



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 638 152**

⑮ Int. Cl.:

**E21B 44/00** (2006.01)  
**E21B 44/02** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑥ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.04.2008 PCT/SE2008/000257**

⑦ Fecha y número de publicación internacional: **23.10.2008 WO08127173**

⑨ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2008 E 08724171 (7)**

⑩ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017 EP 2140105**

---

⑭ Título: **Método y dispositivo para controlar al menos un parámetro de perforación para la perforación de roca**

⑩ Prioridad:

**11.04.2007 SE 0700885**

⑮ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**18.10.2017**

⑬ Titular/es:

**ATLAS COPCO ROCK DRILLS AB (100.0%)  
701 91 Örebro, SE**

⑭ Inventor/es:

**SINNERSTAD, JONAS;  
OLSSON, MAGNUS y  
LEÜ, MARCUS**

⑭ Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 638 152 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**

Método y dispositivo para controlar al menos un parámetro de perforación para la perforación de roca

**Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método y a un dispositivo para controlar al menos un parámetro de perforación cuando se perfora en roca, como se especifica en el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 10, respectivamente.

**Antecedentes de la invención**

La perforación de roca a menudo se lleva a cabo mediante perforación de percusión, donde se utiliza un émbolo de percusión, que a menudo es accionado hidráulicamente, para crear una onda de choque con la ayuda de una fuerza de impacto que se genera por presión hidráulica (presión de percusión), siendo la onda de choque transmitida a la broca y por lo tanto a la roca a través de la varilla de perforación (barra de perforación). Al contactar con la roca, unas espingas hechas de una aleación dura de la broca que contacta con la roca se empujan al interior de la roca, generando una fuerza lo bastante fuerte como para fragmentar la roca.

Se aplica en general, y especialmente en el caso de perforar en condiciones de roca difíciles y con una gran fuerza de impacto, que la broca debe tener un contacto tan bueno con la roca como sea posible.

Por esta razón, la máquina perforadora es presionada contra la roca. La máquina perforadora puede estar unida por ejemplo a un carro, que se mueve a lo largo de un medio de soporte, tal como una viga de avance, que está conectada a un transporte, tal como un vehículo. La broca es empujada al interior de la roca moviendo el carro, y por tanto, la máquina de perforación, a lo largo de la viga de avance hacia la roca. El carro puede ser accionado, por ejemplo, por un cilindro hidráulico, que se denomina normalmente cilindro de avance. Alternativamente, la máquina de perforación puede ser movida hacia delante utilizando lo que se denomina avance de cadena, en cuyo caso el cilindro de avance se sustituye por un motor hidráulico (motor de avance) equipado con un engranaje recto. El carro (la máquina perforadora) se puede mover entonces hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la viga con la ayuda de una cadena que está fijada al carro y es accionada por el motor de avance, donde la cadena discurre a lo largo de la viga de avance. La presión hidráulica que acciona el cilindro de avance o el motor de avance se denomina generalmente presión de avance.

Las condiciones de perforación predominantes cambian a menudo cuando una máquina perforadora de este tipo se está utilizando para la perforación. Hay muchos tipos diferentes de roca, que difieren en perforabilidad según su calidad, tal como por ejemplo la dureza. Generalmente se considera que las rocas blandas y desmenuzables representan las condiciones de perforación más difíciles. El riesgo en el caso de la perforación en roca blanda es que se refleje parte de la energía de las ondas de choque cuando la roca está siendo golpeada y se transmita de vuelta a la máquina perforadora a lo largo de la barra de perforación. La consecuencia de esto es que se puede reducir la vida útil de la broca, la varilla de perforación y la máquina perforadora, con los correspondientes aumentos de coste como resultado. La perforación puede hacerse aún más difícil por condiciones tales como tipos de roca de diferente dureza situados en una disposición mixta en varios lechos.

Se aplica generalmente que un aumento en la velocidad de perforación (tasa de perforación) da una indicación de que la roca se está volviendo más blanda. Según la técnica anterior existen soluciones que utilizan este hecho. En una de las soluciones conocidas, un regulador de estrangulación o válvula de estrangulación está montado en el extremo de retorno del motor de avance hidráulico. Si la tasa de perforación entonces se vuelve mayor de lo que se considera normal, la válvula de estrangulación comienza a reducir el flujo a través del motor, para que se acumule una diferencia de presión en el extremo de retorno. El aumento de presión significa que la diferencia de presión sobre el motor de avance se reduce, y cuando se utiliza una válvula que está controlada por esta diferencia de presión, y que a su vez influye en la presión de percusión, la presión de percusión puede ser reducida a un nivel de perforación inicial o esencialmente apagada completamente cuando la broca entre en una zona de roca más blanda.

Tal solución se describe en la patente europea EP 1.102.917 B1, con la diferencia de que en este caso la válvula de estrangulación está colocada aguas arriba del motor de avance. En esta solución se mide la presión sobre la válvula de estrangulación y se utiliza para influir en la presión de percusión si la diferencia de presión llega a ser demasiado grande.

Un procedimiento adicional para controlar al menos un parámetro de perforación según el preámbulo de la reivindicación 1 se conoce de la patente WO 2006/126933.

Sin embargo, las soluciones descritas anteriormente tienen en común que son difíciles de ajustar apropiadamente cuando el equipo de perforación se instala en una nueva localización de perforación. Una razón de esto es que, mientras que una cierta diferencia de presión sobre el motor de avance o la válvula de estrangulación puede ser adecuada para reducir la presión de percusión en un tipo de roca, una diferencia de presión completamente diferente puede ser adecuada en el caso de otro tipo de roca.

Existe, por tanto, la necesidad de un método y dispositivo mejorados para controlar la presión de percusión, en particular cuando cambian las condiciones de perforación, que al menos reduzcan los problemas encontrados en la técnica anterior.

#### Objetivo y características más importantes de la invención

- 5 Uno de los objetivos de la presente invención es proporcionar un método para controlar al menos un parámetro de perforación para solventar el problema anterior.
- Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo para controlar al menos un parámetro de perforación para solventar el problema anterior.
- 10 Estos y otros objetivos se consiguen según la presente invención mediante un método para controlar los parámetros de perforación como se define en la reivindicación 1, y mediante un dispositivo según la reivindicación 10.
- Según la presente invención, los objetivos anteriores se consiguen con la ayuda de un método y un dispositivo para controlar parámetros de perforación cuando se perfora en roca con la ayuda de un dispositivo generador de impulsos tal como una máquina de perforación. Durante la perforación, un dispositivo generador de impulsos, tal como una máquina de perforación, que utiliza un dispositivo de impacto, tal como por ejemplo un émbolo de percusión convencional, está dispuesto para inducir ondas de choque en una herramienta que actúa contra la roca. El dispositivo generador de impulsos mencionado es desplazable con respecto a un medio de soporte en la dirección de perforación, y se controla un nivel de presión de una presión generadora de ondas de choque durante la operación de perforación. Se determina una velocidad de perforación de la operación de perforación mencionada determinando un movimiento del dispositivo generador de impulsos con respecto al medio de soporte mencionado, y la presión generadora de ondas de choque se controla en función de la velocidad de perforación determinada mencionada. La presión generadora de ondas de choque se reduce al aumentar la velocidad de perforación mencionada, y la presión generadora de ondas de choque aumenta al disminuir la velocidad de perforación mencionada.
- 15 La ventaja de esta disposición es que mediante el control de la presión generadora de ondas de choque, tal como la presión de percusión, en función de la velocidad real de perforación, puede utilizarse en todas las situaciones la presión de percusión correcta con respecto a la velocidad de perforación predominante. Esto a su vez significa que se pueden prevenir reflexiones dañinas, tanto en el caso de perforación inicial como de perforación normal. La invención tiene también la ventaja de que hace posible reducir las incertidumbres en el funcionamiento de los componentes hidráulicos, que se deben, por ejemplo, a la viscosidad del aceite y a la temperatura del entorno.
- 20 La presente invención tiene también la ventaja de que proporciona un sistema que es sencillo de ajustar, ya que los niveles de velocidad para el comienzo y el final del control y los valores máximo y mínimo de la presión de percusión durante el funcionamiento del control pueden establecerse de manera sencilla desde el panel de control del equipo de perforación, y también se pueden cambiar y ajustar durante el funcionamiento.
- 25 La ventaja de esta disposición es que mediante el control de la presión generadora de ondas de choque, tal como la presión de percusión, en función de la velocidad real de perforación, puede utilizarse en todas las situaciones la presión de percusión correcta con respecto a la velocidad de perforación predominante. Esto a su vez significa que se pueden prevenir reflexiones dañinas, tanto en el caso de perforación inicial como de perforación normal. La invención tiene también la ventaja de que hace posible reducir las incertidumbres en el funcionamiento de los componentes hidráulicos, que se deben, por ejemplo, a la viscosidad del aceite y a la temperatura del entorno.
- 30 La presente invención tiene también la ventaja de que proporciona un sistema que es sencillo de ajustar, ya que los niveles de velocidad para el comienzo y el final del control y los valores máximo y mínimo de la presión de percusión durante el funcionamiento del control pueden establecerse de manera sencilla desde el panel de control del equipo de perforación, y también se pueden cambiar y ajustar durante el funcionamiento.
- 35 El equipo de perforación de roca mencionado puede comprender al menos un brazo que tiene un primer extremo y un segundo extremo, donde el primer extremo puede fijarse a un transporte y el segundo extremo puede fijarse al medio de soporte mencionado.
- Además, la presión generadora de ondas de choque puede ser controlada de tal manera que refleje los cambios en la velocidad de perforación mencionada.
- 40 Durante el control, la presión generadora de ondas de choque se puede variar, por ejemplo, entre un primer nivel, que corresponde esencialmente a un nivel de perforación normal, y un segundo nivel, que corresponde esencialmente a cualquiera de los siguientes: nivel de perforación inicial, básicamente una interrupción, y una fracción del nivel de perforación normal mencionado.
- 45 El control puede llevarse a cabo, por ejemplo, con ayuda de una relación matemática entre la velocidad de perforación y la presión generadora de ondas de choque y/o mediante la búsqueda en una tabla que proporcione una relación entre la velocidad de perforación y la presión generadora de ondas de choque.
- Esta función puede comprender, por ejemplo, una o más de las siguientes: proporcional a la velocidad de perforación, inversamente proporcional a la velocidad de perforación, exponencial a la velocidad de perforación, logarítmica a la velocidad de perforación, y aquellas que están en una cierta relación con la velocidad de perforación.
- 50 La velocidad de perforación se puede determinar, por ejemplo, continuamente y/o a ciertos intervalos, por ejemplo, mediante detección, monitorización, medición o cálculo.
- La presente invención se refiere también a un dispositivo, mediante el cual se obtienen las ventajas de lo que se ha descrito anteriormente.
- Se derivan otras ventajas de diversos aspectos de la invención, y surgirán a partir de la siguiente descripción detallada.

**Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 muestra un ejemplo de un equipo de perforación en el que puede utilizarse la presente invención.

La Figura 2 muestra con mayor detalle la máquina de perforación dispuesta en el equipo de perforación mostrado en la Figura 1.

5 La Figura 3 muestra con mayor detalle una máquina de perforación y viga de avance para el equipo de perforación ilustrado en la Figura 1.

La Figura 4 muestra un ejemplo del control de la presión de percusión según la velocidad real de perforación.

La Figura 5 muestra un ejemplo del control de la presión de percusión según otra realización de la presente invención.

10 La Figura 6 muestra un ejemplo de control en el caso de detección de una cavidad según una realización de la presente invención.

**Descripción detallada de realizaciones preferidas**

La presente invención se exemplificará ahora con referencia a un equipo de perforación de roca del tipo mostrado en la Figura 1. La Figura 1 muestra un equipo 10 de perforación de roca para realizar túneles, extraer mineral o instalar pernos de refuerzo de roca en el caso de, por ejemplo, realización de túneles o minería. El equipo 10 de perforación comprende un brazo 11, del que un extremo 11a está conectado articuladamente a un transporte 12, tal como un vehículo, por medio de una o más articulaciones, mientras que su otro extremo 11b lleva una viga 13 de avance que soporta un dispositivo generador de impulsos en forma de máquina perforadora 14. La máquina perforadora 14 puede ser desplazada a lo largo de la viga 13 de avance, y genera ondas de choque que son transmitidas a la roca 17 por una barra 15 de perforación y una broca 18. El equipo 10 también comprende una unidad 16 de control, que puede utilizarse para controlar los parámetros de perforación según la presente invención, como se describe a continuación. La unidad 16 de control puede utilizarse para monitorizar la posición, la dirección, la distancia de perforación, etc., en relación con la máquina de perforación y el soporte. La unidad 16 de control también puede utilizarse para controlar el desplazamiento del equipo 10, aunque también se puede utilizar, por supuesto, una unidad de control separada para este propósito.

25 La Figura 2 muestra la máquina perforadora 14 con más detalle. La máquina perforadora comprende un adaptador 31, un extremo del cual está provisto de medios de conexión 30, tales como por ejemplo una rosca de tornillo, para establecer una conexión con un componente de barra de perforación (no mostrado) de la barra 15 de perforación. La máquina perforadora también comprende un émbolo 32 que es móvil en la dirección longitudinal, que impacta contra el adaptador 31 para transferir pulsos de percusión a la barra de perforación (varilla de perforación) y luego a la roca. Los impactos de esta percusión se producen presurizando el émbolo de percusión en su extremo opuesto a la roca a través de una presión generadora de ondas de choque (presión de percusión). La presión de apoyo de la broca hacia la roca se varía por medio de la presión de avance anteriormente mencionada ejercida por un émbolo amortiguador 34 y transmitida a través de un manguito 33. El émbolo amortiguador 34 está dispuesto en un sistema de amortiguación que también se usa para amortiguar los pulsos de impacto de percusión que se reflejan de vuelta desde la roca. En funcionamiento, una fuerza que se produce por presión hidráulica en una primera cámara 37 de amortiguación se transmite al adaptador 31 a través del émbolo amortiguador 34 y el manguito 33, donde la fuerza mencionada se utiliza para asegurar que la broca sea presionada contra la roca en todo momento.

30 Además de tener esta función de presionar la barra de perforación contra la roca, el émbolo amortiguador también realiza una función de amortiguación. Cuando un impacto da lugar a reflexiones desde la roca, el émbolo 34 amortigua estas reflexiones al ser forzado en una segunda cámara 38 de amortiguación, como resultado de lo cual el fluido en esta segunda cámara 38 de amortiguación es empujado dentro de la primera cámara 37 de amortiguación a través de una pequeña ranura, formada entre el émbolo amortiguador 34 y la pared 35 de la cámara, cuando el émbolo amortiguador 34 es empujado en la segunda cámara 38 de amortiguación. Esto da lugar a un aumento de la presión retardado en la segunda cámara 38 de amortiguación.

35 La Figura 3 muestra la viga 13 de avance con la máquina perforadora 14 con más detalle. La máquina perforadora 14 está conectada a un carro 41 que puede ser desplazado a lo largo del avanzador y cuyo movimiento a lo largo de la viga 13 de avance está controlado por un cilindro 40 de avance, que es un cilindro hidráulico en este ejemplo. Durante la perforación, la viga de avance se fija en la posición de perforación, preferiblemente con la máquina perforadora 14 desplazada lo más atrás posible, de manera que un componente 42 de barra de perforación de longitud adecuada pueda ser conectado a la máquina perforadora a través del mencionado adaptador 31 sin que la broca 18 se prolongue demasiado lejos de un soporte 43 de perforación delantero dispuesto en la viga 13 de avance. Cuando se inicia un nuevo orificio de perforación, el soporte para la broca y la barra de perforación deben evitar, en la medida de lo posible, que el orificio de perforación tome una dirección equivocada al comenzar la perforación. Antes de iniciar la operación de perforación, la viga de avance se controla por tanto de tal manera que se presione contra la roca, por lo que la broca puede ser controlada para que esté a una distancia deseada (pequeña) de la roca. El cilindro 40 de avance puede usarse entonces para aplicar una presión de avance adecuada

a la roca. La broca (barra de perforación) generalmente se hace girar antes de presionarse contra la roca para comenzar la operación de perforación bajo las condiciones de perforación iniciales apropiadas. A medida que prosigue la perforación, el cilindro de avance mueve la máquina de perforación en la dirección de la roca, de modo que, cuando el carro 40 ha sido desplazado en la dirección de la roca hasta una posición final delantera, se desacopla de la barra de perforación que ha sido perforada en la roca, para que se pueda conectar un nuevo componente de barra de perforación entre la máquina perforadora y el componente 42 de barra de perforación, por medio del cual la perforación puede continuar hasta que se obtenga un orificio de perforación de la longitud requerida. Si el propio componente 42 de barra de perforación ha producido un orificio de la profundidad requerida, no se necesita utilizar, por supuesto, ningún componente adicional de barra de perforación.

Como se mencionó anteriormente, la presión aplicada al cilindro 40 de avance se utiliza en la técnica anterior para determinar si la operación de perforación es demasiado rápida, esto es, si el tipo de roca que se está perforando es blando o si la perforación ha alcanzado una cavidad, para que la presión de percusión se pueda reducir o detener por completo dependiendo de ello, para evitar reflexiones dañinas. Sin embargo, este método de determinar si la perforación está avanzando demasiado rápido tiene la desventaja de que solo proporciona una velocidad de perforación estimada, que puede ser muy diferente de la velocidad de perforación real. Además, debido al hecho de que esta solución conocida está basada en componentes hidráulicos, puede ser difícil ajustar la presión de percusión dependiendo de la presión de avance de manera satisfactoria. Esto se debe en parte a que diversos tipos de roca pueden requerir cambios diferentes en la presión de percusión dependiendo de la presión de avance. Si la roca es dura, la presión de percusión tiene que ser reducida a una cierta presión de avance, mientras que perforar una roca blanda requiere la reducción de la presión de percusión a una presión de avance completamente diferente. Además, un avanzador que no se mantenga correctamente o no se ajuste correctamente provoca que los cambios de presión no sean igualmente evidentes, lo que hace el control aún más difícil.

La presente invención reduce al menos las desventajas de los sistemas actuales y se describe a continuación con más detalle con referencia a las Figuras 3 y 4. En lugar de utilizar la presión hidráulica para controlar la presión de percusión, se utiliza la velocidad de la máquina perforadora con respecto a un soporte, tal como la viga 13 de avance, para este propósito según la presente invención. El uso de la velocidad de la máquina perforadora con respecto a la viga de avance proporciona una base significativamente más precisa para el control que el tipo de control que está basado en la presión hidráulica o flujo de fluido, de modo que puede obtenerse también un control significativamente más preciso de la presión de percusión.

Según la presente invención, la velocidad de perforación se determina por ejemplo con la ayuda de un sensor 44 de velocidad, que mide la velocidad de la máquina perforadora (carro) con respecto a la viga de avance. Alternativamente, se puede utilizar un sensor de posición para medir el cambio en la posición de la máquina perforadora (carro) con el tiempo, a partir del cual puede entonces determinarse la velocidad de manera convencional. El sensor de posición puede utilizarse por ejemplo para medir el movimiento relativo a lo largo de la viga de avance, lo cual puede hacerse por ejemplo utilizando un sensor IR dispuesto sobre el carro (o viga de avance) para detectar el movimiento (velocidad) contra una escala de lectura dispuesta sobre la viga de avance (carro), a través de la cual la luz reflejada puede utilizarse para determinar la posición. La escala de lectura puede estar dispuesta de tal manera que solo se detecte el movimiento relativo, o de tal manera que se detecte la posición absoluta con la ayuda de, por ejemplo, una codificación adecuada que pueda ser detectada por el sensor IR.

El sensor 44 está dispuesto sobre el carro 41 en la Figura 3. Sin embargo, la presente invención no está restringida al uso de sensores IR, sino que también se puede utilizar cualquier otro sensor adecuado, tal como por ejemplo un sensor láser.

La Figura 4 muestra un ejemplo del control de la presión de percusión según la velocidad real de perforación. La Figura 4 muestra dos gráficos; el gráfico superior muestra la presión de percusión en función del tiempo y su variación con la velocidad de perforación, mientras que el gráfico inferior muestra la velocidad de perforación en función del tiempo. Como puede verse en esta figura, la presión de percusión se controla entre un primer nivel S1 y un segundo nivel S2. El primer nivel S1 es un nivel reducido, en el que la presión de percusión se considera baja, tal como por ejemplo una presión de percusión para la perforación inicial, mientras que el segundo nivel S2 es el nivel de perforación normal, esto es, un nivel donde la presión de percusión está a un valor que se considera necesario para el tipo específico de roca. Se descubrirá que en la práctica estos niveles pueden variar con el tipo de roca en cuestión.

Como puede verse a partir de la Figura 4, se permite que la presión de percusión se mantenga en el nivel normal de perforación siempre que la velocidad de perforación sea inferior a una cierta velocidad, que se da en la Figura 4 como B2. También se puede ver a partir de esta figura que la velocidad B2 está establecida más alta que la velocidad B1 de perforación que se considera normal para la roca en cuestión. Esto permite una cierta variación en la velocidad de perforación antes de que comience el control según la presente invención. El valor que se considera la velocidad normal de perforación se puede determinar por ejemplo perforando uno o más orificios de prueba en un lugar adecuado, por ejemplo, donde se sepa que la roca es homogénea y tiene una dureza que es característica de la región donde se va a realizar la perforación. El valor de B2 se puede dar, por ejemplo, como x% de la velocidad normal B1 de perforación, donde x es mayor que 100.

El control según la presente invención se inicia cuando la velocidad de perforación supera la velocidad B2. Este control se mantiene mientras la velocidad de perforación se mantenga, por ejemplo, entre los valores de velocidad de perforación B2 y B3 mostrados en la Figura 4.

5 En el instante t2, la velocidad de perforación supera la velocidad B2, y la reducción de la presión de percusión comienza cuando la velocidad de perforación supera esta velocidad. En el ejemplo ilustrado aquí, el control de la presión de percusión es proporcional a la velocidad de perforación, es decir, si el aumento de la velocidad de perforación es lineal, la disminución de la presión de percusión es también lineal. Cuando la velocidad de perforación alcanza entonces la velocidad B3, más alta, en el instante t3, la presión de percusión se reduce al nivel inicial S1 de perforación (o a otro nivel adecuado) mientras la velocidad de perforación sea igual a la velocidad B3 de perforación o la supere, como se muestra en el intervalo entre t3 y t4. Cuando entonces la velocidad de perforación caiga de nuevo por debajo de la velocidad B3 de perforación en el instante t4, la presión de percusión sigue de nuevo a la velocidad de perforación proporcionalmente para adoptar otra vez la velocidad de perforación normal en el instante t5. Esto persiste entonces hasta que la velocidad de perforación supera de nuevo la velocidad B2 o se termina la operación de perforación. En lugar de reducir la presión de percusión al nivel inicial de perforación, esta puede ser reducida a cualquier fracción arbitraria de la presión de perforación normal predominante, o bien detenerse completamente, cuando la velocidad de perforación supere la velocidad B3.

10 Además de reducir las desventajas de la técnica anterior, la invención tiene también la ventaja de que se reduce el número de componentes hidráulicos necesarios; estos componentes no solo son relativamente caros, sino que también tienen un funcionamiento inestable, en parte porque su funcionamiento varía con la viscosidad del aceite, que a su vez depende de la temperatura del entorno y del tipo de aceite utilizado. La presente invención también tiene la ventaja de que el efecto de la inercia y la fricción, que surgirá en la viga de avance con el tiempo, se puede reducir o eliminar completamente.

15 La presente invención se ha ilustrado hasta ahora en el caso de control lineal. Sin embargo, la presión de percusión puede por supuesto ser controlada también según cualquier función arbitraria de la velocidad de perforación. Por ejemplo, la presión de percusión puede estar dispuesta para disminuir y aumentar exponencial o logarítmicamente con la velocidad de perforación. Es ventajoso utilizar una función matemática, que puede programarse fácilmente, por ejemplo, en la unidad 16 de control y que puede usarse a efectos de control. Alternativamente, la función puede ser una encontrada en una tabla que se pueda utilizar para buscar una presión de percusión que corresponda a una velocidad de perforación dada.

20 30 En una realización alternativa, la presión de percusión se eleva por pasos, de manera que un cierto aumento o disminución de la velocidad de perforación provoca un paso arriba o abajo, respectivamente. Sin embargo, cada paso es pequeño en comparación con la diferencia total entre el primer nivel S1 y el segundo nivel S2.

25 La Figura 5 muestra otra realización de la presente invención. Hasta el instante t5, esta es la misma que la mostrada en la Figura 4, pero ahora hay otro nivel S3 para la presión de percusión, en el que la presión de percusión es más alta que la presión normal S2 de perforación. En esta realización, se permite que la presión de percusión suba hasta el nivel S3 cuando la velocidad de perforación cae por debajo de la velocidad B1 de perforación normal en el instante t6. Por ejemplo, como se muestra en la figura para el intervalo entre t6 y t7, el control descrito anteriormente puede usarse todavía en este caso para hacer que la presión de percusión siga a la velocidad de perforación cuando esta caiga por debajo de la velocidad de perforación normal. Dejar que la presión de percusión supere la presión de perforación normal tiene la ventaja de que la perforación se hace más fácil o simplemente posible, por ejemplo, donde la roca perforada está intercalada con estratos de una roca significativamente más dura. Puede ocurrir en tales situaciones que la presión S2 de percusión utilizada para la perforación normal sea insuficiente para romper la roca dura. Si en esta situación la presión de percusión se eleva a un nivel que supera la presión normal, la energía de las ondas de choque liberadas aumenta, lo que hace posible penetrar las zonas que contienen la roca más dura. 40 45 Cuando se han penetrado partes de roca más duras y la velocidad de perforación aumenta de nuevo, entre t8 y t9 en la Figura 5, de manera que la velocidad normal B1 de perforación se alcanza de nuevo en el instante t9, la presión de percusión se controla apropiadamente para asegurar que el nivel normal S2 de perforación se alcance de nuevo en el instante t9.

50 55 La descripción anterior solo se ocupa del control de la presión de percusión según la velocidad de perforación. Sin embargo, este control también se puede combinar con el control de la presión de avance. En otras palabras, la presión de avance también puede estar dispuesta para ser controlada sobre la base de la velocidad de perforación según el mismo principio, de modo que la fuerza de avance se reduzca cuando la velocidad de perforación aumente, y/o se eleve cuando la velocidad de perforación disminuya. El efecto de la velocidad de perforación sobre la presión de avance y la presión de percusión puede estar dispuesto para ser diferente para el control de presión respectivo. Por ejemplo, el cambio relativo en la presión de percusión puede ser mayor que el cambio relativo en la presión de avance, y viceversa. De forma similar, la presión de percusión puede ser controlada linealmente, por ejemplo, según una primera función matemática, mientras que la presión de avance se controla, por ejemplo, de una manera no lineal según una segunda función.

60 Como se indicó anteriormente en el caso de la presión de percusión, la presión de avance también puede ser controlada entre dos niveles, tal como un nivel de perforación inicial y un nivel de perforación normal, que pueden,

por supuesto, ser diferentes para diferentes tipos de roca. Además, el control de la presión de avance también se puede disponer para que se lleve a cabo a una fracción arbitraria de la presión de perforación normal predominante, o la presión de avance se puede detener completamente cuando la velocidad de perforación supere, por ejemplo, la velocidad B3.

- 5 La Figura 6 muestra una aplicación de perforación donde la presente invención se puede utilizar ventajosamente. Como se mencionó anteriormente, las rocas blandas y desmenuzables son las más difíciles de perforar. Cuando la broca encuentra una cavidad durante la perforación, la resistencia cae repentinamente y la velocidad de perforación aumenta considerablemente, por lo que el control descrito anteriormente puede emplearse cuando la velocidad aumente. Sin embargo, pueden surgir problemas si la velocidad de perforación aumenta hasta un valor 10 excesivamente alto. Si por ejemplo la cavidad está llena de arcilla, las aberturas incluidas en la broca de perforación para descargar el medio de enjuague para enjuagar el orificio de perforación durante la operación de perforación pueden obstruirse, lo que implica el riesgo de que los cortes, esto es, los escombros formados en la perforación, bloquen el orificio de perforación y dificulten así la retirada de la barra de perforación del agujero al final de la 15 operación de perforación. Otro problema que puede surgir si la velocidad de perforación se eleva excesivamente es que el equipo de perforación puede dañarse cuando la broca alcanza finalmente el otro extremo de la cavidad y está sujetada a una parada repentina.

En el caso en que el dispositivo según la presente invención encuentre una cavidad y la velocidad de perforación, por tanto, aumente, de modo que al menos la presión de percusión se reduzca por la razón descrita anteriormente, el aumento de velocidad se reduce en comparación con un sistema que no incluya control según la presente 20 invención, y el aumento de velocidad puede incluso detenerse por completo, aunque solo sea a una velocidad relativamente alta, tal como por ejemplo la observada entre t3 y t4 en la Figura 4.

Las soluciones mencionadas en el apartado anterior de antecedentes de la invención también se pueden usar para resolver tales situaciones. En el caso de que se instale una válvula de estrangulación en el extremo de retorno de un 25 motor de avance hidráulico, ésta comienza a reducir el caudal cuando la velocidad de perforación supera el valor considerado normal y, como se mencionó anteriormente, la diferencia de presión sobre el motor de avance disminuye, lo que, aparte de reducir la presión de percusión como se describió anteriormente, también asegura que a su vez la cantidad de movimiento del motor de avance disminuya, y así se impide un aumento adicional de la velocidad de perforación.

30 En la solución descrita en la patente europea EP 1.102.917 B1, también, la válvula de estrangulación montada antes del motor de avance garantiza que la velocidad de perforación no se eleve más.

Sin embargo, tanto la presente invención como la solución anteriormente conocida sufren el hecho de que la velocidad a través de la cavidad no cae por debajo de la velocidad de perforación normal; de hecho, la velocidad a través de la cavidad puede incluso ser sustancialmente más alta que la velocidad de perforación normal, como se mostró anteriormente en relación con la Figura 4. Es especialmente en el caso de los tipos sueltos de roca, donde la 35 tasa de perforación normal es relativamente alta, que esta circunstancia significa que la velocidad puede ser alta cuando la broca golpea roca de nuevo, con el riesgo inmediato de daño como resultado. Según un aspecto de la presente invención, sin embargo, este riesgo de daño puede reducirse, ya que la presente invención hace posible establecer electrónicamente una serie de niveles de control para la presión de avance y la presión de percusión, y de tal manera que no afecten al sistema durante la perforación normal. Este control electrónico según la invención 40 se puede establecer de tal manera que la presión de avance y/o la presión de percusión puedan ser controladas justo cuando la velocidad de perforación supere un cierto valor que, gracias al hecho de que la velocidad de perforación puede ser determinada de manera precisa según la presente invención, puede ser un valor que esté por encima, pero esté todavía muy cerca de, una velocidad que represente la velocidad de perforación normal. Esto permite un control de la presión de avance y/o la presión de percusión que es rápido, de modo que una pequeña 45 diferencia de velocidad puede dar lugar a un gran efecto sobre la presión que se está controlando.

La invención, por tanto, hace posible realizar operaciones de perforación con parámetros no afectados a cualquier velocidad hasta este valor. En el caso de las soluciones según la técnica anterior, por otro lado, esto es considerablemente más difícil, porque el control en estos casos está basado en la regulación hidráulica, donde la magnitud de la estrangulación influye en el control. Esto tiene el inconveniente de que puede ser difícil obtener una 50 función de regulación que proporcione un efecto de estrangulación lo suficientemente grande a una velocidad que sea solo ligeramente superior a la velocidad de perforación normal sin que esta estrangulación comience a una velocidad más baja, lo que afecta entonces a la presión de percusión y/o la presión de percusión para el funcionamiento de perforación normal.

Este caso se exemplifica por la realización de la presente invención mostrada en la Figura 6, que ilustra como las 55 situaciones en las que la broca encuentra una cavidad se pueden resolver de manera sencilla. Según esta realización, se monitoriza la velocidad de perforación, y cuando supera una velocidad H4 (que representa una primera "velocidad de cavidad", esto es, una velocidad que es superior al valor que se puede alcanzar al perforar en roca), la tasa de avance (velocidad de perforación), la presión de avance y la presión de percusión se ponen todas a niveles predeterminados hasta que se detecta el final de la cavidad. El diagrama de tiempo mostrado en la Figura 6 60 se inicia en condiciones normales donde la perforación se está llevando a cabo a una presión S2 de percusión

elevada (que es la presión de perforación normal para el tipo de roca en cuestión), mientras que al mismo tiempo la perforación continúa a la velocidad normal H2. En el instante t1, la velocidad de perforación empieza a subir porque la broca encuentra la pared de una cavidad. Cuando la velocidad de perforación alcanza - en el instante t2 - la "velocidad de cavidad" H4, que es superior o igual a la velocidad B3 mostrada en la Figura 5, la velocidad cae a una "velocidad de marcha" H3 predeterminada, mientras que al mismo tiempo la presión de percusión se reduce a una presión inicial o "de consolidación" S1, o a otro nivel de presión adecuado.

Los ajustes de velocidad y presión se mantienen entonces hasta que la velocidad se reduce en el tiempo t3 hasta debajo de la velocidad normal de perforación y hasta una segunda velocidad H1 de cavidad, que es inferior a la velocidad H2 de marcha, a la que se considera que la cavidad ha sido atravesada y el contacto con la roca está restablecido. La velocidad cae al valor inferior H1 cuando la broca entra de nuevo en contacto con la roca, porque la presión de percusión reducida no es suficiente para atravesar la roca a la velocidad normal. Cuando se detecta de esta manera el contacto con la roca, la limitación de la presión de percusión y la limitación de la velocidad de perforación se cambian a valores utilizados en el caso de una operación de perforación normal, por lo que se permite que la presión de percusión suba de nuevo a la presión de perforación normal S2, por lo que la velocidad de perforación también se incrementa, de modo que una vez más alcanza la velocidad normal de perforación H2 apropiada para el tipo de roca en cuestión, debido a la elevada presión de percusión. El aumento de la presión de percusión puede ser rápido, como se muestra en la figura; alternativamente, se representa mediante una operación adecuada de "consolidación" para evitar el riesgo de desviación del orificio de perforación.

La solución mostrada en la Figura 6 también se puede combinar con una serie de otras funciones. La perforación de percusión a menudo implica una rotación (indexación) de la barra de perforación para asegurar que los pines de la broca golpean nueva roca con cada impacto. Esta velocidad de rotación puede por ejemplo aumentarse, o puede disminuirse durante el paso a través de una cavidad. Alternativamente, o además de esto, se puede elevar la presión de enjuague para reducir el riesgo de que la abertura de enjuague de la broca se obstruya.

La realización mostrada en la Figura 6 tiene la ventaja de que el paso de la broca a través de una cavidad se convierte en una operación altamente controlada. Puesto que la velocidad puede mantenerse en un valor bajo, es posible reducir considerablemente el riesgo de daños al contacto con la roca. Además, la velocidad de cavidad (velocidad de marcha) puede configurarse de manera que sea más alta o más baja que la velocidad de perforación normal, dependiendo de la dureza de la roca que se está perforando. La solución mostrada en la Figura 6 también tiene la ventaja de que es fácil de configurar. Los ajustes de velocidad cuando se considera que se ha detectado una cavidad y cuando el contacto con la roca se restablece se pueden controlar de forma sencilla desde el panel de control del equipo y también se pueden ajustar mientras la perforación está en progreso.

Como se mostró anteriormente, la presente invención se puede utilizar tanto para la perforación inicial como para la perforación normal. Es particularmente ventajosa cuando la roca contiene numerosas fisuras y/o su dureza varía mucho, de manera que la varilla de perforación pierde ocasionalmente contacto con la roca, en cuyo caso puede reducirse el riesgo de reflexiones perjudiciales.

Además, la presente invención se ha descrito en la presente memoria en relación con una máquina perforadora de percusión que comprende un émbolo de percusión, donde la energía de los pulsos de percusión o impacto consiste en principio en la energía cinética del émbolo de percusión, que se transmite a la varilla de perforación. Sin embargo, la invención también puede utilizarse con otros tipos de sistemas generadores de impulsos, tales como aquellos en los que la energía de la onda de choque es, en vez de eso, generada por pulsos de presión que son transmitidos a la barra de perforación desde un almacenamiento de energía a través de un medio de impacto que solo realiza un movimiento muy pequeño.

Se descubrirá, pero aún así debe mencionarse, en aras de la claridad, que el término "control de presión según la velocidad", como se emplea en la presente invención, no incluye el tipo de control en el que la presión de percusión es repentinamente reducida desde la presión de perforación normal a, por ejemplo, la presión de perforación inicial tan pronto como la velocidad de perforación supera un valor límite.

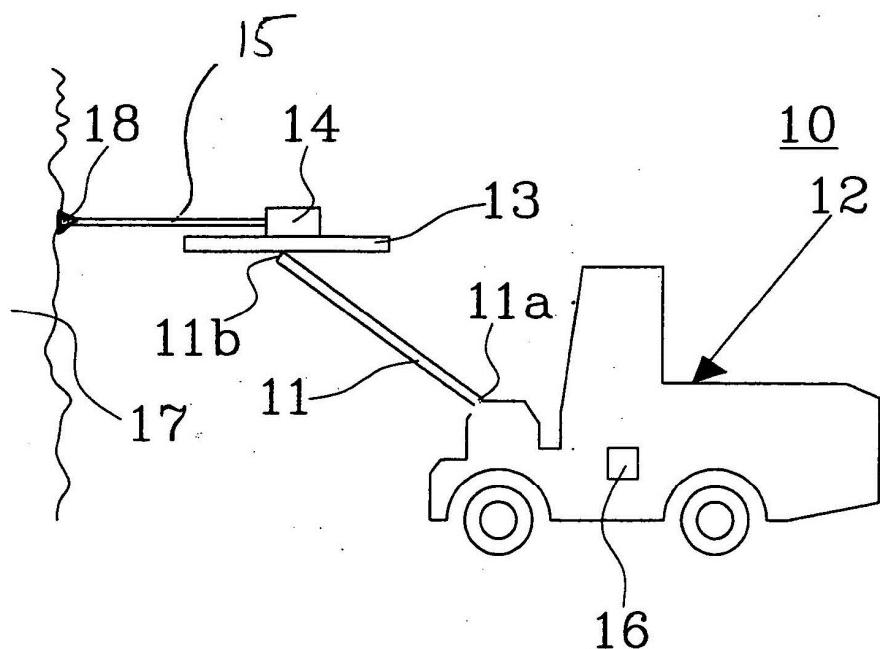
Además, aunque la invención se ha ilustrado en la descripción anterior en el caso de un equipo de perforación subterráneo, la invención también se puede utilizar para equipos de perforación que operen por encima del terreno, así como en aplicaciones de perforación distintas a las descritas anteriormente.

## REIVINDICACIONES

1. Método para controlar al menos un parámetro de perforación al perforar en roca, donde un dispositivo (14) generador de impulsos que utiliza un medio (32) de impacto está dispuesto para inducir ondas de choque en una herramienta (18) sostenida contra la roca, siendo el dispositivo (14) generador de impulsos mencionado desplazable en la dirección de perforación con respecto a un medio (13) de soporte, en donde un nivel de presión de una presión generadora de ondas de choque es controlado durante la operación de perforación, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:
- 5      - determinar una velocidad de perforación real para la operación de perforación mencionada mediante la determinación de un movimiento del dispositivo (14) generador de impulsos con respecto al medio (13) de soporte mencionado, y
- 10     - controlar la presión generadora de ondas de choque mencionada en función de la velocidad de perforación mencionada que ha sido determinada, donde la presión generadora de ondas de choque se reduce cuando hay un aumento de la velocidad de perforación mencionada, y donde la presión generadora de ondas de choque se incrementa cuando hay una disminución de la velocidad de perforación mencionada.
- 15     2. Método según la reivindicación 1, donde el control mencionado se lleva a cabo después de que se haya completado la perforación inicial.
- 20     3. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizado por que la velocidad de perforación mencionada se determina mediante la determinación de cambios posicionales del dispositivo (14) generador de impulsos mencionado con respecto al medio (13) de soporte mencionado.
- 25     4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizado por que el control mencionado de la presión generadora de ondas de choque en función de la velocidad de perforación se lleva a cabo cuando la velocidad de perforación supera una primera velocidad.
- 30     5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, caracterizado por que incluye además la etapa de que, cuando la velocidad de perforación mencionada cae por debajo de una velocidad de perforación normal, la presión generadora de ondas de choque se controla en función de la velocidad de perforación mencionada, por lo que la presión generadora de ondas de choque se incrementa hasta un nivel por encima de un nivel de perforación normal.
- 35     6. Dispositivo para controlar al menos un parámetro de perforación cuando se perfora en roca, donde un dispositivo (14) generador de impulsos que utiliza un medio (32) de impacto está dispuesto para inducir ondas de choque en una herramienta (18) sostenida contra la roca, siendo el dispositivo (14) generador de impulsos desplazable en la dirección de perforación con respecto a un medio (13) de soporte, y donde un nivel de presión de una presión generadora de ondas de choque se controla durante la perforación, caracterizado por que incluye medios para:
- 40       - determinar un valor real de velocidad de perforación para la operación de perforación mencionada, mediante la determinación de un movimiento del dispositivo (14) generador de impulsos con respecto al medio (13) de soporte mencionado, y
- 45       - controlar la presión generadora de ondas de choque mencionada en función de la velocidad de perforación mencionada que ha sido determinada, donde el dispositivo (14) comprende además medios para, en dicho control, reducir la presión generadora de ondas de choque cuando hay un aumento de la velocidad de perforación mencionada, e incrementar la presión generadora de ondas de choque cuando hay una disminución de la velocidad de perforación mencionada.
- 50     7. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado por que el medio (13) de soporte mencionado consiste en una viga de avance.
8. Dispositivo según la reivindicación 6 ó 7, caracterizado por que el control mencionado está dispuesto para ser llevado a cabo después de que se haya terminado la perforación inicial.
9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6-8, caracterizado por que el medio mencionado para determinar la velocidad de perforación mencionada está dispuesto para establecer la velocidad de perforación mediante la determinación de cambios posicionales del dispositivo (14) generador de impulsos mencionado con respecto al medio (13) de soporte mencionado.
10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6-9, caracterizado por que el medio mencionado para determinar la velocidad de perforación está dispuesto para determinar un movimiento del dispositivo (14) generador de impulsos mencionado con respecto al soporte (13) con la ayuda de medios detectores (44).
- 50     11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6-10, caracterizado por que el medio mencionado para controlar la presión generadora de ondas de choque según la velocidad de perforación está dispuesto para llevar a cabo el control cuando la velocidad de perforación supere una primera velocidad.

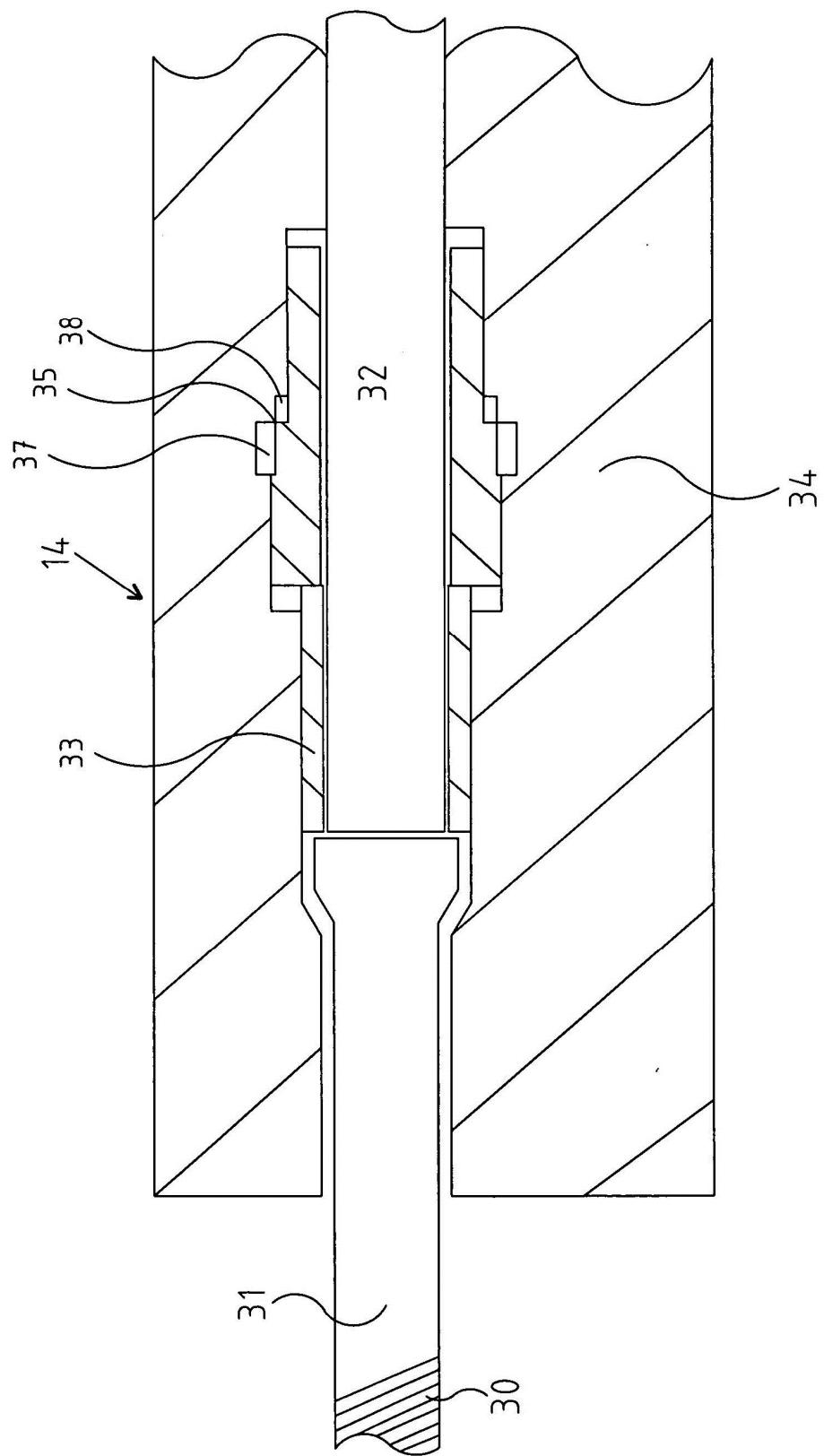
12. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6-11, caracterizado por que incluye además medios para, cuando la velocidad de perforación caiga por debajo de una velocidad de perforación normal, controlar la presión generadora de ondas de choque en función de la velocidad de perforación mencionada, donde la presión generadora de ondas de choque se eleva a un nivel por encima del nivel de perforación normal.
- 5 13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6-12, caracterizado por que incluye además medios para ajustar la tasa de avance máxima (velocidad de perforación) del dispositivo (14) generador de impulsos a una velocidad predeterminada cuando la velocidad de perforación mencionada supere una primera velocidad de cavidad, donde la primera velocidad de cavidad mencionada representa una velocidad en la que se observa que la perforación ha alcanzado una cavidad.
- 10 14. Dispositivo según la reivindicación 13, caracterizado por que incluye además medios para, tras la detección de la primera velocidad de cavidad mencionada, aumentar la presión generadora de ondas de choque mencionada hasta una presión de perforación normal cuando la velocidad de perforación caiga por debajo de una segunda velocidad de cavidad, menor, que representa una velocidad a la que la perforación ha alcanzado el final de dicha cavidad.
- 15 15. Equipo de perforación de roca, caracterizado por que comprende un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6-14.

**Fig. 1**



**HOJA DE REEMPLAZO (REGLA 26)**

Fig. 2



**HOJA DE REEMPLAZO (REGLA 26)**

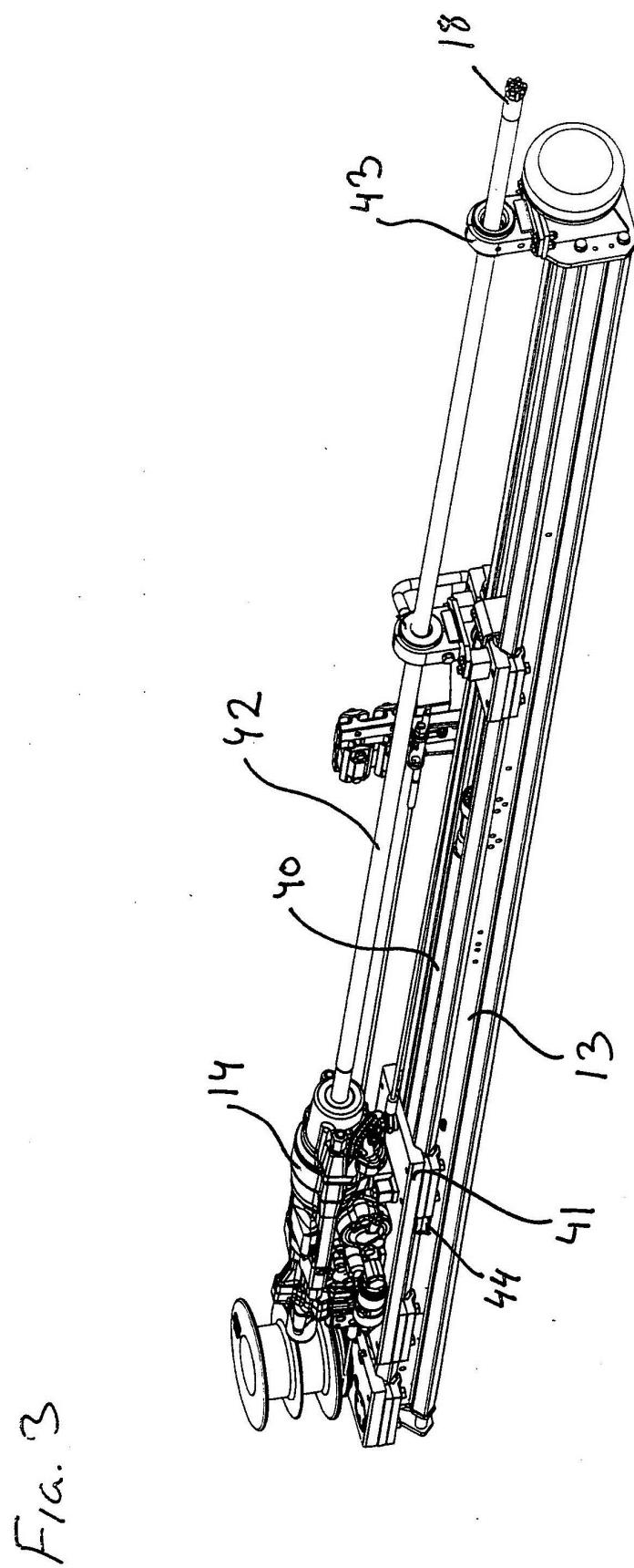
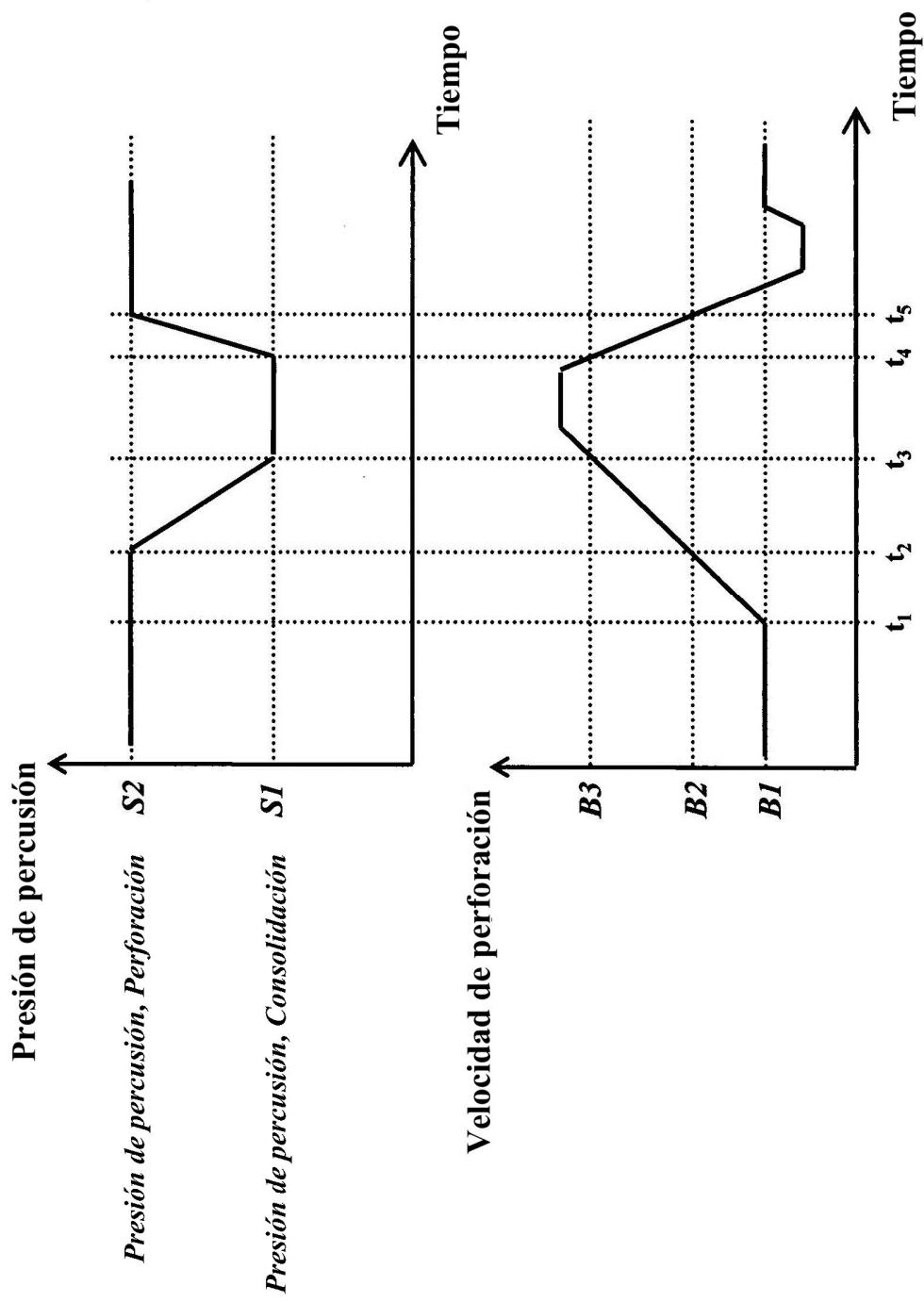
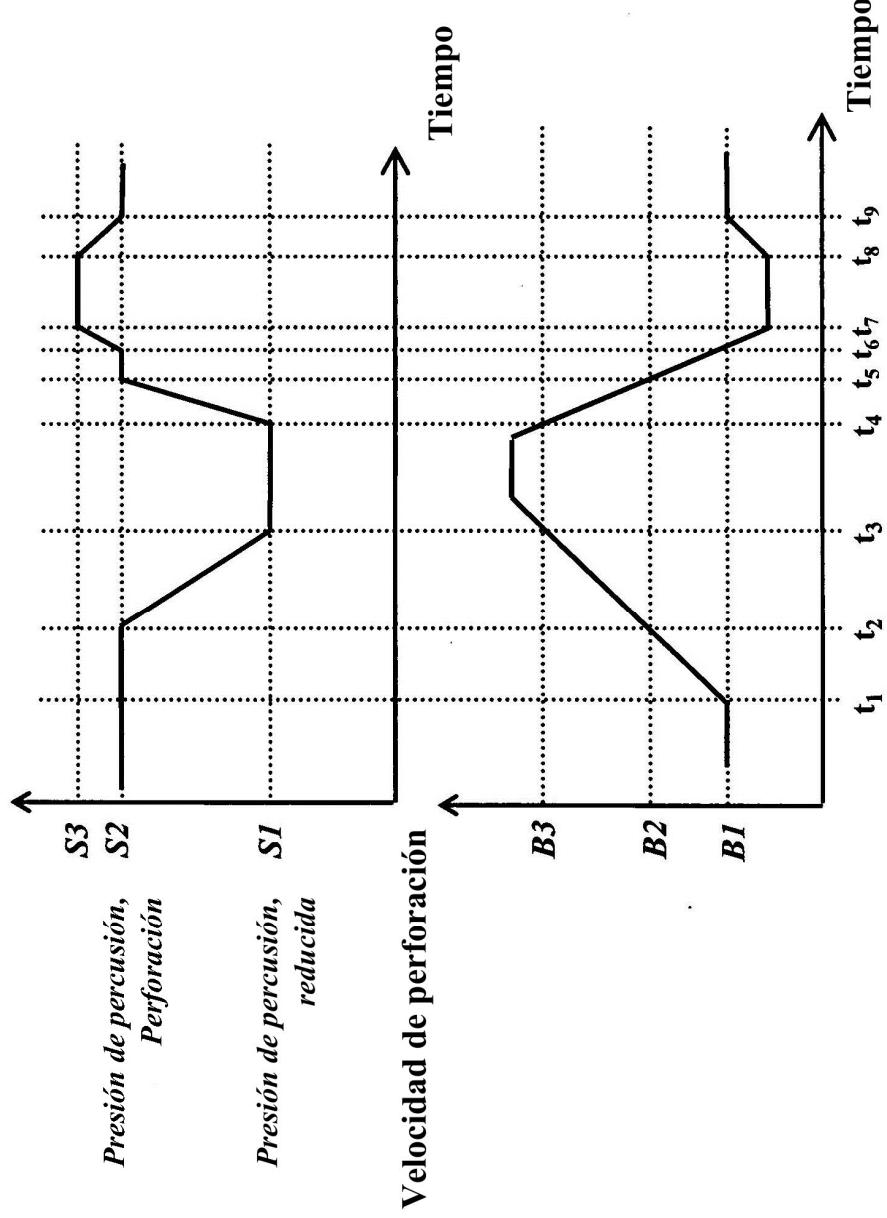


Fig. 3

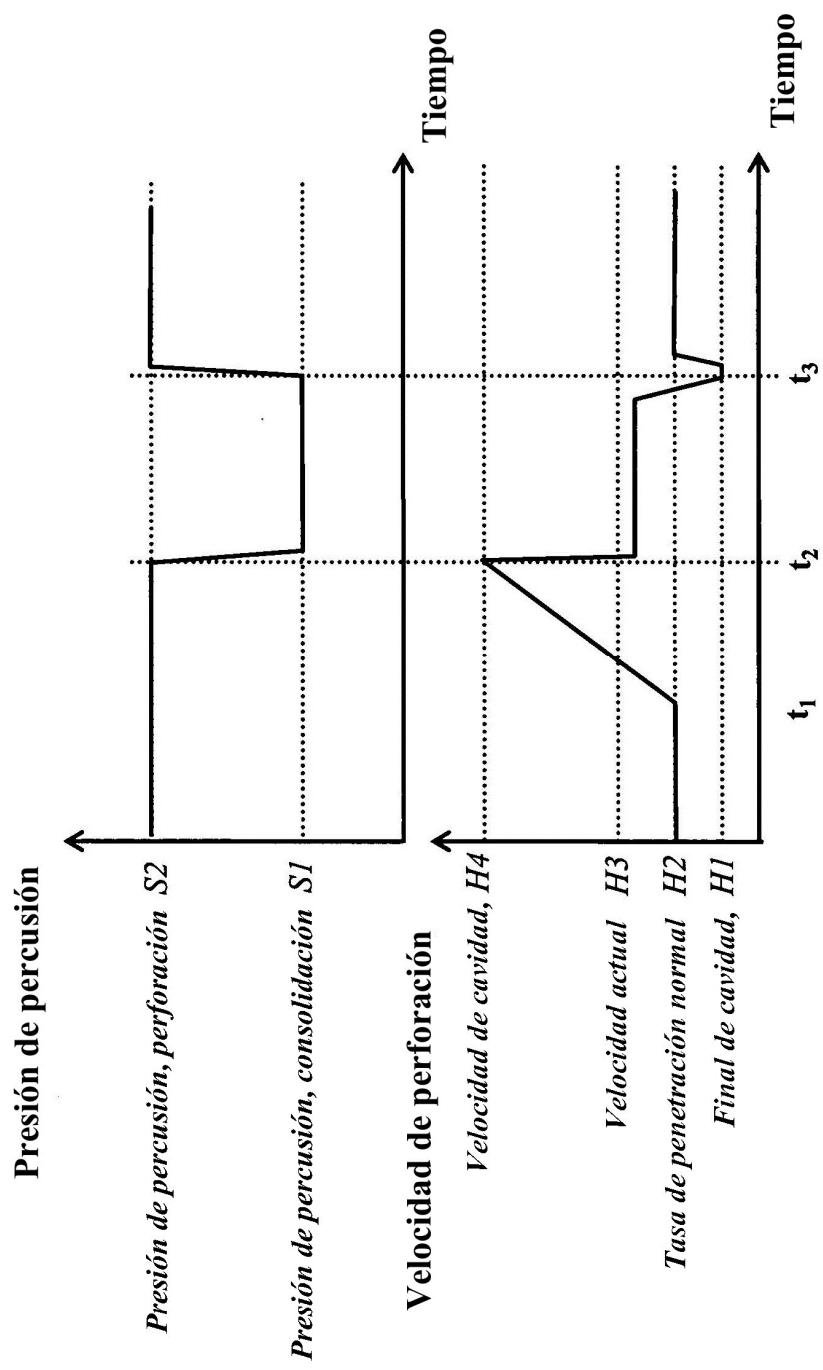
**Fig. 4**

**Fig. 5**

Presión de percusión



HOJA DE REEMPLAZO (REGLA 26)

**Fig. 6**

HOJA DE REEMPLAZO (REGLA 26)