de voladura / detonador, el conjunto matricial de voladura se establece en el lugar de voladura. Los detonadores, y componentes opcionalmente asociados, están situados en lugares deseados en o cerca de la roca en el lugar de voladura, en o cerca de una superficie del terreno o del subsuelo. Los detonadores se suelen colocar en orificios que son posteriormente cargados con explosivo. La comunicación se establece entonces entre cada máquina de voladura y sus conjuntos detonadores asociados. Dicha comunicación puede implicar una comunicación cableada o cualquier medio de comunicación inalámbrica. En cualquier caso, es deseable conseguir una comunicación bidireccional con los conjuntos detonadores, de modo que la máquina de voladura pueda comunicarse con los conjuntos detonadores y si se requiere, pueden responder los conjuntos detonadores. A modo de ejemplo, una máquina de voladura puede transmitir señales de control (p.e., señales ARM, DISARM o FIRE) a un conjunto detonador que no requiere ninguna respuesta. Sin embargo, en otros momentos, una máquina de voladura puede enviar una señal de sondeo para evaluar un estado de un conjunto detonador en el lugar de voladura, en donde la señal de sondeo requiere que el conjunto detonador responda de alguna manera, a modo de ejemplo, para confirmar el estado operativo del detonador, información programada en el conjunto detonador (p.e., identidad del detonador, tiempos de retardo para la activación, etc.) o las condiciones medioambientales del conjunto detonador. Una comunicación bidireccional fiable entre una o más máquinas de voladura y una pluralidad de detonadores en un lugar de voladura, mediante cableado o mediante comunicación inalámbrica, es de importancia cada vez mayor para los sistemas de voladura electrónicos modernos.

30

35

40

45

50

55

60

Cada máquina de voladura puede programarse con información de identidad para cada conjunto detonador asociado, de modo que los detonadores puedan dirigirse mediante una máquina de voladura sobre una base individual. A modo de ejemplo, cada máquina de voladura puede recuperar información de identidad directamente desde un conjunto detonador por intermedio de una comunicación bidireccional directa. Como alternativa, cada máquina de voladura puede preprogramarse con información de identificación de detonador, tal como códigos de identificación de detonadores asignados en fábrica que están programados en los conjuntos detonadores en la fabricación. En otras operaciones de minería, cada conjunto detonador (o conjunto detonador correspondiente) situados en el lugar de voladura pueden ser 'visitados' por un operador de voladura que lleva un dispositivo electrónico portátil tal como un dispositivo de registro. Un dispositivo de registro se comunica, mediante una comunicación de corto alcance, con cada detonador para generar y memorizar una lista de detonadores para el conjunto matricial de voladura que comprende, a modo de ejemplo, códigos de identificación de detonadores y de forma opcional, las horas de activación para los detonadores, que se pueden programar opcionalmente en los conjuntos detonadores por el dispositivo de registro. La lista de detonadores puede transferirse luego desde el dispositivo de registro a cada máquina de voladura, con lo que se consigue que cada máquina de voladura 'tenga conocimiento' de los detonadores en el conjunto matricial de voladura. Una vez que las máquinas de voladura estén programadas de alguna manera con la información de identificación de detonadores, los conjuntos detonadores están preparados para dirigirse individualmente por su máquina de voladura asociada.

65

En condiciones normales, antes de la comunicación de la máquina de voladura / conjunto detonador, el lugar de voladura se hace seguro para la voladura alejando todo el personal de voladura, equipo de minería y vehículos a una distancia suficiente desde el lugar de voladura para evitar cualquier peligro (p.e., rocas volantes) que resulten de la voladura. En consecuencia, todas las operaciones de producción dentro o cerca de la zona de voladura deben interrumpirse, para proporcionar una ventana temporal para comprobar la operabilidad del conjunto matricial de

voladura y la ejecución de la incidencia de voladura. Es deseable que la ventana temporal sea lo más corta posible, de modo que se pueda reducir al mínimo la interrupción de las operaciones de producción. Además, una ventana temporal más corta reduciría la posibilidad de que la seguridad física y personal en el lugar de voladura resulte comprometida, a modo de ejemplo, mediante una persona que penetre en la zona de voladura antes de que se concluya la incidencia de voladura.

Sigue existiendo una necesidad continua de desarrollar métodos de voladura y los aparatos de voladura correspondientes adecuados para la aplicación de dichos métodos, que permitan que se realice con mayor rapidez una incidencia de voladura así como de forma más eficiente y segura. En particular, una comunicación bidireccional entre una máquina de voladura y conjuntos detonadores puede ser consumidora de tiempo. Por lo tanto, sigue existiendo una necesidad de acortar la ventana temporal requerida para una incidencia de voladura, incluyendo el tiempo requerido para establecer y/o verificar la comunicación entre una o más máquinas de voladura y una pluralidad de detonadores o conjuntos detonadores.

El documento WO 01/67031 da a conocer un método para activar detonadores electrónicos en un sistema de servidores electrónicos. Una orden de activación o una orden de activación de prueba se envía desde una unidad de control a los detonadores que inician un conteo descendente de un tiempo de retardo memorizado en cada detonador en un punto de sincronización que está retardado con respecto a la señal de control. A la terminación del conteo descendente, los detonadores entran en un estado de pausa para detonar (en el caso de una orden de activación) o para responder (en el caso de una orden de activación de prueba). Una función de escalamiento puede aplicarse a un tiempo de retardo de detonación memorizado para la alta resolución de la comprobación en relación con la respuesta del detonador a una orden de prueba.

El documento US 5,520,114 describe un método para controlar detonadores provistos de módulos de activación con retardo electrónico integrados. Una unidad de control de activación puede utilizarse para interrogar simultáneamente a los módulos de ignición que envían retroinformación demandada a la unidad de control de activación. En este caso, los módulos de ignición responden sobre la base de un tiempo de retardo de detonación único que ha sido asignado a los módulos de ignición.

El documento WO 2005/005919 describe diagnósticos de preparación de la activación en un dispositivo pirotécnico electrónico tal como un detonador electrónico. En una forma de realización, se describe la detección de colector automático. Se trata de una orden de control que permite a una máquina de voladura detectar cualesquiera detonadores no registrados que están conectados a una barra colectora. La máquina de voladura difunde el paquete de órdenes de detección de colector automático con todos los detonadores recibiendo la orden que no han sido previamente detectados en el bus que realiza la respuesta. Las respuestas de los detonadores se determinan sobre la base de un valor de reloj calculado que está basado en la información del tiempo de retardo de la detonación de identificación serie del detonador.

#### SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención trata de dar a conocer, al menos en las formas de realización preferidas, un aparato de voladura que permite una comunicación eficiente con una pluralidad de detonadores o conjuntos detonadores.

La presente invención trata también de proporcionar, al menos en formas de realización preferidas, un método para una comunicación eficiente entre una al menos una máquina de voladura y una pluralidad de detonadores o conjuntos detonadores.

La presente invención da a conocer un conjunto detonador que comprende:

un detonador que incluye una carga base;

una memoria para memorizar un tiempo de retardo para el accionamiento del detonador durante una incidencia de voladura;

medios para recibir y/o procesar las señales de control entrantes;

caracterizado por cuanto que el conjunto detonador comprende, además:

una memoria dedicada para memorizar un tiempo de realización;

un reloj para el conteo descendente de un tiempo de respuesta anticolidión cuando se memoriza en la memoria dedicada a la recepción, desde una máquina de voladura, de una señal de control de acuse de recibo global; y

un transmisor para transmitir una señal de acuse de recibo en respuesta a dicha señal de control de acuse de recibo global, a la terminación de dicho tiempo de respuesta anticolidión.

En un aspecto de la idea inventiva, la presente invención da a conocer un aparato de voladura que comprende:

(1) al menos una máquina de voladura para transmitir al menos una señal de control a por los menos dos conjuntos detonadores asociados, incluyendo al menos una señal de control de acuse de recibo global para la recepción por dichos al menos dos conjuntos detonadores;

(2) al menos dos conjuntos detonadores, estando cada conjunto detonador en conformidad con la presente invención; y

(3) al menos un receptor, opcionalmente integrado en dicha al menos una máquina de voladura, para recibir dichas señales de acuse de recibo desde dichos conjuntos detonadores y para diferenciar cada señal de acuse de recibo con respecto a por lo menos otra señal de acuse de recibo en conformidad con su hora de recepción, con lo que se verifica la comunicación con cada conjunto detonador de dicho aparato de voladura. Preferentemente, cada receptor diferencia cada señal de acuse de recibo procedente de cualquier otra señal de acuse de recibo recibida.

En otro aspecto de la idea inventiva, la presente invención da a conocer un método para comprobar que al menos dos conjuntos detonadores, cada uno en conformidad con la presente invención, forman componentes operativos de un aparato de voladura en un lugar de voladura, comprendiendo dicho método las etapas de:

(1) programación de cada conjunto detonador con una hora de respuesta anticolidión única;

(2) transmisión, desde al menos una máquina de voladura, de una señal de control de acuse de recibo global para la recepción por los conjuntos detonadores, para hacer que cada conjunto detonador realice un conteo descendente de su tiempo de respuesta anticolidión programado;

(3) transmisión, desde cada conjunto detonador, a la terminación del conteo descendente de su tiempo de respuesta anticolidión programado, de una señal de acuse de recibo a por lo menos un receptor que forma opcionalmente parte de dicha al menos una máquina de voladura, con una hora de recepción por dicho al menos un receptor de cada señal de acuse de recibo que ocurre en una hora distinta a una hora de recepción de al menos otra señal de acuse de recibo, con lo que se permite la diferenciación de dichas señales de acuse de recibo por dicho receptor y se proporciona confirmación de que cada conjunto detonador forma un componente operativo del aparato de voladura.

Preferentemente, en la etapa (3) el al menos un receptor procesa y diferencia las señales de acuse de recibo entrantes y si se requiere, determina un conjunto detonador desde donde se deriva cada señal de acuse de recibo, por intermedio de una hora de recepción de cada señal de acuse de recibo relativa a otras señales de acuse de recibo o relativa a un hora cero.

Preferentemente, la etapa (1) comprende la programación de cada conjunto detonador con su tiempo de respuesta anticolidión mediante una comunicación de corto alcance, después de la colocación de cada conjunto detonador en el lugar de voladura utilizando un dispositivo de programación portátil.

El dispositivo de programación portátil puede registrar información del lugar de voladura incluyendo una identificación para cada conjunto detonador, un tiempo de respuesta anticolidión para cada conjunto detonador y, de forma opcional, un tiempo de retardo para cada conjunto detonador.

Entre las etapas(1) y (3) el método puede comprender, además, la etapa de descargar la información del lugar de voladura desde el dispositivo de programación portátil en dicha al menos una máquina de voladura, de modo que la siguiente transmisión por dicha al menos una máquina de voladura de dicha señal de control de acuse de recibo global y su posterior recepción por dicha máquina de voladura de dichas señales de acuse de recibo desde dichas al menos dos conjuntos detonadores, en donde al menos una máquina de voladura asocia cada señal de acuse de recibo con cada conjunto detonador en conformidad con dicha información del lugar de voladura.

Preferentemente, en la etapa (1), el dispositivo de programación portátil asigna un número de respuesta único a cada conjunto detonador, indicativo de una secuencia en la que los conjuntos detonadores responden a la recepción en la etapa (2) de una señal de control de acuse de recibo global, siendo cada tiempo de respuesta anticolidión calculado por cada conjunto detonador sobre la base de su número de respuesta asignado.

Preferentemente, los tiempos de respuesta anticolidión de los conjuntos detonadores incluyen una serie de tiempos de respuesta anticolidión temporalmente espaciados de forma prácticamente igual, de modo que la transmisión por dicha al menos una máquina de voladura de una señal de control de acuse de recibo global a dichos conjuntos detonadores causa la transmisión por dichos conjuntos detonadores, en la etapa (3), de una secuencia temporalmente espaciada periódicamente de dichas señales de acuse de recibo para la recepción por dicho al menos un receptor. Las señales de acuse de recibo pueden recibirse por dicho receptor con una separación aproximada de 0.1 a 100 ms.

Preferentemente, cualquier conjunto detonador que no haya adecuadamente programado por el dispositivo de programación portátil en la etapa (1), es preprogramado para responder a dicha señal de control de acuse de recibo global en la etapa (3) mediante la transmisión de una señal de advertencia para advertir al receptor o a un operador de voladura de que el conjunto detonador no ha sido 'visitado' por el dispositivo de programación portátil. Cada señal de advertencia puede tener un contenido similar o idéntico al de una señal de acuse de recibo, pero se transmite a una hora específica después de la recepción de la señal de control de acuse de recibo global que es diferente a una hora de transmisión de cualquier de las señales de acuse de recibo y opcionalmente diferente a una hora de transmisión de cualquier otra señal de advertencia, de modo que el receptor pueda diferenciar cada señal de advertencia con respecto a las señales de acuse de recibo. Cada señal de advertencia puede incluir datos que comprenden una identificación codificada en fábrica para el detonador.

Preferentemente, en la etapa (3), el receptor está programado para esperar señales de acuse de recibo de un número predeterminado o en una secuencia predeterminada de dichos conjuntos detonadores, de modo que el fallo de un conjunto detonador en la transmisión de una señal de acuse de recibo se detecta por dicho receptor debido a su ausencia entre el número predeterminado o la secuencia predeterminada de señales de acuse de recibo.

En otro aspecto de la idea inventiva, la presente invención da a conocer un uso de un aparato de voladura según la presente invención, para verificar la comunicación con componentes del aparato de voladura.

## 20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 ilustra, de forma esquemática, un aparato de voladura preferido según la presente invención.

La Figura 2a ilustra gráficamente una transferencia muestra de señales para una llamada de presencia *roll-call* de conjuntos detonadores en un aparato de voladura de la técnica anterior que implica comunicaciones en serie.

La Figura 2b ilustra gráficamente una transferencia muestra de señales para una llamada de presencia *roll-call* de conjuntos detonadores en un aparato de voladura según la presente invención.

La Figura 2c ilustra gráficamente una transferencia muestra de señales para una llamada de presencia *roll-call* de conjuntos detonadores en un aparato de voladura según la presente invención.

La Figura 2d ilustra gráficamente una transferencia muestra de señales para una llamada de presencia *roll-call* de conjuntos detonadores en un aparato de voladura según la presente invención.

La Figura 3 ilustra, de forma esquemática, un aparato de voladura preferido según la presente invención.

La Figura 4 ilustra, de forma esquemática, un aparato de voladura preferido según la presente invención.

La Figura 5 ilustra un diagrama de flujo relativo a las etapas de un método preferido de la invención para comprobar que al menos dos conjuntos detonadores, presentes en un lugar de voladura, forman componentes operativos de un aparato de voladura.

## 45 DEFINICIONES:

Señal de acuse de recibo: se refiere a cualquier señal transmitida a través de una conexión cableada (p.e., incluyendo líneas de derivación y líneas de enlace troncal) o por intermedio de una transmisión inalámbrica, que se transmite por un detonador o un conjunto detonador a uno o más otros componentes de un aparato de voladura para informar a dichos otros componente de que el detonador o el conjunto detonador está presente y en orden de trabajo operativo de modo que pueda formar una parte funcional del aparato de voladura. En condiciones normales, en conformidad con la presente invención, una señal de acuse de recibo puede transmitirse por un conjunto detonador en respuesta a la recepción por el conjunto detonador de otra componente del aparato de voladura (p.e., una máquina de voladura) de una "señal de control de acuse de recibo global". Preferentemente, la señal de acuse de recibo no es compleja, sino suficiente para transmitir el mensaje *"este conjunto detonador está presente y funcionando adecuadamente"*. En otras formas de realización, la señal de acuse de recibo puede incluir, además, una información más compleja, a modo de ejemplo, para transmitir el estado operativo del conjunto detonador, la identidad del conjunto detonador o el retardo para el conjunto detonador. En una forma de realización preferida, la señal de acuse de recibo será identificable a la recepción (a modo de ejemplo por un receptor) en virtud de un parámetro de identificación indicativo de la señal de acuse de recibo y el conjunto detonador desde donde se deriva. El acto de transmisión de la señal de acuse de recibo puede ser activo – energía eléctrica descargada por el detonador en el arnés de cableado que le conecta a la máquina de voladura o pasiva – el detonador cambia su impedancia aparente para la máquina de voladura, a modo de ejemplo, fijando la línea.

Señal de control de acuse de recibo global: se refiere a cualquier señal transmitida por intermedio de una conexión cableada (p.e., incluyendo líneas de derivación y líneas de enlace troncal) o mediante una transmisión inalámbrica, que se transmite por una máquina de voladura a por lo menos dos conjuntos detonadores en un aparato de voladura

- para demandar una respuesta desde los conjuntos detonadores que sea indicativa de que los conjuntos detonadores están presentes y formando componentes funcionales del aparato de voladura. En condiciones normales, una señal de control de acuse de recibo se transmite para la recepción simultánea o casi simultánea por múltiples detonadores o conjuntos detonadores en un lugar de voladura. La señal de control de acuse de recibo global puede adoptar cualquier forma adecuada para hacer que los conjuntos detonadores asociados respondan por intermedio de la transmisión de una señal de acuse de recibo. En formas de realización preferidas, una señal de acuse de recibo global tiene una duración suficiente para asegurar la recepción por todos los detonadores en un lugar de voladura.
- 5
- Tiempo de respuesta anticolidión: se refiere a un periodo de tiempo programado en un conjunto detonador que es objeto de conteo descendente por un reloj en el conjunto detonador a la recepción por el conjunto detonador de una señal de control de acuse de recibo global. El tiempo de respuesta anticolidión puede programarse en el conjunto detonador en cualquier forma adecuada, incluyendo la preprogramación después de la fabricación del conjunto detonador o las horas de respuesta anticolidión pueden programarse en el conjunto detonador mientras está situado en el lugar de voladura, a modo de ejemplo, utilizando un dispositivo de programación portátil tal como un registrador de datos. A la terminación del conteo descendente de un tiempo de respuesta anticolidión, cada conjunto detonador suele transmitir una señal de acuse de recibo. Cada detonador en un lugar de voladura está programado con un tiempo de respuesta anticolidión que es único, esto es, diferente de todos los demás detonadores en el lugar de voladura.
- 10
- 20 Carga base: se refiere a cualquier parte discreta de material explosivo en la proximidad de otros componentes del detonador y asociados con los componentes en una manera que permita que el material explosivo se active a la recepción de señales apropiadas procedentes de los demás componentes. La carga base puede retenerse dentro de la carcasa principal de un detonador o, como alternativa, puede situarse próxima a la carcasa principal de un detonador. La carga base puede utilizarse para proporcionar potencia de salida a una carga explosiva externa para iniciar la carga de explosivos externa.
- 25
- Máquina de voladura: cualquier dispositivo que es capaz de estar en comunicación de señales con detonadores electrónicos, para transmitir señales a y/o desde detonadores asociados o conjuntos detonadores, normalmente, pero no de forma necesaria, desde un lugar distante de los detonadores, por intermedio de una comunicación de señal cableada o inalámbrica. A modo de ejemplo, una máquina de voladura puede transmitir señales de control a los detonadores o conjuntos detonadores tales como ARM, DISARM, FIRE y otras señales de control de acuse de recibo global. Una máquina de voladura puede transmitir datos para programar detonadores o conjuntos detonadores con información pertinente para una voladura, tal como, a modo de ejemplo, tiempo de retardo, información de ID de detonador, tiempos de respuesta anticolidión, etc. Una máquina de voladura puede ser capaz también de recibir información desde detonadores asociados o conjuntos detonadores tal como información del estado operativo del detonador, información posicional, información del ID del detonador, señales de acuse de recibo o tiempos de retardo en relación con, o programados en, los detonadores o conjuntos detonadores. A modo de ejemplo, una máquina de voladura puede recibir señales de acuse de recibo procedentes de los conjuntos detonadores que es indicativa de los detonadores o conjuntos detonadores desde los que se deriva, para los fines de realizar una llamada de presencia *roll-call* de funcionamiento adecuada, detonadores o conjuntos detonadores asociados. Pueden recibirse señales por una máquina de voladura directamente desde detonadores o conjuntos detonadores asociados. Como alternativa, estos datos recibidos desde los detonadores o conjuntos detonadores pueden recibirse por intermedio de un receptor asociado con o parte integrante de la máquina de voladura. Como alternativa, la transferencia de datos entre una máquina de voladura y sus detonadores asociados puede al menos en parte conseguirse mediante un registrador de datos. Preferentemente, la máquina de voladura puede ser el único elemento de equipo en el lugar de voladura que controle una voladura o una máquina de voladura puede trabajar en armonía operativa con otras máquinas de voladura o con otro equipo de voladura durante la preparación para y/o durante la ejecución de una voladura.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50 Estación de control central: se refiere a cualquier dispositivo que transmita señales mediante radiotransmisión o mediante conexión directa a una o más máquinas de voladura. Las señales transmitidas pueden estar codificadas o encriptados. En condiciones normales, la estación de voladura central permite una radiocomunicación con múltiples máquinas de voladura desde un lugar distante desde el lugar de voladura.
- 55
- Reloj: se refiere a cualquier reloj adecuado para uso en relación con un conjunto detonador inalámbrico y un sistema de voladura de la invención, a modo de ejemplo, para los tiempos de retardo para la activación del detonador durante una incidencia de voladura. En formas de realización seleccionadas, el término de reloj se refiere a un reloj de cristal, a modo de ejemplo, que comprende un cristal de cuarzo oscilante del tipo que es bien conocido, a modo de ejemplo, en relojes de cuarzo convencionales y dispositivos de temporización. Los relojes de cristal pueden proporcionar una temporización particularmente exacta en conformidad con aspectos preferidos de la idea inventiva. El reloj que realiza el conteo descendente del tiempo de respuesta anticolidión y el reloj que temporiza el retardo principal después de la orden de control FIRE puede ser, o no, el mismo reloj.
- 60
- 65 Detonador: se refiere a cualquier detonador que incluye una carga base accionable a la recepción por el detonador de una señal de control para la activación FIRE. En condiciones normales, un detonador incluirá una carcasa de detonador para retener la carga base y otros componentes del detonador si están presentes. Dichos otros

componentes pueden incluir medios para recibir y/o procesar señales de control entrantes o de forma opcional, medios de memoria para memorizar datos incluyendo, sin limitación, a: códigos de identificación de detonadores, tiempos de activación, tiempos de retardo, tiempos de respuesta anticolidión, etc. El término “detonador” puede intercambiarse con el de “conjunto detonador”, si fuere apropiado.

5 Conjunto detonador: se refiere a cualquier conjunto que comprende un detonador (incluyendo, en su forma mínima, una carga base activable a la recepción por el detonador de una señal de control para la activación FIRE) junto con al menos otro componente. Dichos otros componentes pueden incluir, sin limitación, a: medios para recibir y/o procesar señales de control entrantes o de forma opcional, medios de memoria para memorizar datos incluyendo, sin limitación, a: códigos de identificación de detonador, tiempos de activación, tiempos de retardo, tiempos de respuesta anticolidión, etc., una carcasa de detonador auxiliar, una carga explosiva de detonador auxiliar, una carga explosiva, un transmisor, un receptor, un transceptor, etc. Dependiendo del contexto, la expresión “conjunto detonador” puede intercambiarse con la de “detonador”, si fuere apropiado.

15 Memoria dedicada: se refiere a una memoria específicamente prevista para recibir y registrar un tiempo de respuesta anticolidión. La memoria dedicada es diferente a una memoria de un detonador o conjunto detonador para memorizar otros datos incluyendo, sin limitación, los tiempos de retardo, información de identificación del detonador, etc.

20 Parámetro de información: se refiere a cualquier característica o función de un detonador o conjunto detonador, o señales derivadas de ellos, que permiten a un componente de aparato de voladura diferenciar cada detonador o conjunto detonador de al menos otro, preferentemente todos los demás, detonadores o conjuntos detonadores en un lugar de voladura. En condiciones normales, las señales de acuse de recibo transmitidas por un detonador o conjunto detonador pueden incluir dicho parámetro, de modo que a su recepción por un receptor pueda diferenciarse de cualquier otro y se pueden identificar los detonadores o conjuntos detonadores desde donde se deriva cada señal de acuse de recibo. De este modo, los parámetros de identificación pueden utilizarse para identificar un detonador durante una llamada de presencia *roll-call* de detonadores en conformidad con las enseñanzas de la presente invención. A modo de ejemplo, dicho parámetro puede ser una característica de una señal de acuse de recibo transmitida por un detonador como parte de una llamada de presencia *roll-call* instigada por la transmisión al detonador (y otros detonadores) de una “señal de acuse de recibo global”. A modo de ejemplo, el parámetro puede seleccionarse a partir de una o más de la siguiente lista no limitadora de opciones: un tiempo de transmisión de la señal de acuse de recibo, una frecuencia de la señal de acuse de recibo, una naturaleza de la señal de acuse de recibo, una forma de energía utilizada para la señal de acuse de recibo, un tiempo de retardo de un detonador, un código de identificación para un detonador, una tensión de condensador de un conjunto detonador, una duración de la señal de acuse de recibo. Los parámetros de identificación pueden combinarse, en formas de realización seleccionadas, para permitir o facilitar, además, la identificación del detonador. A modo de ejemplo, los detonadores en un lugar de voladura pueden organizarse en grupos, con cada grupo transmitiendo señales de acuse de recibo a una frecuencia distinta para todos los demás grupos. Pueden permitir a cada grupo transmitir señales de acuse de recibo en una secuencia simultánea sin colisión entre grupos.

40 *Logger* / dispositivo de registro: incluye cualquier dispositivo adecuado para registrar información con respecto a un conjunto detonador o un detonador contenido en dicho conjunto. El *logger* puede transmitir o recibir información a o desde un conjunto detonador según la invención o sus componentes. A modo de ejemplo, el *logger* puede transmitir datos tales como, sin limitación, códigos de identificación de detonador, tiempos de retardo, señales de sincronización, códigos de activación, datos posicionales, parámetros de identificación del conjunto detonador (p.e., frecuencias o tiempos de respuesta anticolidión), etc. Además, el *logger* puede recibir información desde un conjunto detonador incluyendo, sin limitación, a códigos de identificación, códigos de activación, tiempos de retardo, información respecto al entorno o estado operativo del conjunto detonador, información con respecto a la capacidad del conjunto detonador para comunicarse con una máquina de voladura asociada. Preferentemente, el dispositivo de registro puede registrar también información adicional tal como, a modo de ejemplo, códigos de identificación para cada detonador, información con respecto al entorno del detonador, la naturaleza de la carga explosiva en relación con el detonador, etc. En formas de realización seleccionadas, un dispositivo de registro puede formar una parte integrante de una máquina de voladura o, como alternativa, puede pertenecer a un dispositivo distinto tal como, a modo de ejemplo, una unidad programable portátil que comprende medios de memorización para memorizar datos relativos a cada detonador y medios para transferir estos datos a una estación de control central o una o más máquinas de voladura. Una función principal del dispositivo de registro es registrar una presencia del conjunto detonador, de modo que el conjunto detonador o el detonador contenido en dicho conjunto pueda ‘encontrarse’ por una máquina de voladura asociada y tener controles tales como controles FIRE que se le dirigen cuando se apropiado. Un *logger* puede comunicarse con un conjunto detonador bien sea mediante conexión eléctrica directa (interfaz) bien sea mediante una conexión inalámbrica o cualquier tipo conocido en esta técnica, tal como, a modo de ejemplo, RF de corto alcance, infrarrojos, Bluetooth, etc.

65 Preferentemente: identifica las características preferidas de la invención. A no ser que se especifique de otro modo, el término se refiere preferentemente a características de las más amplias formas de realización de la invención, según se define, a modo de ejemplo, por las reivindicaciones independientes y otras formas de realización de la invención aquí dadas a conocer.

Receptor: se refiere a cualquier dispositivo capaz de recibir y procesar al menos una señal de acuse de recibo procedente de al menos un detonador. En formas de realización seleccionadas, el receptor puede preprogramarse para “esperar” recibir señales de acuse de recibo desde, a modo de ejemplo, los detonadores 1 a 20. La programación del receptor puede incluir códigos de identificación de detonador transmitidos con las señales de acuse de recibo, de modo que al procesar las señales de acuse de recibo recibidas, el receptor puede comparar los detonadores desde los que se han recibido señales de acuse de recibo con los detonadores desde los que estaba previsto recibir señales de acuse de recibo. Como alternativa, el receptor puede “esperar” recibir dichas señales de acuse de recibo, a modo de ejemplo, en una secuencia predeterminada en momentos preprogramados. Como otra alternativa, el receptor puede basarse en las señales de acuse de recibo entrantes para la información respecto al número previsto y tipo de señales de acuse de recibo entrantes, de modo que pueda realizar una llamada de presencia *roll-call* útil y fiable de los detonadores. A modo de ejemplo, el primer detonador puede transmitir una señal de acuse de recibo al receptor indicando que es “el detonador 1 de 20 detonadores presentes”, el segundo detonador puede transmitir una señal de acuse de recibo al receptor indicando que es el “detonador 2 de 20 detonadores presentes” y así sucesivamente. De este modo, el receptor puede no requerir ninguna preprogramación, en cuanto a qué señales de acuse de recibo se “esperan” desde el conjunto matricial de detonadores. En cualquier caso, prescindiendo de cómo el receptor aprende a “esperar” una serie particular o secuencia de señales de acuse de recibo, el receptor puede, al menos en formas de realización preferidas, reconocer cuando cualquier detonador particular deja de transmitir una señal de acuse de recibo o reconocer si el receptor falla en la recepción de una señal de acuse de recibo, procedente de un detonador particular. De este modo, el receptor puede detectar qué detonadores han fallado en la llamada de presencia *roll-call*. El receptor puede formar un dispositivo separado para todos los demás componentes del aparato de voladura. Preferentemente, por razones de conveniencia, el receptor puede formar una componente integrante de una máquina de voladura y de forma opcional, comunicarse con las componentes internas de la máquina de voladura al controlar la incidencia de voladura.

Inalámbrica: se refiere a que no existe ningún cableado físico (tales como cables eléctricos, tubos de sacudidas, LEDC o cables ópticos) que conectan un detonador o un conjunto detonador o sus componentes a una máquina de voladura asociada o fuente de suministro de energía. Las técnicas de comunicaciones inalámbricas pueden implicar, a modo de ejemplo, señales de radio (incluyendo señales de radio de corto alcance tales como Bluetooth), infrarrojos u otras formas de energía electromagnética. Las señales de comunicaciones inalámbricas incluyen, al menos en las formas de realización seleccionadas, el uso de energía electromagnética de baja frecuencia (LF) que tienen, a modo de ejemplo, una frecuencia en el margen de 20 – 2500 Hz.

Dispositivo de programación portátil: se refiere a cualquier dispositivo que sea desplazable, preferentemente de forma manual, entre componentes en un aparato de voladura colocado o situado en un lugar de voladura, en donde el dispositivo es capaz de transferir datos a o registrar datos desde, dichos componentes. A modo de ejemplo, un dispositivo de programación portátil puede transferir datos a un conjunto detonador tal como, sin limitación, a un código de identificación de detonador, un tiempo de retardo, un código de activación o un tiempo de respuesta anticolidión. Como alternativa, o de forma adicional, un dispositivo de programación portátil puede recuperar datos desde un conjunto detonador tal como información del estado operativo del detonador, información de identificación del detonador, códigos de activación, tiempo de retardo, etc. Un dispositivo de programación portátil preferido es un *logger*.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Los sistemas de voladura electrónicos emplean a veces centenares, o incluso miles, de detonadores, bajo el control de una o más máquinas de voladura, para realizar una incidencia de voladura única. Una comunicación fiable, no obstante rápida, entre dichos detonadores (o conjuntos detonadores correspondientes) y las máquinas de voladura asociadas representan un reto operativo importante.

Para un conjunto matricial de voladura típico, un paso clave en la realización de una incidencia de voladura es la llamada de presencia “*roll-call*” inicial por la máquina de voladura. Esta llamada *roll-call* implica la transmisión de una señal de llamada *roll-call* por cada máquina de voladura a cada uno de sus detonadores asociados o conjuntos detonadores correspondientes, para demandar que cada conjunto detonador acuse de recibo de que está presente y que actúa como un componente funcional del aparato de voladura. Hasta la fecha, los aparatos de voladura suelen emplear un proceso de llamada de presencia *roll-call* que implica la comunicación en serie entre cada máquina de voladura y sus conjuntos detonadores asociados. Lo que antecede da lugar a que cada máquina de voladura tenga un direccionamiento con un conjunto detonador específico y luego, se coloca a la espera de una respuesta procedente de ese conjunto detonador (p.e., para confirmar que está funcionando adecuadamente en el contexto del aparato de voladura) antes de que se dirija el siguiente conjunto detonador.

Una llamada de presencia *roll-call* que emplea comunicaciones en serie presenta una ventaja principal: puesto que los conjuntos detonadores están direccionados por la máquina de voladura sobre una base individual, no necesitan identificarse por sí mismos cuando dan una respuesta. Durante las comunicaciones en serie, cada llamada de presencia *roll-call* transmitida por la máquina de voladura incluye la codificación para cerciorarse de que es recibida y/o objeto de acción por solamente un conjunto detonador específico o un grupo de conjuntos detonadores. Otros



conjuntos detonadores en el conjunto matricial, a los que no se dirige la señal de llamada de presencia *roll-call* pueden ser simplemente incapaces de recibir dicha señal procedente de la máquina de voladura. Como alternativa, dichos otros conjuntos detonadores pueden recibir y procesar la señal de llamada de presencia *roll-call*, pero reconocer que no son requeridos para dar una respuesta. En cualquier caso, con las comunicaciones en serie, cualquier señal de respuesta transmitida por un conjunto detonador en respuesta a la recepción de una señal de llamada de presencia *roll-call* no necesita incluir una codificación compleja para informar de su identidad a la máquina de voladura. La máquina de voladura ya tendrá conocimiento de la identidad de cada detonador que proporciona respuesta, puesto que cada conjunto detonador está específicamente direccionado en secuencia.

Por lo tanto, el uso de comunicaciones en serie para realizar una llamada de presencia *roll-call* de conjuntos detonadores en un lugar de voladura permite a cada máquina de voladura asumir la responsabilidad primaria para una interrogación individual exacta de cada conjunto detonador, con lo que se confirma su estado operativo en el conjunto matricial de voladura. Los conjuntos detonadores simplemente son requeridos para dar respuesta cuando se le demanda hacerlo por una máquina de voladura. Los inventores reconocen, sin embargo, que existen también inconvenientes importantes para el uso de comunicaciones en serie para llamada de presencia *roll-call* de los conjuntos detonadores. Las comunicaciones en serie pueden ser muy consumidoras de tiempo. Con frecuencia, una máquina de voladura transmitirá una señal de *roll-call* a un conjunto detonador en una disposición matricial de voladura y el conjunto detonador (o sus componentes asociados) procesarán luego y, si se requiere, darán respuesta a la señal de llamada de presencia *roll-call*. Una cantidad de tiempo importante puede requerirse para la transmisión de señales a y desde los conjuntos detonadores. No obstante, puede requerirse todavía más tiempo para la recepción de señales y el procesamiento por el conjunto detonador, y también por un receptor (opcionalmente asociado con una máquina de voladura) que recibe una señal de respuesta procedente del conjunto detonador. En las comunicaciones en serie, una máquina de voladura esperará, en condiciones normales, una respuesta procedente de un primer conjunto detonador antes de internar comunicarse con el siguiente conjunto detonador en la disposición matricial de voladura. En consecuencia, el tiempo total para completar la llamada de presencia *roll-call* completa de conjuntos detonadores será la suma del tiempo para la comunicación en serie de llamada de presencia *roll-call* con cada conjunto detonador en la disposición matricial de voladura. Se deduce de lo anterior que el tiempo total para la llamada de presencia *roll-call* puede extenderse a varios, incluso muchos, minutos.

A modo de ejemplo, en sistemas de voladura cableados, pueden utilizarse cables en paralelo (p.e., líneas troncales y de derivación) para conectar cada máquina de voladura a cada conjunto detonador en la disposición matricial de voladura. Con frecuencia, la naturaleza del aparato de voladura y el tipo de cableado utilizado, puede permitir tasas de transmisión en baudios relativamente bajas, lo que depende, en gran medida, de la frecuencia del operador de comunicaciones y/o la capacitancia del sistema. En un aparato de voladura típico para minería de superficie, el cable del arnés de superficie puede tener una longitud de 3 a 12 m por conjunto detonador en la disposición matricial de voladura. Además, el cableado en una perforación de sondeo puede extenderse a 5 – 60 m adicional por agujero de perforación en el que se coloca un conjunto detonador. Para explosiones de mayor magnitud, por lo tanto, la longitud total de cable que se utiliza para conectar los componentes del aparato de voladura puede superar la longitud de 20 km. A una capacitancia de 50 pF por metro, la capacitancia de dicho sistema será de hasta varios  $\mu\text{F}$ . Este nivel de capacitancia puede limitar la frecuencia del operador de comunicaciones a menos de aproximadamente 10 kHz. Esto último, a su vez, puede limitar el tiempo de comunicación para llamada de presencia *roll-call* de cada conjunto detonador a aproximadamente 1 segundo. Se deduce que para una incidencia de voladura que implique a 1000 conjuntos detonadores, el tiempo requerido para la llamada de presencia *roll-call* total, utilizando la comunicación en serie, será de aproximadamente 17 minutos.

Según se describió con anterioridad, el tiempo es un factor esencial cuando se realiza una incidencia de voladura. En condiciones normales, antes de la comunicación de la máquina de voladura / conjunto detonador, el lugar de voladura se hace seguro para la voladura separando todo el personal relacionado con la voladura, el equipo de minería y los vehículos en una distancia desde el lugar de voladura para evitar cualquier peligro (p.e., roca volante) que resulte de la voladura. En consecuencia, todas las operaciones de producción dentro o cerca de la zona de voladura deben interrumpirse, para proporcionar una ventana temporal para comprobar la operabilidad de la disposición matricial de voladura y para realizar la incidencia de voladura. Es deseable que la ventana temporal sea lo más corta posible, de modo que se pueda reducir al mínimo la parada técnica de las operaciones de producción. Además, una ventana temporal más corta reduce la posibilidad de que se comprometa la seguridad física y personal, a modo de ejemplo, por una persona que penetra en la zona de voladura antes de que haya concluido la incidencia de voladura.

Los aparatos y métodos de la presente invención permiten retardos reducidos para la llamada de presencia *roll-call* del conjunto detonador en el lugar de voladura. Los aparatos y métodos emplean comunicaciones en paralelo en una manera que permita a los conjuntos detonadores, que responden, identificarse por sí mismos, en una manera simple y definida. Mediante una inventiva significativa, los inventores han desarrollado aparatos y métodos de voladura en los que los conjuntos detonadores, preferentemente en respuesta a una señal de llamada de presencia *roll-call* difundida única procedentes de una máquina de voladura, transmitir cada uno una señal de respuesta que tenga alguna forma de característica de identificación para permitir que las señales de respuesta sean diferenciadas por el receptor, e identificado su conjunto detonador origen. De este modo, los conjuntos detonadores pueden

responder en paralelo, o dentro de un marco de tiempo limitado, reduciendo de este modo el tiempo global para la llamada de presencia *roll-call*.

En una realización, a modo de ejemplo, se da a conocer un aparato de voladura que comprende:

(1) al menos una máquina de voladura para transmitir al menos una señal de control a por lo menos dos conjuntos detonadores asociados, incluyendo al menos una señal de control de acuse de recibo global para su recepción por dichos al menos dos conjuntos detonadores;

(2) al menos dos conjuntos detonadores, comprendiendo cada conjunto detonador:

(i) un detonador que incluye una carga base;

(ii) una memoria para memorizar un parámetro de identificación para el conjunto detonador;

(iii) un transmisor para transmitir, a la recepción de dicha señal de control de acuse de recibo global procedente de dicho al menos un conjunto detonador, una señal de acuse de recibo característica de dicho parámetro de identificación;

y

(3) al menos un receptor, opcionalmente integrado en dicha al menos una máquina de voladura para recibir dichas señales de acuse de recibo desde dichos conjuntos detonadores y para diferenciar cada señal de acuse de recibo con respecto a por lo menos otra señal de acuse de recibo, en conformidad con su parámetro de identificación, con lo que se verifica una comunicación bidireccional con cada conjunto detonador de dicho aparato de voladura.

El parámetro de identificación para el conjunto detonador puede adoptar cualquier forma con tal de que sea suficiente y adecuada para distinguir cada conjunto detonador con respecto a cualquier otro conjunto detonador en el lugar de voladura. A modo de ejemplo, el parámetro de identificación puede adoptar la forma de una frecuencia de transmisión para cada conjunto detonador. Cada conjunto detonador solamente puede responder mediante la transmisión de una señal de acuse de recibo que tenga una frecuencia específica que sea distinta de la frecuencia de transmisión de otros conjuntos detonadores en el lugar de voladura. De este modo, el receptor, que es capaz de recibir señales de acuse de recibo que tienen un margen de frecuencias, pueden diferenciar las señales de acuse de recibo en virtud de sus frecuencias. Preferentemente, el receptor puede preprogramarse de modo que "tenga conocimiento" de los conjuntos detonadores presentes en el lugar de voladura y las frecuencias a las que transmiten sus señales de acuse de recibo. De este modo, una máquina de voladura puede (si se requiere) transmitir una señal de control de acuse de recibo global simultáneamente a todos los conjuntos detonadores, pudiendo todos los conjuntos detonadores responder simultáneamente y el receptor puede recibir todas las señales de acuse de recibo procedentes de conjuntos detonadores simultáneamente, diferenciando así el receptor las señales de acuse de recibo entrantes, con lo que se completa una llamada de presencia *roll-call* de conjuntos detonadores, de forma satisfactoria.

En otra realización, a modo de ejemplo, cada parámetro de identificación puede incluir un tiempo de transmisión para cada señal de acuse de recibo por cada conjunto detonador o una hora de recepción de cada señal de acuse de recibo por cada receptor (que resulta del conteo descendente de un tiempo de respuesta anticolidión preprogramado por un reloj interno en cada detonador), con la diferenciación por al menos un receptor de dichas señales de acuse de recibo en conformidad con su hora de recepción.

Los tiempos de respuesta anticolidión se eligen y programan en cada conjunto detonador, de modo que no se puedan solapar entre las señales de acuse de recibo transmitidas en el lugar de voladura, bien sea debido a su duración, bien sea debido a cualquier retraso en la transmisión de señales, a modo de ejemplo, debido a la proximidad de conjuntos detonadores relativos al receptor. Si así se requiere, puede compensarse cualquier atraso, a modo de ejemplo, en conformidad con las enseñanzas de solicitud de patente internacional PCT/AU2006/001619, presentada con fecha 27 de octubre de 2006. Lo que antecede permite la calibración en placa de circuitos integrados de relojes dentro de detonadores o conjuntos detonadores. A modo de ejemplo, cada detonador puede incluir un registro de datos en donde es objeto de escritura un valor del tiempo de retardo deseado, que se suministra por un controlador. Posteriormente, durante un periodo de tiempo predeterminado (t), el contenido del registro de datos se añade repetidamente a un registro de contador en donde se acumulan los contenidos. Después de una división de los contenidos del registro de contador mediante el tiempo de calibración, los contenidos del registro de contadores son objeto de un conteo descendente posterior utilizando el mismo oscilador que controlaba el proceso de acumulación. De este modo, la invención dada a conocer en PCT/AU2006/001619 permite que el valor del tiempo de retardo suministrado por el controlador sea respetado con exactitud, utilizando un oscilador de baja precisión y sin realimentación informativa desde el detonador al controlador. Como alternativa, la calibración de relojes de detonadores, o cualquier otro medio, puede utilizarse para compensar cualquier atraso en las transmisiones de señales, si estuvieren presentes. Realizaciones, a modo de ejemplo, que implican la identificación de conjuntos detonadores sobre la base de una hora de transmisión o la recepción de señales de acuse de recibo,

abarcen a formas de realización particularmente preferidas de la invención y se describirá a continuación incluso con mayor detalle.

5 En otras realizaciones, a modo de ejemplo, se describen métodos para comprobar que al menos dos conjuntos detonadores forman componentes operativos de un aparato de voladura en un lugar de voladura. Los métodos pueden comprender las etapas de:

(1) programar cada conjunto detonador con un parámetro de identificación;

10 (2) transmitir desde al menos una máquina de voladura una señal de control de acuse de recibo global para su recepción por los conjuntos detonadores;

15 (3) transmitir desde cada conjunto detonador, en respuesta a dicha señal de control de acuse de recibo global, una señal de acuse de recibo indicativa de su parámetro de identificación, a por lo menos un receptor que forma opcionalmente parte de dicha al menos una máquina de voladura, con al menos un receptor diferenciando dichas señales de acuse de recibo en conformidad con sus parámetros de identificación, con lo que se permite la diferenciación de dichas señales de acuse de recibo por dicho receptor y la confirmación de que cada conjunto detonador forma un componente funcional del aparato de voladura.

20 Según se describió con anterioridad, cada parámetro de identificación puede adoptar cualquier forma suficiente y adecuada para permitir la diferenciación de señales de acuse de recibo entrantes por los receptores. A modo de ejemplo, el parámetro de identificación puede ser una frecuencia de transmisión o una hora de transmisión para cada señal de acuse de recibo.

25 La invención se describirá ahora haciendo referencia a realizaciones concretas, a modo de ejemplo, que describen formas de realización seleccionadas de los aparatos y métodos de la invención. Estas realizaciones, a modo de ejemplo, no están, en forma alguna, previstas para ser limitadoras y se proporcionan simplemente para fines ilustrativos.

30 REALIZACIÓN EJEMPLO 1 - Aparato de voladura preferido que implica la diferenciación de las señales de acuse de recibo sobre la base de su hora de transmisión o de recepción.

35 Volviendo ahora a la Figura 1, se ilustra un aparato de voladura que se muestra de forma general en la referencia 10. El aparato comprende al menos una máquina de voladura 11 (solamente se ilustra una para mayor simplicidad). Al menos una máquina de voladura 11 es capaz de transmitir una señal de control "de acuse de recibo global" 20 por intermedio de una comunicación cableada o inalámbrica.

40 El aparato comprende, además, conjuntos detonadores 12a, 12b, 12c para recibir la señal de control de acuse de recibo global 20 desde la máquina de voladura 11. Cada conjunto detonador comprende un detonador 13a, 13b, 13c, que incluye una carga base 14a, 14b, 14c. Cada conjunto detonador comprende, además, una memoria 15a, 15b, 15c para memorizar un tiempo de respuesta anticolidión. En esta realización, a modo de ejemplo, ninguna pareja de señales de acuse de recibo transmitidas por diferentes conjuntos detonadores del aparato de voladura son idénticas. Cada conjunto detonador comprende, además, un reloj 16a, 16b, 16c para un conteo descendente del tiempo de respuesta anticolidión asociado con cada conjunto detonador, a la recepción de dicha al menos una máquina de voladura de una señal de control de acuse de recibo global, así como un transmisor 17a, 17b, 17c para transmitir una señal de acuse de recibo en respuesta a dicha señal de control de acuse de recibo global, a la terminación de dicho tiempo de respuesta anticolidión. El aparato de voladura comprende, además, al menos un receptor 18, opcionalmente integrado en dicha al menos una máquina de voladura, para recibir dichas señales de acuse de recibo procedentes de dichos conjuntos detonadores y diferenciando cada señal de acuse de recibo en conformidad con su hora de recepción inicial. De este modo, el aparato de voladura verifica la comunicación con cada conjunto detonador, de modo que se efectúe una llamada de presencia *roll-call* de los conjuntos detonadores presentes.

55 El aparato de voladura ilustrado en la Figura 1 permite, por lo tanto, la comunicación en paralelo o al menos parcialmente en paralelo de las señales de acuse de recibo procedentes de una pluralidad de conjuntos detonadores hacia un receptor. No obstante, las señales de acuse de recibo transmitidas por cada conjunto detonador no necesitan ser complejas por su propia naturaleza y en su forma más simple puede comprender datos mínimos para el receptor para registrar su recepción. Cada señal de acuse de recibo es 'etiquetada' efectivamente con una característica de identificación identificada de su conjunto detonador origen en virtud de su hora de transmisión por un conjunto detonador o la hora de recepción por un receptor. De este modo, los contenidos de datos de las señales de acuse de recibo no son complicados por datos de identificación, puesto que la hora de transmisión o recepción inicial es suficiente para proporcionar esta información. A modo de ejemplo, cada receptor puede determinar un conjunto detonador origen para cada señal de acuse de recibo, bien sea por una hora de recepción inicial de cada señal de acuse de recibo en relación con la recepción inicial de otras señales de acuse de recibo o relativas a una hora cero predeterminado.

65

REALIZACIÓN EJEMPLO 2 - Comparación de la llamada de presencia *roll-call* de conjuntos detonadores para comunicaciones en serie de la técnica anterior y varias formas de realización de comunicaciones de la presente invención

5 La Figura 2 proporciona una comparación esquemática gráfica de una llamada de presencia *roll-call* de conjunto detonador sobre la base de la comunicación en serie (Figura 2a: técnica anterior) y varias formas de realización (Figuras 2b, 2c, 2d). Cada gráfico proporciona un número de conjunto detonador (eje y) trazado con respecto al tiempo transcurrido (eje x), con la transmisión por una máquina de voladura de señales de rol (Figura 2a) o una  
 10 gráfico que indican la recepción por un receptor de una señal de acuse de recibo procedente de cada conjunto detonador. En la Figura 2a (técnica anterior) la comunicación en serie implica la interrogación separada de cada conjunto detonador por la máquina de voladura (siendo cada señal de llamada de presencia *roll-call*, indicada por una barra vertical 30), de modo que el receptor queda a la espera de una señal de respuesta 31 procedente de cada  
 15 conjunto detonador antes de que se entre en contacto con el siguiente conjunto detonador. Una cantidad de tiempo importante transcurre antes de que se complete el proceso de llamada de presencia *roll-call*: en este caso, 12 segundos para la interrogación de 12 conjuntos detonadores.

Por el contrario, la Figura 2b ilustra, de forma esquemática, una llamada de presencia *roll-call* usando un aparato de voladura de la presente invención, en donde una señal de control de acuse de recibo global 40 se transmite en un  
 20 hora cero. Puesto que la señal de control de acuse de recibo global 40 se dirige a todos los conjuntos detonadores en la disposición matricial de voladura, no se necesita ninguna otra transmisión por la máquina de voladura. A continuación, el receptor espera que los conjuntos detonadores respondan mediante la transmisión de señales de acuse de recibo 41. Conviene señalar la forma en que las señales de acuse de recibo 41 (puntos negros) se transmiten y reciben de una manera ordenada y cada señal de acuse de recibo se transmite y recibe en un tiempo  
 25 ligeramente diferente en comparación con otras señales de acuse de recibo. La hora de transmisión de la señal de acuse de recibo (o la hora de recepción inicial por un receptor) permite a un receptor diferenciar las señales de acuse de recibo. En la Figura 2b, el tiempo total ilustrado para la llamada de presencia *roll-call* de los 12 detonadores es menor que 2 segundos. Sin embargo, un experto en esta técnica apreciará que puede permitirse también una llamada de presencia *roll-call* incluso más rápida, si las señales de acuse de recibo pueden transmitirse  
 30 y recibirse con tan solo milisegundos de separación. A modo de ejemplo, si 1000 detonadores están presentes en una disposición matricial de voladura, entonces una secuencia de señales de acuse de recibo separadas en 10 ms permitirá la realización la llamada de presencia *roll-call* completa en aproximadamente 10 segundos.

La Figura 2c ilustra otra llamada de presencia *roll-call* que utiliza un aparato de voladura en donde los conjuntos  
 35 detonadores son interrogados en 3 grupos separados, con señales de acuse de recibo 40 transmitiéndose en diferentes horas para cada grupo. En principio, esta forma de realización es idéntica a la descrita con referencia a la Figura 2b, con la excepción de que la llamada de presencia *roll-call* para diferentes grupos de conjuntos detonadores se realiza en diferentes momentos, a modo de ejemplo, como grupos adicionales de conjuntos detonadores que se incorporan en la disposición matricial de voladura.

La Figura 2d ilustra otra llamada de presencia *roll-call* que utiliza un aparato de voladura en donde los conjuntos  
 40 detonadores están también organizados en 3 grupos separados, pero todos ellos son interrogados por una señal de acuse de recibo global única. Los conjuntos detonadores en los tres grupos responden con señales de acuse de recibo (agrupadas como 41a, 41b, 41c) en una forma similar sino idéntica, durante un periodo de tiempo similar sino  
 45 idéntico. En esta forma de realización, pueden requerirse parámetros variables adicionales con el fin de permitir al receptor distinguir entre las señales de acuse de recibo entrantes con respecto a diferentes grupos de conjuntos detonadores. A modo de ejemplo, los conjuntos detonadores del grupo 1 pueden programarse o diseñarse para permitir sus señales de acuse de recibo 41a a una frecuencia específica A, los conjuntos detonadores del grupo 2  
 50 pueden programarse o diseñarse para transmitir sus señales de acuse de recibo 41b a la frecuencia específica B y los conjuntos detonadores del grupo 3 pueden programarse o diseñarse para transmitir sus señales de acuse de recibo 41c a una frecuencia específica C. A condición de que las frecuencias A, B y C sean distinguibles por el receptor, los grupos 1, 2 y 3 de conjuntos detonadores pueden transmitir sus señales de conjuntos detonadores en conformidad con una llamada de presencia *roll-call* similar a la que se ilustra en la Figura 2b, pero durante un  
 55 periodo de tiempo incluso más corto. De este modo, el receptor diferencia las señales entrantes sobre la base de su hora de recepción y también de su frecuencia, de modo que la llamada de presencia *roll-call* pueda realizarse incluso con mayor rapidez. En otras formas de realización, el aparato o método de voladura utilizado en conformidad con la Figura 2d puede implicar el uso de múltiples receptores (o máquinas de voladura) cada uno adaptado para recibir o esperar señales entrantes que tengan una frecuencia específica correspondiente a uno o más grupos  
 60 específicos de conjuntos detonadores. De este modo, cada receptor puede solamente requerirse para diferencias las señales de acuse de recibo entrantes sobre la base de su hora de recepción.

REALIZACIÓN EJEMPLO 3 - Significa la programación de conjuntos detonadores con tiempos de respuesta anticolidión

65 En formas de realización preferidas, puede considerarse la configuración inicial de los aparatos de voladura para garantizar su rendimiento y función como se requiera. Volviendo ahora a la Figura 3, se ilustra un aparato de

voladura en donde la máquina de voladura es responsable para generar cada tiempo de respuesta anticolidión para cada conjunto detonador y la programación de cada conjunto detonador con su respectivo tiempo de respuesta anticolidión, antes de la llamada de presencia *roll-call*. La máquina de voladura 11 incluye una componente de generación de tiempo de respuesta anticolidión 30 para generar tiempos de respuesta anticolidión. La máquina de voladura 11 transmite luego tiempos de respuesta anticolidión 31 a los conjuntos detonadores en la disposición matricial de voladura. Esta forma de realización requerirá que la máquina de voladura esté 'enterada' o sea preprogramada con códigos de identificación de detonadores, de modo que los tiempos de respuesta anticolidión compartidos puedan codificarse con la información de identificación de detonador. De esta manera, los tiempos de respuesta anticolidión transmitidos son adecuadamente dirigidos y recibidos por los conjuntos detonadores requeridos desde un lugar distante del lugar de voladura. La ventaja de emplear este método se deriva de la opción de enviar los tiempos de respuesta anticolidión a los detonadores antes de que se haya despejado la sección pertinente de la mina (y cuando el tiempo es menos valioso). A continuación, la programación en paralelo más rápida aquí descrita puede utilizarse durante la ventana temporal de voladura.

En formas de realización alternativas a la ilustrada en la Figura 3, los conjuntos detonadores pueden programarse con tiempos de respuesta anticolidión antes de su colocación en el lugar de voladura, por intermedio de un dispositivo de programación portátil tal como un dispositivo de registro de datos *logger*. En la Figura 4, se ilustra un aparato de voladura similar al ilustrado en la Figura 1, pero incluyendo el *logger* 40. El *logger* 40 se comunica de forma unidireccional o bidireccional con cada detonador mediante una comunicación cableada o inalámbrica de corto alcance 41. El *logger* incluye un medio de generación de tiempo de respuesta anticolidión 42 que permite al *logger* asignar un tiempo de respuesta anticolidión a cada conjunto detonador durante la comunicación 41. La programación de dichos tiempos de respuesta anticolidión puede representar la función primaria del *logger* o como alternativa, puede ser en adición a las obligaciones operativas rutinarias del *logger* de registrar los detonadores en el lugar de voladura. El *logger* puede asignar un tiempo de respuesta anticolidión a cada conjunto detonador así como un código de identificación para cada conjunto detonador y de forma opcional, códigos de activación y/o tiempos de retardo. Como alternativa, los códigos de identificación de detonadores y/o códigos de activación y/o tiempos de retardo pueden preasignarse a un detonador o conjunto detonador antes del posicionamiento en el lugar de voladura. Un *logger* puede recuperar también información de cualquier tipo procedente de un conjunto detonador incluyendo, sin limitación, a los tiempos de respuesta anticolidión, códigos de identificación de detonador, códigos de activación, tiempos de retardo o información con respecto al estado operativo o condiciones medioambientales del conjunto detonador.

En cualquier caso, el *logger* puede transmitirse a cada conjunto detonador, por turno, en el lugar de voladura para recoger la información pertinente y/o transmitir dicha información. En formas de realización seleccionadas, el uso de un *logger* es particularmente preferido. Los *loggers* se suelen utilizar en los aparatos y métodos de voladura de la técnica anterior. La asignación de tiempos de respuesta anticolidión a conjuntos detonadores durante la fase de registro de una incidencia de voladura presentaría, por lo tanto, poca o ninguna inconveniencia para el operador de la voladura y añade poco o ningún tiempo a la configuración inicial del aparato de voladura en el lugar de voladura. El *logger* registraría una lista de conjuntos detonadores identificados presentes para la incidencia de voladura y situados en el lugar de voladura, junto con sus tiempos de respuesta anticolidión asignados y cualquier otra información pertinente (p.e., códigos de activación o tiempos de retardo, información del estado operativo del detonador, etc.). Dicha información puede descargarse luego 43 desde el *logger* 40 a la máquina de voladura 11 y/o al receptor 18, de modo que la máquina de voladura y/o el receptor lleguen a estar completamente 'enterados' de los conjuntos detonadores en el lugar de voladura y de sus tiempos de respuesta anticolidión asignados. De este modo, la máquina de voladura y/o el receptor conocen que se está a la 'espera' de las señales de acuse de recibo durante una llamada de presencia *roll-call* de conjuntos detonadores después de la transmisión por la máquina de voladura de una señal de control de acuse de recibo global a los conjuntos detonadores.

En formas de realización seleccionadas de los aparatos o métodos de voladura, la máquina de voladura, el *logger* o cualquier otro dispositivo de programación portátil puede asignar un número de respuesta a cada conjunto detonador, indicativo de una secuencia en la que los conjuntos detonadores responden a la recepción de una señal de control de acuse de recibo global. En dichas formas de realización, cada tiempo de respuesta anticolidión será calculado por cada conjunto detonador sobre la base de su número de respuesta asignado. A modo de ejemplo, para 10 conjuntos detonadores en una disposición matricial de voladura pueden asignarse números de respuesta desde 1 a 10. A continuación, cada detonador puede calcular su tiempo de respuesta en milisegundos como: número de respuesta x 30. De este modo, el conjunto detonador 1 transmitirá una señal de acuse de recibo 1 x 30 = 30 ms después de la recepción y procesamiento de una señal de acuse de recibo global, mientras que el conjunto detonador 10 transmitirá una señal de acuse de recibo 10 x 30 = 300 ms después de la recepción y procesamiento de la señal de acuse de recibo global. Los conjuntos detonadores restantes 2 a 9 transmitirán sus señales de acuse de recibo como una secuencia igualmente espaciada entre los conjuntos detonadores 1 y 10. La preprogramación de los conjuntos detonadores para recibir y procesar un número de respuesta único presenta, por lo tanto, un medio simple pero efectivo para asegurar que las señales de acuse de recibo sean transmitidas en una secuencia ordenada, prácticamente libre de interferencia o colisión entre las señales de acuse de recibo.

La programación de parámetros de identificación en los conjuntos detonadores antes de cualquier llamada de presencia *roll-call* de detonador representa un aspecto preferido importante de la presente invención. Dichos

parámetros de identificación, haciendo caso omiso del mecanismo de programación, proporcionan los conjuntos detonadores con los medios para identificar adecuadamente por sí mismos a uno o más receptores durante el proceso de llamada de presencia *roll-call* con lo que se permite la comunicación rápida para la llamada de presencia *roll-call* con riesgo mínimo de colisión de señales.

Sin importar cómo se programan los detonadores con tiempo de respuesta anticolidión, la programación de detonadores implica, preferentemente, el uso de tensiones inherentemente seguras inferiores a una tensión umbral para la activación de cada detonador. Lo que antecede elimina un riesgo de activación inadvertida del detonador durante una fase de programación de una incidencia de voladura.

#### REALIZACIÓN EJEMPLO 4 - *Salvaguardas adicionales preferidas para incorporación en los aparatos y métodos de voladura de la presente invención.*

Otras formas de realización pueden implicar una o más salvaguardas adicionales para garantizar la realización adecuada de la incidencia de voladura. A modo de ejemplo, abarcan el uso de conjuntos detonadores que, a la recepción de una señal de acuse de recibo global, sean capaces de transmitir una señal de advertencia que indica que no se ha programado con la información requerida para una llamada de presencia *roll-call* de conjunto detonador y/o para la conclusión de una incidencia de voladura. En formas de realización seleccionadas, una señal de advertencia puede transmitirse por un conjunto detonador a la recepción de una señal de acuse de recibo global si el conjunto detonador no ha sido preprogramado con un tiempo de respuesta anticolidión. Efectivamente, la señal de advertencia proporciona al aparato de voladura u operador de voladura alguna indicación de que el conjunto detonador no es capaz de dar una respuesta adecuada durante la llamada de presencia *roll-call*. A modo de ejemplo, la ocurrencia de una señal de advertencia puede indicar que un detonador o conjunto detonador particular no ha sido adecuadamente 'visitado' por un dispositivo electrónico portátil o registrado por un *logger* adecuado. En formas de realización seleccionadas, cada señal de advertencia puede tener un contenido similar o idéntico al de una señal de acuse de recibo, pero puede transmitirse en una hora específica después de la recepción de la señal de control de acuse de recibo global que es diferente a una hora de transmisión de cualquiera de las señales de acuse de recibo. En formas de realización seleccionadas, cada hora específica para cada señal de advertencia puede necesitar un tiempo aleatorio o predeterminado dentro de un marco de tiempo o ventana temporal generalmente separada de una ventana temporal para la llamada de presencia *roll-call* para servir de ayuda para evitar una colisión entre las señales de advertencia y/o señales de advertencia y señales de acuse de recibo. De este modo, el receptor puede diferenciar, con mayor facilidad, cada señal de advertencia con respecto a las señales de acuse de recibo. Cada señal de advertencia puede adoptar una forma muy simple o puede incluir más datos complejos tales como información de identificación para el conjunto detonador. En la mayoría de las formas de realización preferidas, el receptor puede programarse para 'esperar' señales de acuse de recibo de un número predeterminado, o en una secuencia predeterminada procedentes de los conjuntos detonadores, de modo que el fallo de un conjunto detonador en transmitir una señal de acuse de recibo sea detectado por dicho receptor debido a su ausencia entre el número predeterminado o secuencia predeterminada de señales de acuse de recibo.

#### REALIZACIÓN EJEMPLO 5 - *Calibración de reloj para conjuntos detonadores*

Según se describió con anterioridad, las formas de realización seleccionadas implican la asignación de un tiempo de respuesta anticolidión a cada conjunto detonador. Cada tiempo de respuesta anticolidión asigna efectivamente un parámetro de identificación a cada conjunto detonador. Sin embargo, para que los tiempos de respuesta anticolidión actúen efectivamente en la disposición matricial de voladura, los conjuntos detonadores suelen incluir relojes que están adecuadamente calibrados en relación mutua. El uso de relojes deficientemente calibrados podría dar lugar a colisión de las señales de acuse de recibo, puesto que los tiempos de respuesta anticolidión no serán objeto de conteo descendente en una manera equivalente entre los conjuntos detonadores en el lugar de voladura. En consecuencia, otro aspecto preferido importante de los aparatos y métodos de voladura de la invención implica alguna forma de calibración de los relojes internos de los conjuntos detonadores presentes. A modo de ejemplo, los relojes de los conjuntos detonadores pueden calibrarse en su fabricación. Sin embargo, dichos relojes necesitarían ser muy exactos si ha de evitarse una deriva del reloj importante entre el punto de fabricación y el punto de uso en el lugar de voladura.

En otras formas de realización, los relojes pueden calibrarse en el lugar de voladura por intermedio de cualquier medio adecuado. A modo de ejemplo, la al menos una máquina de voladura u otro componente del aparato de voladura pueden transmitir una señal portadora, empleando cada reloj la tecnología de bloqueo de fase para bloquear la fase de los relojes con la señal portadora, con lo que se mejora la sincronización de los relojes. La calibración *in situ* de los relojes en el lugar de voladura puede conseguirse también en conformidad con las enseñanzas de la solicitud de patente internacional PCT/AU2006/001619 presentada el 27 de octubre de 2006, que se incorpora aquí por referencia. En otras formas de realización, el *logger* puede comprender una componente de calibración de reloj tal como un reloj de calibración interna o una onda portadora de corto alcance, de modo que los relojes del conjunto detonador sean calibrados mediante la comunicación con el *logger* mediante una fase de registro de la incidencia de voladura.

El reloj puede calibrarse también en su fabricación o en la fabricación de los conjuntos detonadores

correspondientes que incorporan los relojes y cada reloj puede comprender un oscilador de cristal o cerámico.

REALIZACIÓN EJEMPLO 6 - Un conjunto detonador.

5 Se describe un conjunto detonador para uso en relación con el aparato de voladura o en un método de voladura. En su forma básica, el conjunto detonador puede incluir:

(i) un detonador que incluye una carga base;

10 (ii) una memoria dedicada para memorizar un tiempo de respuesta anticolidión;

(iii) un reloj para un conteo descendente del tiempo de respuesta anticolidión cuando se memoriza en la memoria dedicada a la recepción, desde una máquina de voladura, de una señal de control de acuse de recibo global; y

15 (iv) un transmisor para transmitir una señal de acuse de recibo en respuesta a dicha señal de control de acuse de recibo global, a la terminación de dicho tiempo de respuesta anticolidión.

REALIZACIÓN EJEMPLO 7 - Métodos que implican el uso de parámetros de identificación para conjuntos detonadores, que comprenden tiempos de respuesta anticolidión

20 La Figura 5 ilustra un método preferido que implica el uso de tiempos de respuesta anticolidión como parámetros de identificación para conjuntos detonadores. El método realiza una llamada de presencia *roll-call* de conjunto detonador para comprobar que al menos dos conjuntos detonadores forman componentes operativos de un aparato de voladura en un lugar de voladura.

25 En la etapa 101, el método implica la programación de cada conjunto detonador con un tiempo de respuesta anticolidión.

30 En la etapa 102, el método implica la transmisión desde al menos una máquina de voladura de una señal de control de acuse de recibo global para su recepción por los conjuntos detonadores, para hacer que cada conjunto detonador efectúe un conteo descendente de su tiempo de respuesta anticolidión programado.

35 En la etapa 103, el método implica la transmisión desde conjunto detonador, a la terminación del conteo descendente del tiempo de respuesta anticolidión programado, de una señal de acuse de recibo para al menos un receptor que forme opcionalmente parte de dicha al menos una máquina de voladura. La hora de recepción inicial por el al menos un receptor de la señal de acuse de recibo preferentemente tiene lugar en una hora diferente de la hora de recepción inicial de cada otra señal de acuse de recibo. Por lo tanto, se permite la diferenciación de las señales de acuse de recibo por el receptor, con lo que se proporciona confirmación de que cada conjunto detonador forma un componente objetivo del aparato de voladura. Preferentemente, en la etapa 103, el al menos un receptor procesa y diferencia las señales de acuse de recibo entrantes y si se requiere, determina un conjunto detonador desde el que se deriva cada señal de acuse de recibo, por intermedio de una hora de recepción de cada señal de acuse de recibo relativa a la recepción de otras señales de acuse de recibo o relativas a un hora cero. Según se describió con anterioridad con respecto a la Figura 2, en las formas de realización preferidas en al menos dos de las señales de acuse de recibo transmitidas por dichos conjuntos detonadores pueden solaparse temporalmente con lo que se reduce todavía más el tiempo requerido para una llamada de presencia *roll-call* de detonador.

45 En los métodos de la presente invención cada tiempo de respuesta anticolidión puede programarse en cada conjunto detonador por cualquier medio incluyendo, sin limitación, la programación en fábrica o la programación mediante la comunicación con una máquina de voladura, un *logger* o cualquier otro componente del aparato de voladura antes o después de la colocación en el lugar de voladura.

50 En formas de realización preferidas, los métodos entre las etapas 101 y 103 de la Figura 5 pueden incluir la etapa adicional de:

55 descargar la información del lugar de voladura desde un dispositivo de programación portátil en al menos una máquina de voladura, de modo que la siguiente transmisión por la al menos una máquina de voladura de la señal de control de acuse de recibo global y la posterior recepción por la máquina de voladura de las señales de acuse de recibo procedentes de los al menos dos conjuntos detonadores, la al menos una máquina de voladura asocia cada señal de acuse de recibo con cada conjunto detonador en conformidad con la información del lugar de voladura.

60 Preferentemente en la etapa 101 de la Figura 5, el dispositivo de programación portátil asigna un número de respuesta único a cada conjunto detonador, indicativo de una secuencia en la que los conjuntos detonadores responden a la recepción en la etapa 102 de una señal de control de acuse de recibo global, siendo cada tiempo de respuesta anticolidión calculado por cada conjunto detonador sobre la base de su número de respuesta asignado.

65 En otras formas de realización preferidas de los métodos, los tiempos de respuesta anticolidión de los conjuntos

5 detonadores incluyen una serie de tiempos de respuesta anticolisión temporalmente espaciados en intervalos prácticamente iguales, de modo que la transmisión por la al menos una máquina de voladura de una señal de control de acuse de recibo global a los conjuntos detonadores causa la transmisión por los conjuntos detonadores, en la etapa 103, de una secuencia temporalmente espaciada de forma periódica de las señales de acuse de recibo para la recepción por el al menos un receptor.

Los métodos preferidos pueden incluir, además, medios de salvaguarda adicionales y/o medios de calibración de reloj en conformidad con las realizaciones 4 y 5, a modo de ejemplo, anteriormente descritas.

10 Se da a conocer el uso de un aparato de voladura para verificar la comunicación con los componentes del aparato de voladura.

Se da a conocer el uso de un aparato de voladura en una explotación de minería.

15



**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto detonador (12a) que comprende:

5 un detonador (13a) que incluye una carga base (14a),

una memoria para memorizar un tiempo de retardo para la activación del detonador durante un incidencia de voladura;

10 un medio para recibir y/o procesar señales de control entrantes;

caracterizado por cuanto que el conjunto detonador (12a) comprende, además:

15 una memoria dedicada (15a) para memorizar un tiempo de respuesta anticolidión;

un reloj (16a) para contar un tiempo de respuesta anticolidión único cuando se memoriza en la memoria dedicada a la recepción por una máquina de voladura (11) de una señal de control de acuse de recibo global (20); y

20 un transmisor (17a) para transmitir una señal de acuse de recibo en respuesta a dicha señal de control de acuse de recibo global (20), a la terminación de dicho tiempo de respuesta anticolidión.

2. Un aparato de voladura que comprende:

25 (1) al menos una máquina de voladura (11) para transmitir al menos una señal de control a por lo menos dos conjuntos detonadores asociados (12a, 12b) incluyendo al menos una señal de control de acuse de recibo global (20) para recepción por dichos al menos dos conjuntos detonadores (12a, 12b);

(2) al menos dos conjuntos detonadores (12a, 12b) cada uno según la reivindicación 1; y

30 (3) al menos un receptor (18) para recibir dichas señales de acuse de recibo procedentes de dichos conjuntos detonadores (12a, 12b) y diferenciar cada señal de acuse de recibo en conformidad con su hora de recepción, con el fin de verificar así una comunicación con cada conjunto detonador (12a, 12b) de dicho aparato de voladura.

35 3. El aparato de voladura según la reivindicación 2, en donde dicho al menos un receptor (18) procesa y diferencia las señales de acuse de recibo entrantes y si fuere necesario, determina de qué conjunto detonador (12a, 12b) se deriva cada señal de acuse de recibo, por medio de una hora de recepción de cada señal de acuse de recibo con respecto a otras señales de acuse de recibo o con respecto a una hora cero.

40 4. El aparato de voladura según la reivindicación 2, en donde el aparato de voladura comprende, además, un dispositivo de programación portátil (40) para programar cada conjunto detonador con su tiempo de respuesta anticolidión única por intermedio de una comunicación de corto alcance, después de la colocación de cada conjunto detonador en un lugar de voladura.

45 5. El aparato de voladura según la reivindicación 4, en donde el dispositivo de programación portátil (40) registra información del lugar de voladura que incluye una identificación de cada conjunto detonador y un tiempo de respuesta anticolidión para cada conjunto detonador.

50 6. El aparato de voladura según la reivindicación 5, en donde el dispositivo de programación portátil descarga información del lugar de voladura a dicha al menos una máquina de voladura (11) y después de la transmisión por dicha al menos una máquina de voladura (11) de dicha señal de control de acuse de recibo global (20) y a la recepción posterior por dicha máquina de voladura (11) de dichas señales de acuse de recibo procedentes de dichos al menos dos conjuntos detonadores (12a, 12b), dicha al menos una máquina de voladura (11) asocia cada señal de acuse de recibo con cada conjunto detonador (12a, 12b) en conformidad con dicha información del lugar de voladura.

55 7. El aparato de voladura según la reivindicación 4, en donde el dispositivo de programación portátil (40) asigna un número de respuesta único a cada conjunto detonador (12a, 12b), indicativo de una secuencia en la que los conjuntos detonadores (12a, 12b) responden a la recepción de una señal de control de acuse de recibo global (20), siendo cada tiempo de respuesta anticolidión calculado por cada conjunto detonador (12a, 12b) sobre la base de su número de respuesta asignado.

60 8. El aparato de voladura según la reivindicación 2, en donde los tiempos de respuesta de colisión de los conjuntos detonadores (12a, 12b) incluyen una serie de tiempos de respuesta anticolidión espaciados temporalmente de forma prácticamente igual, de modo que dicha emisión por dicha al menos una máquina de voladura (11) de una señal de control de acuse de recibo global (20) a dichos conjuntos detonadores da lugar a una transmisión por dichos conjuntos detonadores (12a, 12b) de una secuencia espaciada temporalmente de forma

periódica de dichas señales de acuse de recibo para la recepción por dicho receptor (18).

5 **9.** El aparato de voladura según la reivindicación 8, en donde las señales de acuse de recibo se reciben por dichos al menos un receptor (18) a una distancia temporal aproximada de 0.1 a 100 ms.

10 **10.** El aparato de voladura según la reivindicación 2, en donde cualquier conjunto detonador (12a, 12b) que no haya sido adecuadamente programado con un tiempo de respuesta anticolidión antes de la transmisión de dicha señal de control de acuse de recibo global (20), es reprogramado para responder a dicha señal de control de acuse de recibo global (20) mediante la transmisión de una señal de advertencia con el fin de advertir al receptor (18) o a un operador de voladura que el conjunto detonador (12a, 12b) no ha sido correctamente programado.

15 **11.** El aparato de voladura según la reivindicación 10, en donde cada señal de advertencia tiene un contenido similar o idéntico al de una señal de acuse de recibo pero se transmite a una hora específica después de la recepción de la señal de control de acuse de recibo global (20) que es diferente de una hora de transmisión de una cualquiera de las señales de acuse de recibo, de modo que el receptor (18) pueda diferenciar cada señal de advertencia con respecto a las señales de acuse de recibo.

20 **12.** El aparato de voladura según la reivindicación 10, en donde la señal de advertencia incluye datos que comprende una identificación para un detonador (13a, 13b).

25 **13.** El aparato de voladura según la reivindicación 7, en donde el receptor (18) es programado para esperar las señales de acuse de recibo de un número predeterminado o en una secuencia predeterminada procedentes de dichos conjuntos detonadores (12a, 12b), de modo que un fallo de un conjunto detonador (12a, 12b) de transmitir una señal de acuse de recibo sea detectado por dicho receptor (18) debido a su ausencia en el número predeterminado o en la secuencia predeterminada de señales de acuse de recibo.

30 **14.** Un método para comprobar que al menos dos conjuntos detonadores (12a, 12b) cada uno según la reivindicación 1, forman componentes operativos de un aparato de voladura en un lugar de voladura, que se caracteriza por cuanto que el método comprende las etapas de:

(1) programación de cada conjunto detonador con un tiempo de respuesta anticolidión único que es independiente de un tiempo de retardo para la activación del detonador durante una incidencia de voladura;

35 (2) la transmisión por al menos una máquina de voladura (11), de una señal de control de acuse de recibo global (20) para recepción por los conjuntos detonadores (12a, 12b), con el fin de llevar cada conjunto detonador (12a, 12b) a contar su tiempo de respuesta anticolidión programada;

40 (3) la transmisión, por cada conjunto detonador (12a, 12b), a la terminación del conteo de su tiempo de respuesta anticolidión programado, de una señal de acuse de recibo a por lo menos un receptor (18), una hora de recepción por dicho al menos un receptor (18) de cada señal de acuse de recibo que tiene lugar a una hora diferente de una hora de recepción de al menos otra señal de acuse de recibo, permitiendo así la diferenciación de dichas señales de acuse de recibo por dicho receptor (18) y proporcionando la confirmación de que cada conjunto detonador (12a, 12b) forma un componente operativo del aparato de voladura.

45 **15.** Uso de un aparato de voladura según la reivindicación 2, con el fin de verificar la comunicación entre al menos una máquina de voladura (11) y al menos dos conjuntos detonadores (12a, 12b).

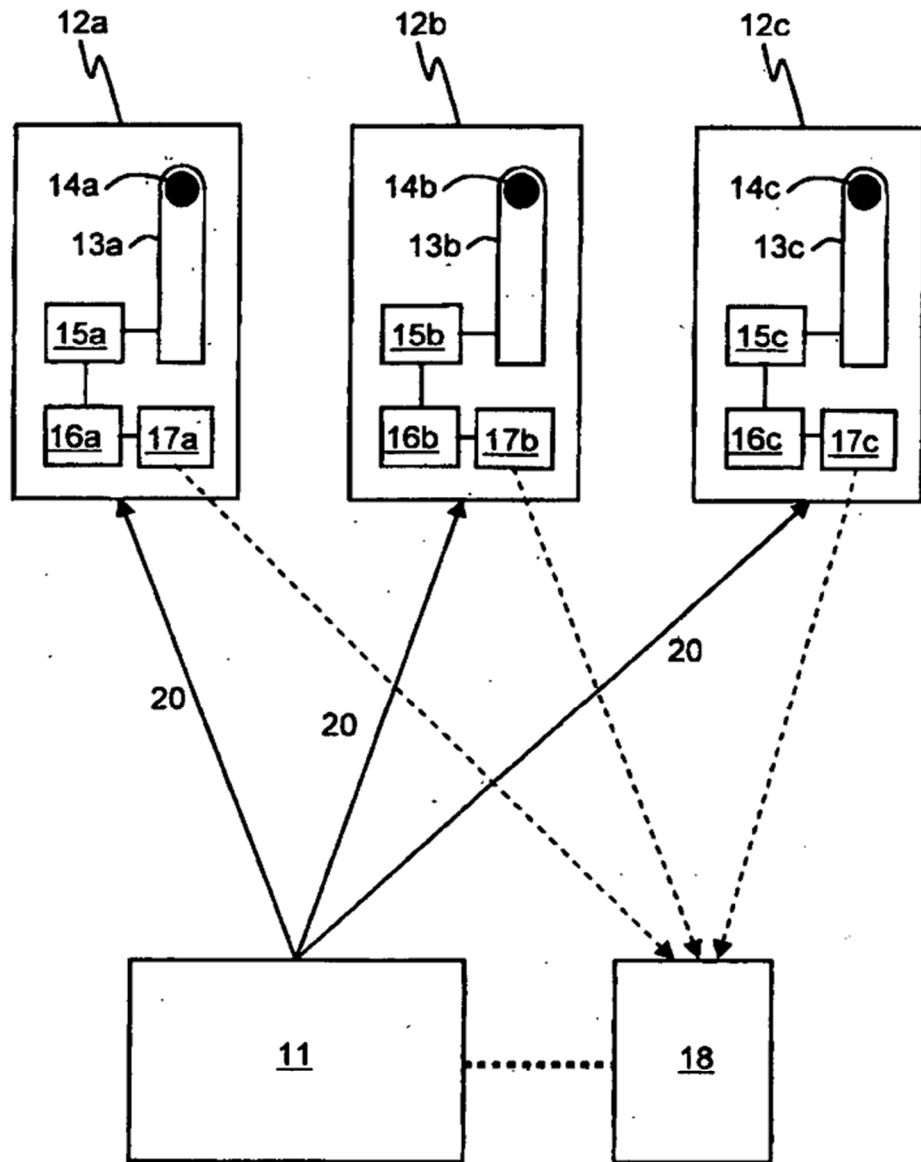


Fig. 1

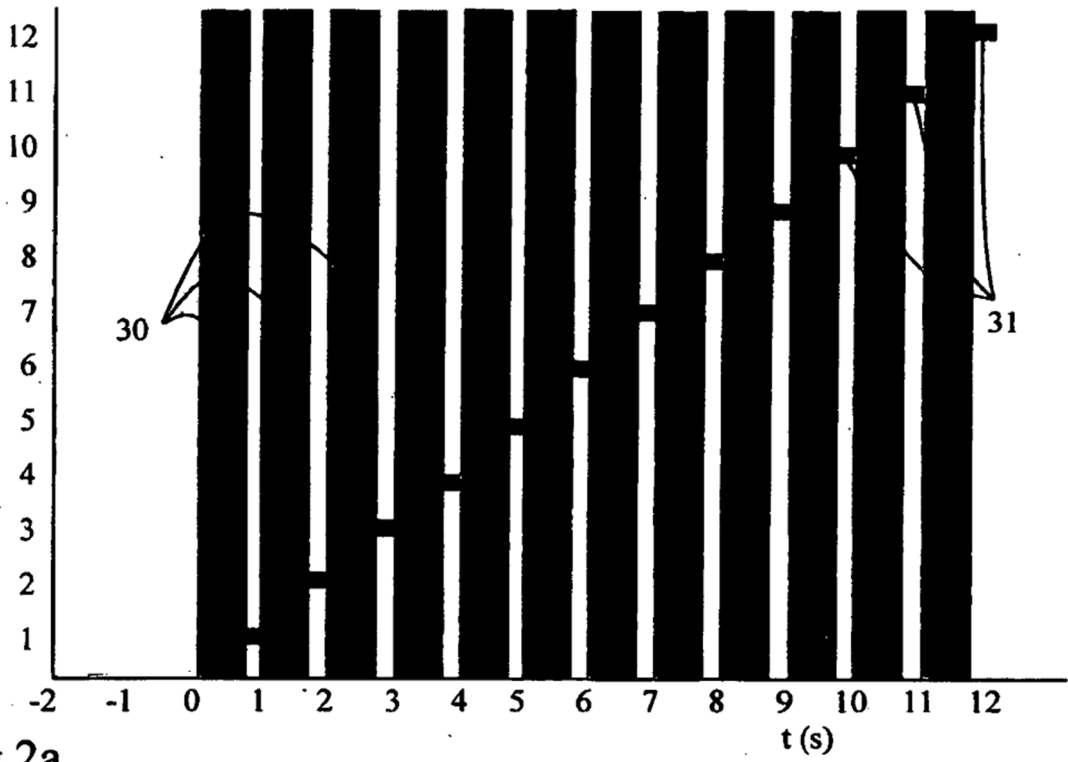


Fig 2a

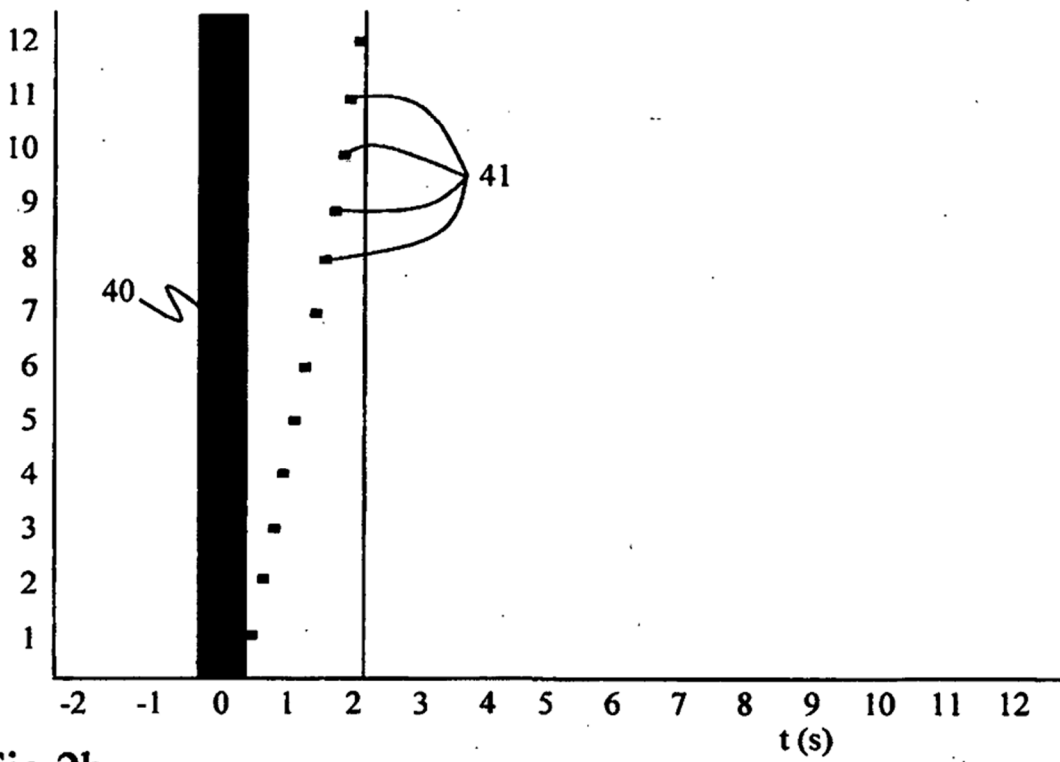


Fig 2b

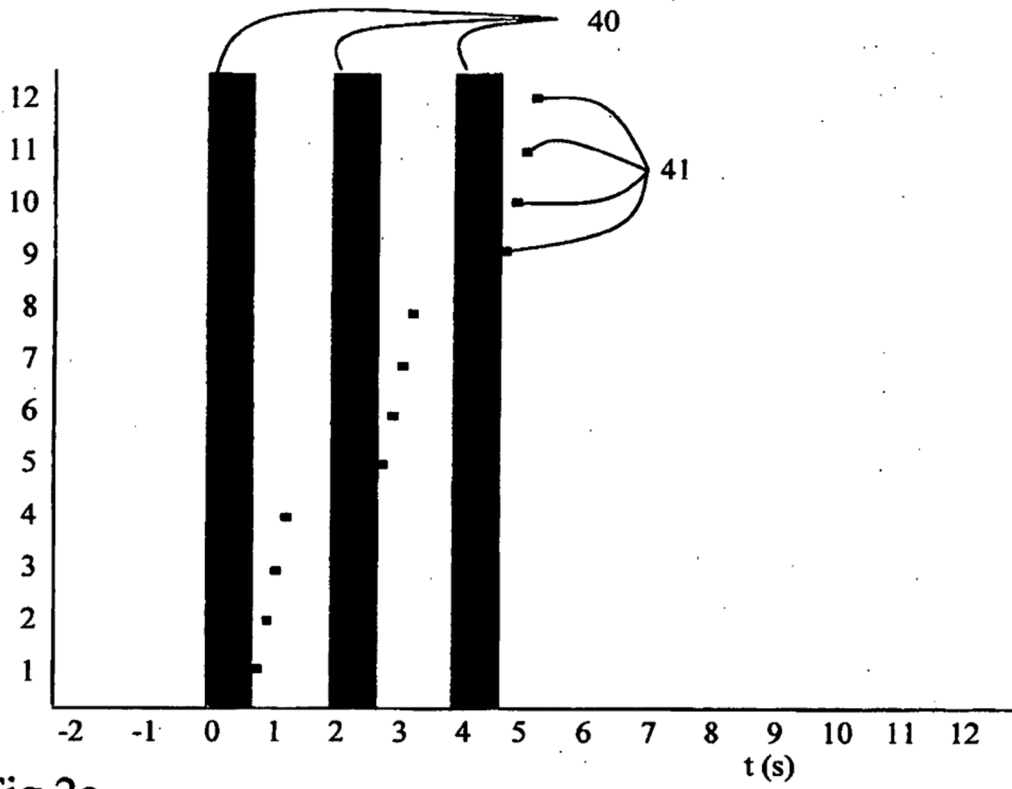


Fig 2c

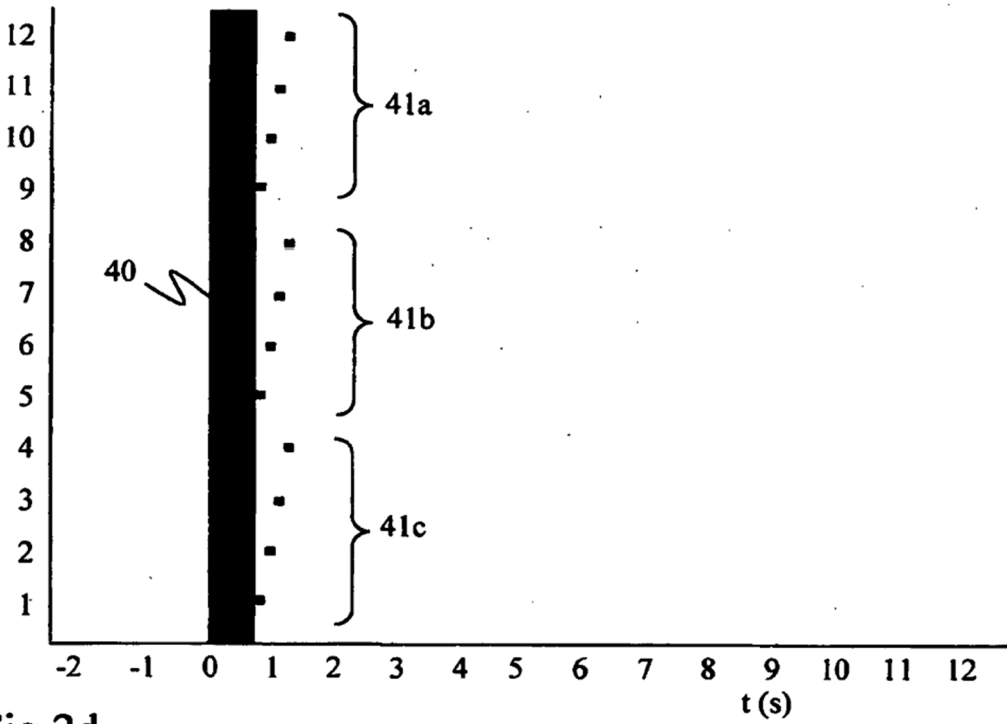


Fig 2d

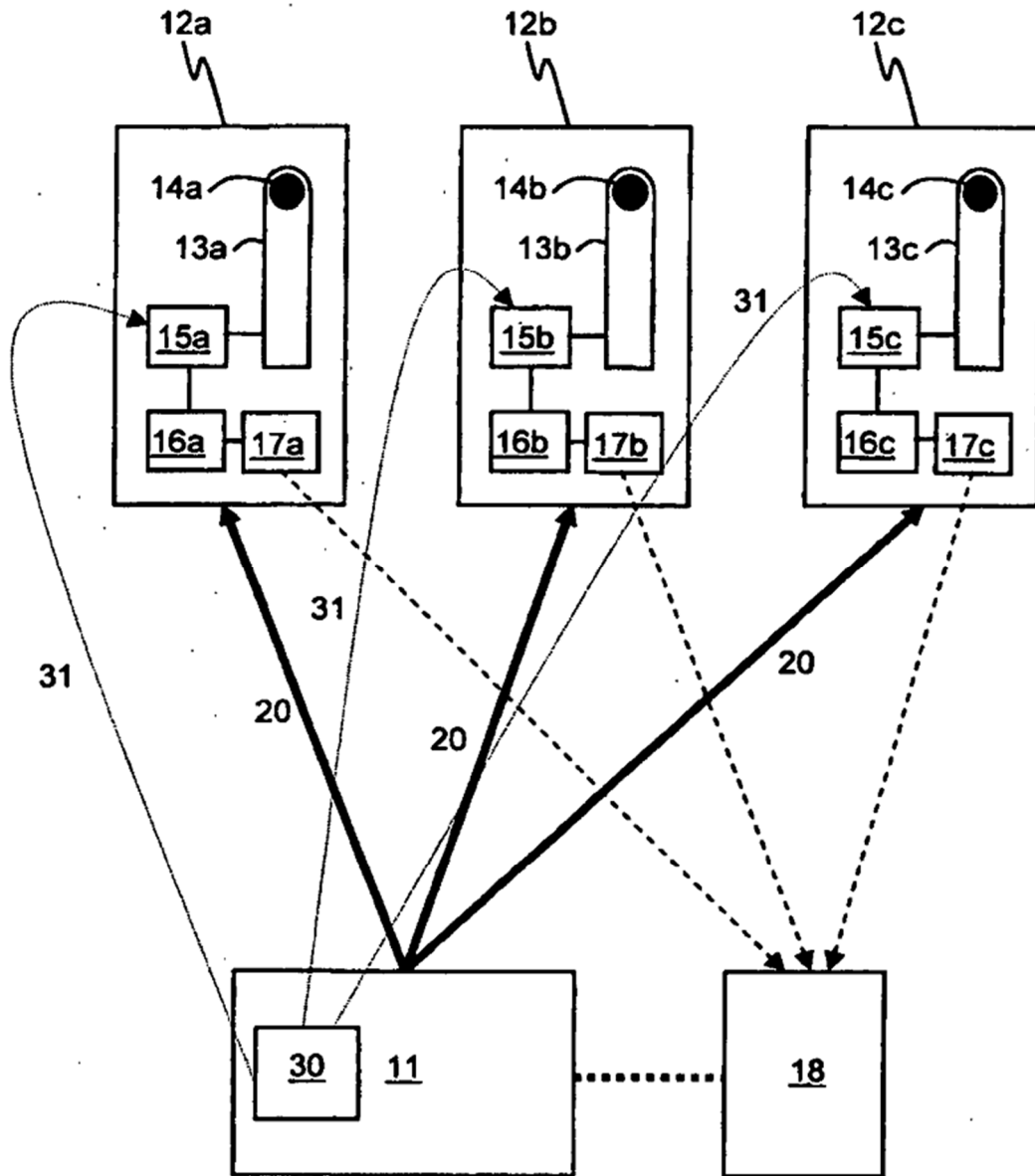


Fig. 3

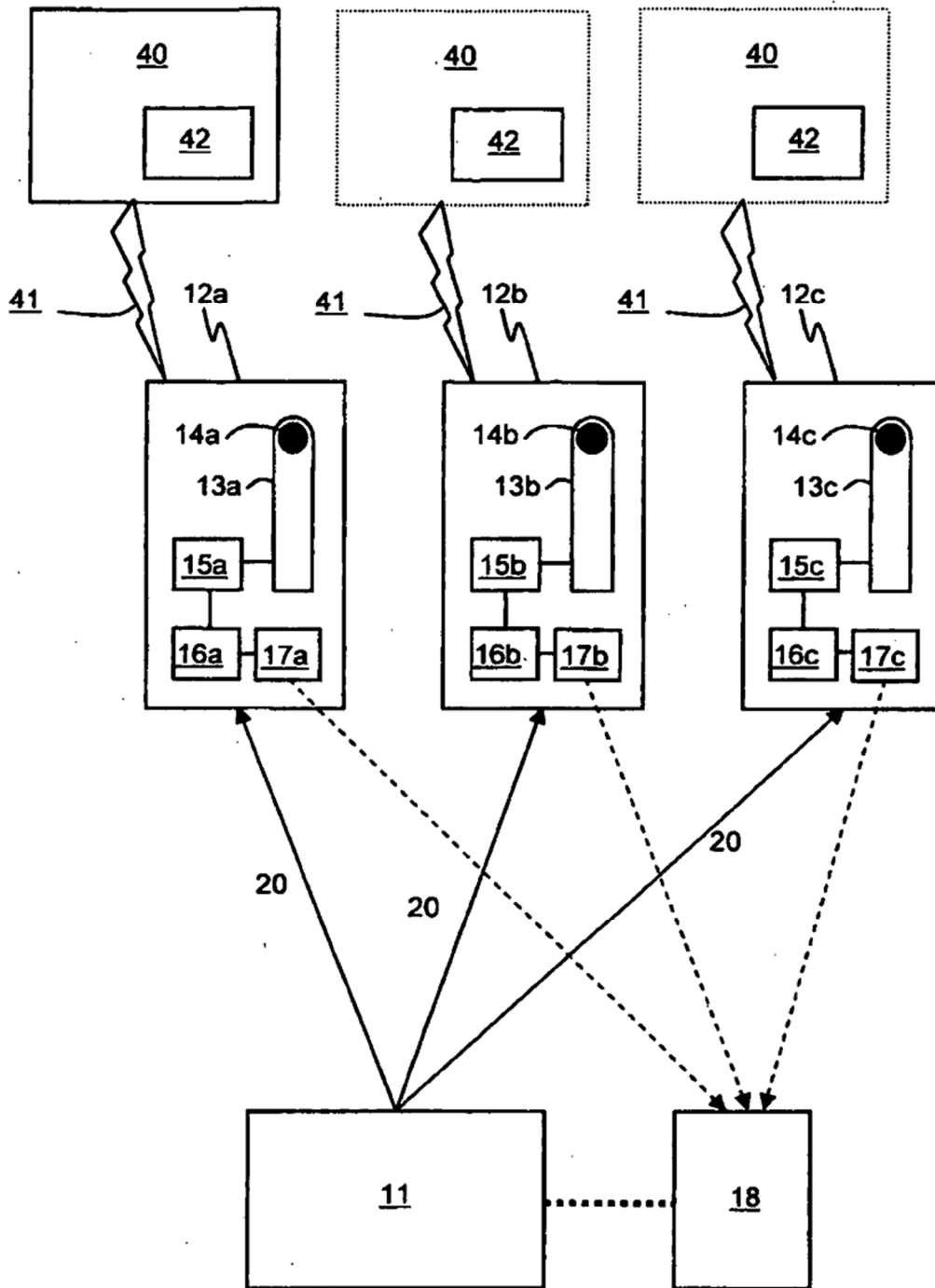
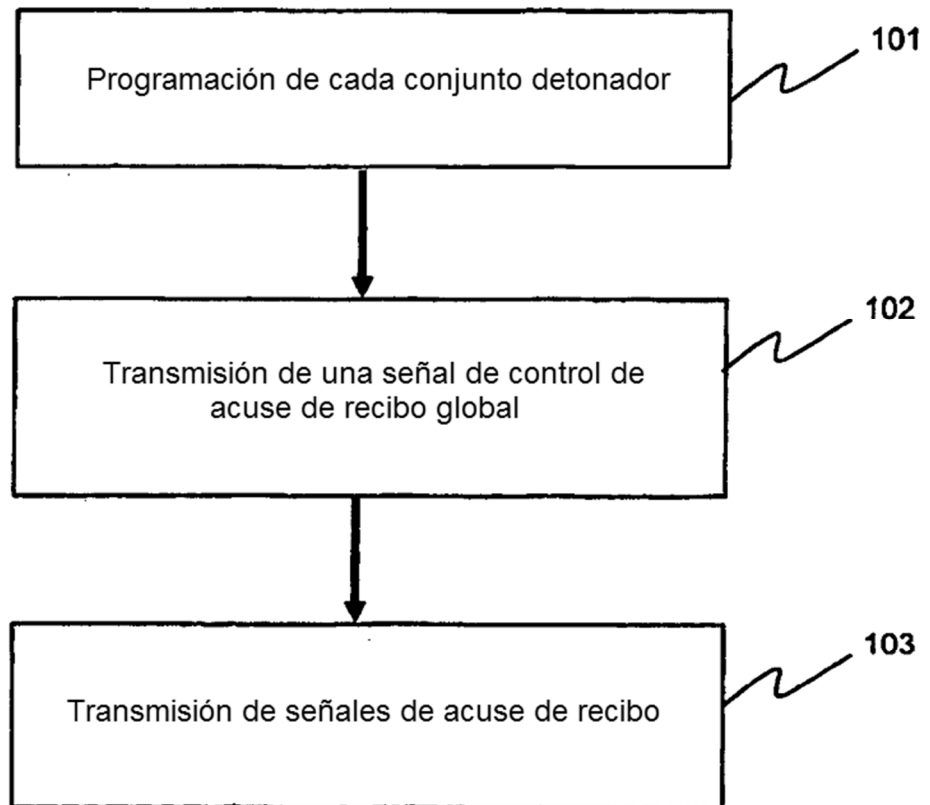


Fig. 4



**Fig. 5**