



(51) Clasificación Internacional de Patentes:
E21B 7/18 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/CL2012/000062

(22) Fecha de presentación internacional:
22 de octubre de 2012 (22.10.2012)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(72) Inventor; e

(71) Solicitante : **BASUALTO LIRA, Guillermo** [CL/CL];
Marchant Pereira 1085, Depto. 201, Providencia, 7500705
Santiago (CL).

(81) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible*):
ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AG, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declaraciones según la Regla 4.17:

— sobre la identidad del inventor (Regla 4.17(i))

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: HYDRAULIC FOLIATING OF ORE BODIES EXPLOITED BY BLOCK OR PANEL CAVING MINING METHODS

(54) Título : FOLIACION HIDRAULICA DE CUERPOS MINERALES EXPLOTADOS POR EL METODO DE HUNDIMIENTO DE BLOQUES O PANELES

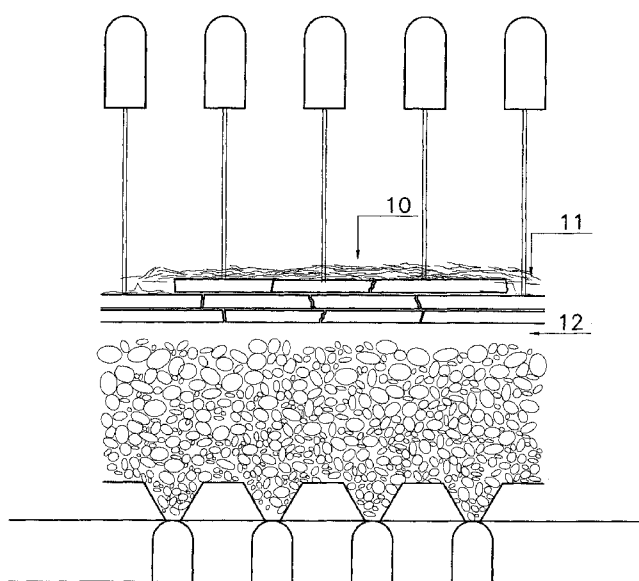


FIGURA 4

(57) Abstract: A method of mining to increase the ore fragmentation in block caving, using the strain relief cracks surrounding the cave's back, produced during the caving progression. Intermixed (TOR) and (FF) boreholes are down drilled from top of the block up to undercut drifts. Once block undercut and ore drawn start, with each newly cave back, strain relief cracks tangential to the cave back appear, detected through breakable cables installed inside the (TOR) boreholes and connected to: a TOR (time-domain reflectometry) instrument, an oscilloscope and monitor screens. In tempo with each newly cave back. The cracked bands are hydraulically foliated through the (FF) boreholes. Foliation ascending from the undercut groove's back, in parallel layers as thin as feasible covering most of the block in height; transforming it - during the caving's upward progression - in fragile flagstones.

(57) Resumen: Método de minería para aumentar la fragmentación del mineral en hundimiento de bloques, usando las grietas del relax del campo de esfuerzos producido en la franja que circunda los cielos

[Continúa en la página siguiente]

**Publicada:**

- con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))
- con reivindicaciones modificadas (Art. 19(1))

— a pedido del solicitante, antes de la expiración del plazo a que se refiere en el Artículo 21.2)a)

del hundimiento. Desde la cima del bloque se perforan, hasta el nivel de socavación, dos conjuntos entreverados de pozos (TDR) y (FF). Una vez socavado el bloque e iniciada la extracción de mineral, en cada progresión del hundimiento aparecerán grietas de extensión tangentes al cielo, detectadas por cables quebradizos instalados en los pozos (TDR) y conectados a: un instrumento TDR (medidor del tiempo de reflexión), un osciloscopio y pantallas de monitoreo. inmediatamente detectadas las grietas, cada franja se folia hidráulicamente a través de los pozos (FF). La foliación asciende en delgadas capas paralelas; transformando cada franja - durante la progresión del hundimiento - en frágiles placas que extra fragmentarán por acción de los esfuerzos dinámicos generados en el flujo gravitacional.

FOLIACION HIDRAULICA DE CUERPOS MINERALES EXPLOTADOS

POR EL METODO DE HUNDIMIENTO DE BLOQUES O PANELES.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La invención se relaciona con foliar hidráulicamente yacimientos profundos - explotados por métodos de hundimiento en bloques o paneles (métodos genéricamente llamados: *hundimiento de bloques*) -, para incrementar la fragmentación del mineral. Con el actual estado de la técnica, la eficacia y productividad de esos métodos mineros están siendo adversamente afectadas porque la mena que se extrae, desde los puntos de extracción, es cada vez más gruesa.

Contexto Geomecánico. - Los cuerpos minerales profundos están constituidos por rocas sanas - prácticamente inalteradas -, impermeables, con pocas fracturas naturales; geomecánicamente muy competentes (más duras y resistentes), denominada: *roca dura o mena primaria*. Debido a la mayor profundidad, estos cuerpos minerales, ellos están bajo una elevada componente de compresión gravitacional, generada por el peso del macizo rocoso sobre yacente, con el consecuente incremento del campo de esfuerzos. Adicionalmente, en varios yacimientos, hay esfuerzos laterales residuales (tectónica) que puede llegar a ser mayores aún que el campo gravitacional. Además de los factores anteriores, el efecto combinado de esas tensiones, si ellos no se conocen o no se respetan apropiadamente, se generaran situaciones y condiciones de gran inestabilidad estructural por acción del reordenamiento del campo de esfuerzos, inducido por las excavaciones de galerías y los procesos de socavación y hundimiento.

La mena gruesa. - El tema principal, son los nuevos problemas que están surgiendo según la explotación minera progresa a mayores profundidades, porque la fragmentación de la mena es cada vez más gruesa. Muchas colpas presentan un tamaño de varios metros cúbicos. Ello obliga a construir infraestructuras subterráneas más extensas y costosas y a utilizar ineficaces sistemas de manejo de material. La mala fragmentación de la mena es la causa principal de las serias debilidades que afectan a los métodos de explotación por hundimiento, tales como:

- Ingreso temprano de la dilución
- Altos costos de producción
- Baja productividad.
- Una muy baja tasa de extracción por área unitaria.
- Elevado capital invertido (CAPEX) en: Infraestructura, desarrollos y equipos.

- El mayor inconveniente, es que no es factible aplicar al proceso extractivo, los modernos sistemas de manejo de materiales a granel, en el contexto conocido como: *Minería Continua*.

Sistemas de manejo de materiales. – Para manejar la mena gruesa, los sistemas de explotación emplean grandes flotas de equipos, de carguío y transporte, de gran tamaño con ciclos operacionales intermitentes y alternativos, frecuentemente expuestos a prolongadas interferencias causadas por:

- ✓ Re manejo de las grandes colpas.
- ✓ Fracturamiento de colpas con martillos hidráulicos y/o tronadura secundaria
- ✓ La colgadura de colpas dentro del punto de extracción.
- ✓ La contaminación ambiental con gases nocivos y polvo.

Para superar las ineficiencias, se han introducido equipos de mayor tamaño, mayor capacidad y más rápidos. Hoy día en algunas minas subterráneas están operando equipos que cargan, transportan y vacían su carga (todo en uno) llamados LHD, los cuales están equipados con baldes de 10 m³ de capacidad y camiones con tolvas de 80 tm de carga útil. La introducción de esos grandes equipos ha aumentado la productividad, pero tal repunte solo ha sido marginal y en ningún caso proporcional a las mayores inversiones y costos de operación asociados. El mayor tamaño de los baldes del LHD, permiten el manejo de colpas más grandes, con lo que el problema ahora se trasladó a los piques de traspaso y/o se requiere instalar plantas subterráneas de chancado alimentadas por los equipos LHD. La tecnología LHD que se aplica al proceso extractivo de la mena es ineficiente, por ser cíclica e intermitente. La eficiencia global de los equipos LHD difícilmente supera el 10%. En efecto, el tiempo de vaciado de mineral a los piques de traspaso es alrededor del 10% del ciclo total. Más aún, cada unidad de LHD requiere una gran área para operar, y en ese espacio es mutuamente excluyente con otras unidades LHD, impidiendo extraer más tonelaje por unidad de área. Además, la tendencia a utilizar equipos de gran capacidad trae como consecuencia un debilitamiento estructural de las excavaciones subterráneas. Se requieren grandes excavaciones para contener esos equipos, por lo cual - para asegurar su estabilidad - la fortificación es muy robusta y de alto costo, por los elevados campos de tensiones pre-existentes, más el inducido por la propia explotación. Hoy en día, a causa de la mena gruesa, es impensable reemplazar los LHD por nuevas tecnologías que permitan extraer la mena a tasas más altas por medio de algún sistema extractivo continuo.

Hundibilidad. – En ocasiones, el proceso de hundimiento, de un bloque situado en un macizo rocoso no perturbado (primer hundimiento), progresa a una velocidad menor que la que la tasa de extracción del mineral quebrado, debido a: El elevado campo esfuerzos, la

gran tenacidad de la mena primaria, con pocos planos de debilidad o escasas discontinuidades. Como consecuencia, en ocasiones, en el cielo de la caverna de hundimiento, se forma un arco auto soportante, deteniendo el proceso de hundimiento, formando una caverna estable que puede alcanzar dimensiones horizontales desde 1.500 hasta 10.000 m² y más. El cielo de la caverna queda suspendido a varios metros de altura, y es prácticamente inaccesible para inducir su colapso. Si no hay galerías pre-existentes disponibles, ubicadas sobre y cerca de la caverna, ellas deben excavarse urgentemente para superar la crisis. Esta perturbación ya ha ocurrido en varias minas, tales como: Urad (EE.UU.) 1968; Codelco-Andina (Chile) 1971; Codelco-El Salvador (Chile) 1999 y Northparkes (Australia) 1999. Las consecuencias que se provocan son severas, tales como: prolongada interrupción de la producción; una costosa reactivación y grandes riesgos para el personal, ya que al colapsar, el desplazamiento del aire (explosión de aire) puede llegar a ser un evento sumamente violento y devastador. Como medida preventiva, algunas minas operan permanentemente a una tasa de extracción de mineral muy baja, aumentando así las ya enunciadas ineficiencias. Esas bajas tasas de extracción, exigen todavía mayores áreas de producción, más la respectiva infraestructura asociada, como ser: ventilación, accesos y otros. En opinión de expertos, los factores principales que determinan la hundibilidad de un primer bloque, en una zona no perturbada, son:

- Competencia del macizo rocoso
- Estructuras geológicas mayores
- Campo de esfuerzos *in situ*
- Presencia de agua
- Tensiones inducidas durante el proceso de socavación y hundimiento.
- Geometría de la socavación.

Cada uno de esos factores, una vez caracterizado y debidamente ponderado, a través de detallados estudios permite definir la Clasificación Modificada de un Macizo Rocosos en particular (en inglés Modified Rock Mass Rating o MRMR). Este índice - en una interpretación simplificada -, establece 5 categorías o clases de masa rocosa. Con el apoyo de este parámetro, se intenta expresar - cuantitativamente, en zonas no perturbadas, el mayor o menor grado de complejidad - o la calidad del geomecánica - de la masa rocosa para responder a los requerimientos que aseguren la hundibilidad de un bloque. Evidencias empíricas, deducidas de varios bloques exitosamente hundidos al primer intento, han alentado a formular una relación virtuosa entre:

-
- Los factores geomecánicos de hundibilidad, ya enunciados.
 - La extensión mínima del área a hundir, y
 - La geometría basal del área a hundir.

105 Esa relación se expresa como el *radio hidráulico*, para una porción específica del macizo rocoso y se usa como un criterio para predecir su hundibilidad. La fórmula del radio hidráulico, es un concepto adoptado de la ingeniería hidráulica. Corresponde a la proporción entre el área transversal del flujo, dividida por el perímetro de esa área. La fórmula estipula, que un MRMR pequeño - corresponde a una masa de roca muy tenaz -, para que se hunda, 110 se requiere entonces un radio hidráulico mayor, eso significa un área más grande a socavar. En el primer bloque socavado en la mina Northparkes, no se cumplieron las predicciones de hundibilidad, basadas en el MRMR y asociado al radio hidráulico. Ello se explica por la enorme dificultad para asignar parámetros numéricos a la naturaleza, representada, en este caso particular, por la complejidad de la masa rocosa, y además, por el impredecible 115 reordenamiento del campo de esfuerzos inducido por la explotación.

Control de la dilución. - La Carta diaria de Tiraje de mineral, es la única herramienta existente para controlar la dilución. Esta herramienta asume que - dentro del bloque en explotación - la velocidad de extracción y la de hundimiento son iguales y que la mena extraída de cada uno de los puntos de extracción proviene, estando *in situ*, posicionada 120 verticalmente sobre el punto de extracción. Los problemas surgen cuando - como es usual - la tasa de extracción es mayor que la de hundimiento, generando bolsones de aire entre la cima de la columna de mineral quebrado y el cielo de la caverna, haciendo posible el derrumbamiento errático de colpas de gran tamaño, distorsionando la verticalidad del flujo. Este problema favorece la formación de chimeneas que conectan anticipadamente el estéril 125 sobre yacente con el flujo de mineral.

Requerimiento de extensas áreas de producción. - En algunas minas, con rocas andesíticas, como criterio de diseño, se ha adoptado tasas de extracción de $0,5 \text{ t/m}^2/\text{día}$. Mientras más baja sea la tasa de extracción, mucho mayor será la infraestructura de producción requerida. Una gran parte del área estará en producción, mientras que otras 130 estarán en desarrollo para reemplazar las que se agoten. Con la tecnología actual, cada una de esas áreas está distribuida, espacialmente, en varios niveles (cuatro a cinco), interconectados por labores verticales e inclinadas, tales como: piques de traspaso; chimeneas para ventilación y drenaje; galerías de transporte de mineral; piques equipados con elevadores y rampas para el desplazamiento del personal y distribución de suministros, 135 etc. Varias minas están produciendo en los rangos de 40.000 a 140.000 toneladas métricas por día. Para extraer esos tonelajes - asumiendo 185 mm/día de velocidad de hundimiento -, las áreas requeridas, sólo en producción, son como mínimo 80.000 m^2 y 280.000 m^2 respectivamente, más las áreas en desarrollo para reemplazar las que se van agotando. En atención a la magnitud y a las dificultades representadas por la excavación y fortificación de 140 la extensa infraestructura subterránea e instalaciones de servicio, la construcción se inicia por

lo menos dos a tres años antes de socavar los bloques. Esto significa un elevado costo de capital (CAPEX) con el consecuente mayor costo financiero.

Inestabilidades. - En los ambientes subterráneos extremos, caracterizados por elevados campos de esfuerzos *in situ* con una compleja geología y geotecnia (litología y estructuras) como por ejemplo la mina El Teniente (G. Díaz y P. Tobar - MASSMIN2000), las diferentes inestabilidades se manifiestan en la masa rocosa, como sigue:

- Lajeo y sobre-excavación en las excavaciones. - Este es el tipo más común de inestabilidades en galerías horizontales y verticales. En las galerías horizontales se asocia a la caída de rocas, principalmente durante la fase de excavación.

- Formación de bloques estructurales. - Corresponde a sobre-excavaciones mayores y se caracteriza por la formación de grandes cuñas que se desplazan a lo largo de rasgos estructurales relevantes y en los límites de áreas hundidas. Se manifiestan también en las galerías de gran sección o en sus intersecciones.

-Derrumbes. - Corresponde al colapso gradual del macizo rocoso sobre un área extensa, normalmente en el Nivel de la Producción, observándose daño a las coronas de los pilares y cuya máxima expresión es el cierre total de las galerías afectadas, reduciéndose temporal o definitivamente el área de producción.

- Explosión de rocas. - Éste es el fenómeno más complejo de inestabilidad, principalmente debido a la ruptura y al desplazamiento súbito y violento de la roca, que puede afectar a extensas áreas.

Las medidas adoptadas para enfrentar las situaciones de inestabilidad son, normalmente, de un alto costo y a menudo poco exitosas. Las causas son: La compactibilidad y heterogeneidad del macizo rocoso, la gran magnitud del campo de esfuerzos existente y los complejos y desestabilizadores efectos de su reordenamiento, causados por las intensas perturbaciones de las actividades de explotación.

Investigación y desarrollo de nuevas soluciones:

Tecnologías para pre-fracturar el macizo rocoso. – Por las ineficiencias que presenta el método de hundimiento - por la gruesa fragmentación de la mena -, particularmente en relación con los sistemas de manejo del mineral, existe consenso sobre la conveniencia de intervenir el macizo rocoso *in situ*, antes de socavarlo, fracturándolo previamente tanto como sea técnicamente factible. Un bloque previamente fracturado entregaría la mena en fragmentos más pequeños en el punto de extracción. Actualmente - en minas chilenas - se están probando las siguientes tecnologías:

- Pre - fracturamiento del macizo rocoso *in situ* por tronadura masiva. - Está en su fase experimental el uso intensivo de explosivos aplicado en tronadura masiva confinada (sin caras libres) dentro del bloque. La idea es aprovechar la interacción de las ondas de choque, generadas por varias cargas explosivas localizadas en pozos diferentes, y activadas secuencialmente por iniciadores electrónicos programables con retardos de microsegundos.

La principal desventaja de esta técnica es el bajo rendimiento de la enorme energía entregada por el explosivo, debido a:

- El total confinamiento del explosivo. Se detona sin caras libres.
- La elasticidad del macizo rocoso absorbe la mayor parte de las ondas de choque.

La escasa información publicada sobre las pruebas de tronadura masiva indica que, en el Nivel de Extracción, se aprecia una fragmentación adicional por encima de la "natural". Sin embargo, esta tecnología aún no es lo bastante eficaz como para producir un aumento significativo en la eficiencia de los LHD.

- Fracturamiento hidráulico. - Algunas minas chilenas están probando el fracturamiento hidráulico de bloques, según conceptos descritos en la patente de invención de EE.UU N° 6.123.394 titulada "Fracturamiento Hidráulico de Cuerpos Mineralizados". Las pruebas de fracturamiento hidráulico, han mostrado una cierta disminución en la cantidad y el tamaño de las colpas. No obstante esa mejoría, aún se está lejos de generar fragmentos con un $P_{100} \leq 1.5$ m., que permitiría aumentar la eficacia y productividad de los sistemas del manejo materiales. En lo principal, esta técnica aun no permite, en el Nivel de Producción, reemplazar a los equipos LHD por nuevas tecnologías conducentes a la minería continua, así como tampoco, en el Nivel de Transporte, sustituir los camiones y el FF CC por cintas transportadoras.

De la Patente de Invención N° 6.123.394 resaltaremos aquellos rasgos que consideramos como sus debilidades o no concordantes con la práctica empírica del hundimiento de bloques:

- ✓ Esta herramienta no permite orientar las nuevas fracturas. La dirección de las nuevas fracturas hidráulicas depende estrictamente del campo de esfuerzos *in situ*. Normalmente las nuevas fracturas son paralelas al vector de esfuerzo mínimo σ_3 . Cuando la diferencia en la magnitud de esfuerzos *in situ* entre los vectores – mínimo y máximo - σ_1 y σ_3 es pequeña, la orientación de la nueva fractura es impredecible.
- ✓ Según la citada patente, se necesita disponer de un espacio vacío debajo del mineral a fracturar, para que este pueda derrumbarse allí, y poder así

- 210 continuar en ascenso el fracturamiento del bloque. Como es sabido, disponer -
permanentemente - allí de un bolsón de aire, no es una meta programable.
- ✓ El hecho de que esta herramienta crearía un conjunto de nuevas fracturas
distanciadas de 1 a 10 metros, permite anticipar que los fragmentos de la
mena van a ser grandes, por lo que la única opción de manejar el mineral en el
215 Nivel de la Extracción, seguirá siendo sólo con equipos LHD.

La citada invención es, bajo condiciones favorables, la herramienta correctiva apropiada para resolver la colgadura de bloques, pero no así los problemas de mena gruesa. En 1997, en la colgadura del primer bloque a hundir de Northparkes, esta herramienta demostró su eficacia.

- Instalación de Plantas de Chancado.** - Para resolver los problemas asociados al traspaso
220 vertical de mineral grueso, la mina Northparkes (Australia) ha instalado, en el Nivel de
Extracción, Plantas de Chancado fuera del cuerpo mineralizado. Esta solución permite
emplear unidades de LHD de mayor capacidad para manejar colpas de mayor tamaño. Este
enfoque luce acertado para depósitos pequeños y angostos, con distancia cortas de
transporte para la flota LHD. En los cuerpos mineralizados de grandes dimensiones
225 horizontales, la ineficiencia de los LHD aumentaría, debido a la mayor distancia de transporte
y a las líneas de espera en las Estaciones de Chancado, debido a la significativa disminución
de los puntos de vaciado.

Antecedentes relevantes:

- Estado de la técnica.** - En la actualidad, los intermitentes y cíclicos procesos operativos de
230 producción minera, mantienen estancada la eficiencia de la minería por hundimiento de
bloques. Es necesario desarrollar nuevos métodos mineros, esencialmente: Continuos, de
bajo costo y de mayor productividad.

- Comminución durante el proceso de extracción.** - Al interior del flujo que desciende hacia
los puntos de extracción, se generan importantes fuerzas gravitacionales, tales como:
235 Fricción, flexión, compresión y cizalle; causando, en el mineral quebrado, un nivel importante
de fragmentación. El proceso de Comminution gravitacional fue calculado teóricamente por
W. Hustrulid (MASSMIN 2000), basado en la Tercera Teoría de Comminución de Bond. El
análisis de Hustrulid concluye que una colpa de 1 tonelada de peso, descendiendo 100
metros por gravedad, libera una cantidad de energía potencial equivalente a destruir esa
240 colpa con 300 gramos del explosivo ANFO. Ese elevado rendimiento de fragmentación no
suele ocurrir, debido a:

- La alta dureza de la roca.

- El material fragmentado en movimiento, contiene un gran volumen de bolsones de aire (esponjamiento), razón por la cual las colpas, en su descenso, no obstante estar afectadas por importantes sollicitaciones mecánicas, están bajo condiciones amortiguadas.
- La tendencia de las colpas a redondearse, les confiere, estructuralmente, una gran resistencia a la compresión y a los esfuerzos de cizalle.

Lo más probable es, que muchos de los nuevos fragmentos provengan del despunte de las protuberancias generadas cuando, en el proceso de hundimiento se fragmenta el macizo rocoso original. Sin embargo, no hay dudas sobre la importante contribución de la Comminución gravitacional, a la fragmentación de la mena, durante el proceso de extracción. Ella es bastante significativa y lo será mucho más si, previamente, la mena *in situ* es transformada estructuralmente en frágiles piezas.

Resistencia de las rocas. – Es bien conocido que las rocas son bastante más rompibles cuando son solicitadas por tracción, que cuando lo son a la compresión. Además, las rocas en forma de delgadas losas son - en su menor dimensión - frágiles al cizalle y más todavía cuando son sometidas a flexión (otra forma de tracción). La siguiente Tabla muestra la notable relación de resistencia de las rocas de una mina chilena, en Mega Pascal:

Parámetros	Tipos de Roca	
	Andesita	Diorita
Resistencia a la Compresión (C)	124,3	140,9
Resistencia a la Tracción (T)	4,2	6,1
Razón (C/T)	29,5	23,1

Tabla 1. – Razón entre las resistencias de compresión y tracción de rocas

El efecto Panek de Agrietamiento. - El fenómeno de agrietamiento, que tiene lugar en un macizo rocoso alrededor de un hundimiento activo, fue revelado por Louis A. Panek (1981). En la zona que rodea a una caverna activa en explotación por hundimiento de bloques, fueron detectados movimientos del terreno. Los desplazamientos revelan el desarrollo de una zona de deformación - por alivio del campo de esfuerzos - rodeando la caverna activa, adentro de la cual el terreno tiende a desplazarse desarrollándose grietas de extensión, tangenciales a la caverna.

BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

270 **El principal objetivo y sus obstáculos.** - La mena primaria, más profunda, más compacta y dura, está exigiendo nuevos enfoques tecnológicos para mejorar la fragmentación y alcanzar una productividad aceptable y con menores costos. Ello se podrá conseguir, idealmente, a través de la implementación de sistemas continuos de manejo del mineral. Después de
275 LHD, debido a la mena gruesa, el método minero de hundimiento de bloques está mostrando severas señales de estancamiento.

Red funcional de pozos. - Desde un nuevo Nivel de Foliación/Fracturamiento, localizado sobre los bloques, se perforan dos redes entrelazadas de pozos verticales – (TDR) y (FF) -, conectados con las galerías del Nivel de Socavación. Los pozos (FF) se usan para foliar
280 hidráulicamente la mayor parte del bloque. Los pozos (TDR) están equipados con sensores para detectar la aparición de las grietas de extensión desveladas por Panek. Dentro de los pozos (TDR) hay cables quebradizos conectados a un instrumento TDR (medidor del tiempo de reflexión), un osciloscopio y pantallas de monitoreo. Las señales del TDR son enviadas a una computadora con capacidad de desplegar la información capturada en monitores,
285 presentando la información, en secciones verticales o en 3D, indistintamente

Foliación de los bloques. - El Fracturamiento Hidráulico es la herramienta usada para foliar gradualmente el bloque. Se aplicará a partir del cielo de la ranura de socavación y progresará en ascenso paso a paso, foliando la franja vecina a cada nuevo cielo de la caverna tan pronto se detecta en ella la aparición de nuevas grietas de extensión creadas durante la progresión
290 ascendente del hundimiento. La foliación hidráulica será sumamente favorecida, porque la zona que constituye cada nuevo cielo de la caverna está relajada de esfuerzos, con muchas grietas de extensión desarrolladas tangencialmente a cada nuevo cielo. El propósito de foliar hidráulicamente el bloque, ascendiendo en sucesivas capas paralelas – a partir del cielo de la ranura de socavación, simultáneamente, con la progresión del hundimiento - es dividirlo
295 progresivamente, en toda su altura, en innumerables capas tan delgadas como sea posible. Ello se llevará a cabo como sigue:

- La foliación progresará en orden ascendente e idealmente muy horizontal, empezando en la vecindad del cielo de la ranura de socavación, supliendo así el déficit genético de ese tipo de fracturas.

300 - El bloque se foliará simultáneamente con la aparición de nuevas grietas de extensión al ascender el cielo de caverna.

- El proceso, en altura, deberá ser manejado, idealmente, en sucesivos planos paralelos, manteniendo a través de la foliación hidráulica, el perfil del cielo de la caverna tan parejo como sea posible.

305 **Debilitamiento del macizo rocoso.** - Por efecto del foliamento, el bloque se transformará, estructuralmente, en un conjunto de losas delgadas y frágiles. A resultas de lo cual, el bloque gradualmente se tornara a un estado geomecánico notablemente menos resistente que el original.

310 **Fragmentación gravitacional extra.** - La contribución de La variación de energía potencial a la fragmentación de la mena será bastante eficaz, ya que el bloque, una vez foliado, quedó dividido en innumerables losas delgadas y estructuralmente frágiles.

315 **Relajo del campo de esfuerzos *in situ*.** - Como resultado de las múltiples fracturas secuencialmente creadas por el foliamento hidráulico, se producirá un eficaz relajo del elevado campo de tensiones original. La distensión progresará gradualmente y a una tasa controlada, atenuándose así la actividad sísmica y dissipando el riesgo de explosión de rocas.

El proceso de Foliación/Fracturamiento:

320 **Socavación eficaz del bloque.** – La socavación de la base del bloque es un paso intrínseco de estos métodos de hundimiento. En este proceso, debe brindarse especial atención para evitar que queden pilares. Si los sensores TDR descubren algún pilar, ese pilar deberá ser foliado hidráulicamente de inmediato a través de los pozos (FF) circundantes y simultáneamente deberá hacerse tiraje por aquellos puntos de extracción localizados más cerca el pilar, hasta alcanzar la misma elevación de las grietas de extensión de los pozos (TDR) vecinos.

325 **Simultaneidad de la extracción del mineral con la foliación/fracturamiento hidráulico.** - Después de socavar el bloque, se inicia la extracción de la mena en toda la base del bloque, desde los distintos puntos de extracción del Nivel de Producción, tan uniformemente como sea posible.

330 La evolución de las grietas de extensión, es monitoreada a través de los sensores TDR y se despliega en secciones verticales – coincidentes, por ejemplo, con el eje de los pozos (TDR) - y en 3D se desplegaría un cuadro global, en orden a conocer y visualizar, con exactitud la geometría del perfil del cielo de toda la caverna. Esta herramienta permitirá administrar la Carta de Tiraje y también la secuencia de Foliación/Fracturamiento, para levantar el cielo de la caverna en delgados avances incrementales, induciéndolo a adoptar una configuración típica de domo o de plano inclinado.

335 Tan pronto como se detectan nuevas grietas de extensión en cualquier pozo (TDR), a través de los pozos (FF) circundantes - situadas al mismo nivel de las nuevas grietas -, se debe empezar, ascendiendo, la Foliación/Fracturamiento hidráulico. Creando nuevas fracturas tan extendidas como sea posible y simultáneamente se deberá extraer la mena foliada, prestando atención de mantener lisa la forma del cielo de la caverna. De la mayor
340 importancia será mantener en un mínimo el volumen de la interfaz entre la mena ya quebrada y la mena de la cinta recientemente agrietada.

Monitoreo del progreso del hundimiento y de la foliación. – Tan pronto como el cielo de la caverna adopta la forma de domo o de plano inclinado, evidenciado por el despliegue en 3D de las señales del instrumento TDR que monitorean los pozos (TDR), para optimizar la
345 foliación del bloque es conveniente extraer la mena uniformemente, tratando de generar grietas, simultáneamente, en varios pozos (TDR) cercanos y foliarlos de inmediato, en estricta coordinación con la Carta de Tiraje.

Las señales del instrumento TDR deben monitorearse en 3D para perfilar la forma del cielo de la caverna. Si cualquier sector del cielo de la caverna queda retrasado, ello deberá
350 corregirse inmediatamente por Foliación/Fracturamiento hidráulico, a través de los pozos (FF) más cercanos.

Durante el proceso de hundimiento/foliación/extracción, lo más importante es mantener en un mínimo el volumen de la interfaz, entre el reciente cielo de la caverna de hundimiento y la cima del mineral quebrado.

355 **Beneficios de la foliación.** – A consecuencias de la foliación progresiva e integral del bloque, los siguientes factores se modificarán substancialmente:

- Estructuralmente, el macizo rocoso se ha transformado, gradualmente, en muchas placas delgadas y frágiles.
- La magnitud original del campo de esfuerzos se reducirá gradual y significativamente,
360 porque - producto de la foliación hidráulica - se llevara a cabo un proceso controlado de disipación de energía.
- Geomecanicamente, su dureza original - representada por el Índice MRMR -, resulta debilitada.

Producto final. – Al final, progresivamente, gran parte del bloque resulta intensivamente
365 foliado, en piezas tan delgadas como sea posible. Éste es el paso principal de la invención.

La intensa foliación deja el bloque condicionado para el siguiente paso de Extracción/Fragmentación (producción). Debido a la foliación, la contribución de fuerzas

gravitacionales a la fragmentación durante el descenso hasta los puntos de extracción, será muy eficaz.

370 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La **FIGURA 1** es una ilustración esquemática de las dos redes de pozos verticales entrelazados. Son perforados a toda la altura del bloque, desde un nivel localizado en la cima de los bloques. Los pozos están regularmente distribuidos y conectados con las galerías de socavación.

375 La **FIGURA 2** muestras un arreglo opcional de los dos tipos de pozos:

- Los pozos (TDR) son para detectar las grietas de extensión que aparecen durante la progresión ascendente del cielo del hundimiento.
- Los pozos (FF) se usarán para la Foliación/Fracturamiento hidráulico del bloque.

380 La **FIGURA 3** muestra la progresión ascendente del cielo del hundimiento según se extrae el mineral, y en su vecindad exhibe las grietas de extensión reveladas por Panek.

La **FIGURA 4** muestra esquemáticamente cómo la Foliación/Fracturamiento acompaña progresiva y estrechamente el avance del hundimiento, hasta una altura tal del bloque, que sea compatible con el seguro desmontaje y recuperación de los equipos defoliación y fracturamiento desde el Nivel de Foliación/Fracturamiento.

385

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Minería continua: El gran objetivo. – Para enfrentar los crecientes problemas mineros que presentan los yacimientos más profundos, que contienen rocas cada vez más competentes, en EE.UU., un comité integrado por cinco instituciones científicas, elaboró el informe:

390 “Evolutionary and Revolutionary Technologies for Mining” (2002). El documento delinea los principales temas de investigación e innovación que tendrán que ser desarrollados urgentemente por la industria minera en un futuro próximo. El informe concluye que, para alcanzar un Sistema Minero Continuo de Manejo de Materiales - como los aplicados en la minería del carbón -, es imperativo desarrollar innovadores enfoques en la fragmentación del

395 mineral y en el manejo de materiales. Particularmente, entre los varios temas que recomendaron investigar, se resaltó: la fragmentación de rocas sin explosivos.

Por su enorme potencialidad, hay grandes expectativas respecto de la minería continua. Algunas de las áreas, que se espera sean beneficiadas son:

- Aumentos de la productividad

- 400 ○ Reducción del número operaciones unitarias.
 ○ Intensificación de la automatización.

Para cumplir esas expectativas, en primer lugar, se necesita resolver la fragmentación gruesa de la mena, por ser este el impedimento para aplicar un sistema de manejo continuo de la mena en la minería por hundimiento de bloques.

405 **Los propósitos de la invención son:**

- Aumentar las actuales tasas de extracción de mineral, mejorando la fragmentación de la mena - por medio de la Foliación/Fracturamiento gradual del bloque - reduciendo la mena a un tamaño apto para ser manejada en un flujo continuo.
- 410 ○ Impedir la formación de bloques mayores, en cuña, para evitar las inestabilidades estructurales.
- Aumentar la hundibilidad del bloque, a través de un progresivo, controlado e intenso proceso de Foliación/Fracturamiento del macizo rocoso *in situ*.
- Disipar en forma controlada y gradual, el campo de esfuerzos original del macizo rocoso, para moderar la actividad sísmica y neutralizar el estallido de rocas.
- 415 ○ Reducir la dilución. Mientras más fino el mineral, se constituye en una barrera al estéril sobre yacente.

Aspectos relevantes de la invención:

- 420 ■ La modificación de los parámetros geomecánicos del bloque. - La mejor manera de crear las condiciones ideales dentro del macizo rocoso – según Panek y Kendorski – para tener certeza en la hundibilidad del bloque y aumentar la fragmentación de la mena, es debilitando el macizo rocoso *in situ*.

En este nuevo método de minería, el bloque se debilita incrementalmente *in situ*, en simultaneidad con la progresión del hundimiento.

- 425 ■ Redistribución del campo de esfuerzos. - El notable efecto geomecánico a aprovechar y utilizar, según progresa el hundimiento - es el intenso y favorable reordenamiento del campo de esfuerzos *in situ* en la vecindad superior de la recientemente creada ranura de socavación, y después, alrededor de los múltiples y subsecuentes nuevos cielos que acompañan al hundimiento en su progresión
- 430 ascendente. El proceso de hundimiento genera, en la vecindad del cielo de la caverna de hundimiento, una condición muy especial: El campo de esfuerzos *in situ*, encima de cada nuevo cielo del hundimiento, resulta radicalmente reestructurado, con el

vector de esfuerzos principal tangente al cielo del hundimiento y el vector de esfuerzos perpendicular al cielo es de escasa magnitud.

- 435 ▪ Aplicando el descubrimiento de Panek. - El efecto principal a utilizar con ventaja, son las recién creadas grietas de extensión que Panek puso en evidencia.
- 440 ▪ Nivel de Perforación y Foliación/Fracturamiento (**FIGURA 1**). – Un Nivel de Perforación 1 desarrollado en la cima de los bloques. Cada galería coincide, verticalmente, una a una, con las galerías de socavación. Desde allí dos tipos de pozos 2, entrelazados, se perforan verticalmente hacia abajo hasta conectarse con las galerías del Nivel de Socavación 3. Allí se muestra también el Nivel de Extracción 4.
- 445 ▪ Pozos funcionales (**FIGURA 2**). – Desde las galerías del Nivel de Perforación, se perforan dos tipos de pozos entrelazados 5, conectados con las galerías de socavación. Ellos están regularmente distribuidos:
 - 450 ○ Un conjunto de esos pozos 6 son los de Foliación/Fracturamiento o (FF). Ellos se usan para fracturar hidráulicamente la franja, una de cuyas caras es el cielo de la caverna de hundimiento, justo la zona relajada por la progresión ascendente del hundimiento. Cada pozo contendrá un conjunto de tubos y sellos para fracturar el macizo rocoso conectado a un sistema central de bombeo hidráulico de alta presión. La secuencia de fracturamiento puede comandarse, en cada pozo (FF), a control remoto con un programa computacional que optimice la secuencia global.
 - 455 ○ Los pozos (TDR) 7, son para detectar las grietas de extensión que aparecen durante la progresión ascendente del cielo del hundimiento. Dentro de estos pozos se instalan cables de detección quebradizos conectados a un instrumento TDR (medidor del tiempo de reflexión) y a un osciloscopio (y a cualquier otro instrumento útil). Este sistema se describió en el artículo "GROUND MOVEMENTS NEAR A CAVING STOPE" (Panek, 1981).
 - 460 ○ Opcionalmente se pueden perforar pozos adicionales para instalar cámaras de TV o distanciómetros láser para examinar la evolución del cielo del hundimiento.

Secuencia del método de minería:

- 465 ○ Paso 1. - Socavación del bloque. **FIGURA 3**
 La socavación de la base del bloque es intrínseca al método minero de hundimiento de bloques. Puede verse cómo la ranura después de la socavación está llena de mena 8 quebrada. Sobre el cielo de la ranura socavada — por el relax del campo de esfuerzos — aparecen las primeras grietas de extensión 9.
- Paso 2. - Foliación hidráulica del bloque. **FIGURA 4.**

Después de socavar la base del bloque, en lugar de iniciar ya la extracción de mineral
- como es lo usual -, se empezará de inmediato a foliar hidráulicamente el bloque,
partiendo en la vecindad del cielo de la ranura de socavación, justo en la zona de
reciente relajo de esfuerzos revelada por Panek.

Tan pronto como son detectadas, en cualquier pozo (TDR), las nuevas grietas de
extensión **10**, a través de los pozos (FF) contiguos - al mismo nivel o próximo al nivel
de esas nuevas grietas - deberá empezarse, en una secuencia ascendente, la
Foliación/Fracturamiento hidráulico, creando nuevas fracturas tan extendidas como
sea posible e iniciado la extracción de la mena foliada, prestando atención a mantener
la forma del cielo de la caverna del hundimiento lo más pareja posible.

La foliación ascendente, a partir del cielo de la ranura de socavación, progresará
gradual y uniformemente, en estricta concordancia con los nuevas grietas de
extensión, en incrementos tan pequeños como pueda hacerse con la tecnología de
fracturamiento hidráulica. Mientras menores sean los incrementos, más delgadas
serán las losas **11** y, por consiguiente, serán más pequeños los fragmentos finales de
mena.

Toda la extensión de banda que, en las pantallas de monitoreo, exhiba grietas de
extensión deberá foliarse tratando de perfilar el cielo del hundimiento para conformar
un domo tan liso como sea posible.

El volumen **12**, entre la cima de la mena quebrada y el cielo de la caverna de
hundimiento, debe mantenerse estrictamente en el mínimo, para extender al máximo
la vida útil, así como la seguridad y estabilidad, del Nivel de Foliación/Fracturamiento,
impidiendo también que se forme un cielo irregular del hundimiento o un hundimiento
errático.

○ Paso 3. - Extracción/Fragmentación

En el método de hundimiento de bloques, ésta es la fase productiva propiamente tal.

El mineral se extrae por gravedad, desde varios puntos de extracción del Nivel de
Producción.

El bloque, debido al foliamiento hidráulico, fue transformado en una gran cantidad de
losas, muy delgadas y estructuralmente frágiles, las que durante su extracción quedan
expuestas a ser trituradas por las importantes fuerzas gravitacionales, inducidas en la
columna de flujo, proceso conocido como: *fragmentación secundaria*.

Por efecto de las elevadas solicitaciones, ejercidas por la fuerza gravitacional, que
actúan dentro de la masa hundida durante el descenso del mineral, las débiles losas
se romperán intensamente. Esas fuerzas actuantes son principalmente de:

Compresión, flexión y cizalle. Los esfuerzos solicitantes fácilmente superan la baja
resistencia a la flexión y cizalle de las placas y también la resistencia al cizalle de las

discontinuidades, así las delgadas losas fragmentarán con relativa facilidad, con el favorable agregado, de que en este tipo de depósitos, las fracturas verticales pre-existentes prevalecen por sobre las horizontales.

510 En resumen, por efecto de la foliación, la contribución gravitacional del flujo de mena, a la fragmentación, será muy eficaz.

Las ventajas:

Foliación/Fracturamiento hidráulico.- En atención a que esta herramienta se aplicará en franjas previamente distendidas, ello representa las siguientes importantes ventajas:

- 515 ○ Una menor presión inicial de propagación de fractura, por lo que el proceso de foliación demandará un bajo consumo de energía.
- Una rápida propagación de las fracturas.

520 **Fragmentación más fina de la mena.** – Una notable ventaja, de este método de minería, será obtener el mineral con una fragmentación bastante más fina que la que provee el actual estado de técnica. El nuevo método permite foliar, intensivamente, cada franja recientemente agrietada. Por efecto de la foliación hidráulica, el bloque se ha convertido en muchas losas delgadas - estructuralmente frágiles -, las que durante la fase de extracción quedan expuestas a las intensas fuerzas inducidas en la columna de flujo gravitacional, proceso este, conocido como: *fragmentación secundaria*.

525 **Relajamiento controlado de los elevados campos de esfuerzos.** - Durante el proceso de foliación tomará lugar un significativo, muy gradual y controlado relajo de la energía contenida por el macizo rocoso. Una contribución adicional proviene del agua usada en el proceso. Ella actuará como una especie de lubricante pobre. La relajación gradual del bloque evitará la actividad sísmica y la posibilidad del estallido de rocas.

530 **Tasa de Extracción de Mineral.** - La mena finamente fragmentada permitirá alcanzar tasas de extracción superiores a las actuales. Las mayores tasas de extracción de la mena reducirán, significativamente, la extensión del área productiva, mejorando el Flujo de Caja y la rentabilidad económica del proyecto. Con el mineral intensamente fragmentado será factible implementar un sistema de manejo del mineral continuo y más eficiente.

535 **Aseguramiento de la hundibilidad.** - El bloque pre-acondicionado con el foliamiento hidráulico, experimentará una reducción significativa en su índice MRMR. De una clase inicial de 2 ó 3, probablemente descenderá a una clase 4 ó 5. Como consecuencia, su radio hidráulico, se reducirá significativamente.

Control de la dilución. - La mena más fina constituye una eficaz barrera contra la dilución causada por la intrusión de mineral de baja ley o estéril proveniente de la sobrecarga. Cada franja con nuevas grietas de extensión deberá foliarse tan pronto como ella sea detectada, manteniendo en un mínimo el espacio entre la cima de la mena quebrada y el reciente cielo de la caverna de hundimiento. Esta práctica evitará la aparición de chimeneas que conecten el mineral ya quebrado con la sobrecarga estéril o de baja ley.

Desarticulación de grandes bloques estructurales móviles. - La foliación hidráulica desintegra todas esas estructuras, transformándolas, mordida tras mordida, en numerosas losas, evitando la formación de elementos tales como grandes cuñas movibles. Al foliar inmediatamente la franja con nuevas grietas de extensión, se minimiza el espacio dónde podría colapsar cualquier bloque móvil estructural importante.

Estricto control del tiraje. - El monitoreo, en línea, de las señales del instrumento TDR en conjunción con el foliamiento hidráulico de las recientes grietas de extensión, serán una potente herramienta para controlar el tiraje. Ello permitirá:

- Extraer, uniformemente, la mena en toda el área de producción.
- Mantener, a todo evento, en el mínimo la distancia entre la cima de la mena quebrada y el cielo de la caverna de hundimiento. Esta práctica asegura la estabilidad del Nivel de Foliación/Fracturamiento durante la mayor parte de la vida útil del bloque. Para conseguir esto, la Foliación/Fracturamiento hidráulico debe ejecutarse tan pronto se detectan nuevas grietas de extensión.

Mientras menor sea la distancia entre la cima de la mena quebrada y el cielo de la caverna de hundimiento:

- Se prevendrá la inestabilidad y movilización de estructuras, como ser grandes cuñas.
- El proceso de foliación/fracturamiento será óptimo.
- Se evitará la conexión canalizada con la sobrecarga estéril.

Primer paso hacia la Minería Continua. - Como se ha mencionado previamente, la meta principal para la minería del futuro, es lograr - a través de la investigación, maduración e innovación en varias áreas importantes - un método de minería continuo. Entre esos temas, se deberá poner el énfasis en el fracturamiento *in situ* del macizo rocoso y la fragmentación más fina del mineral. Esta invención resuelve apropiadamente - a través del foliamiento hidráulico - el fracturamiento y fragmentación de la mena. A partir de ahora, será posible abordar los siguientes temas en orden estructurar un Sistema de Minería Continua.

REFERENCIAS.

1. - Louis A. Panek; Geotechnical Factors in Undercut-Cave Mining; Underground Mining Methods Handbook. 1981.
 - 575 2. - Louis A. Panek; Design and Operation of Caving and Sublevel Stoping Mines; The Society of Mining Engineers of AIME. - U.S.A., 1981.
 3. - W. Hustrulid; Method for Selection Large-Scale Underground Mining; MassMin 2000, PROCEEDINGS. - Australia
 4. - Robert G. Jeffrey; Hydraulic fracturing of ore bodies; Invention Patent Nr. 6.123.394. - U.S.A., 9/2000.
 - 580 5. - Evolutionary and Revolutionary Technologies for Mining; National Academy Press. - U.S.A., 2002.
 6. - G. Diaz and P. Tobar; Panel Caving Experiences and Macrotrench; MassMin 2000, PROCEEDINGS. - Australia
 7. - F. S. Kendorski; Cavability of ore deposits; Mining Engineering. - U.S.A., 1978
-

REIVINDICACIONES

1. - Un método de minería para foliar cuerpos minerales en roca primaria, explotados por métodos de hundimiento en bloques o paneles, para aumentar la fragmentación del mineral, consistente en:

5 1.1. – Previo a la socavación, desde un nivel localizado en la cima de cada bloque, se perfora una red de pozos verticales, conectados con las galerías del Nivel de Socavación y abarcando el área a hundir. Son dos tipos de pozos – (TDR) y (FF) - uniformemente distribuidos. Los pozos (TDR) son para detectar las grietas de extensión que aparecen en la franja inmediatamente contigua al cielo de la caverna de hundimiento durante la progresión ascendente del hundimiento. En el interior de los pozos (TDR) se instalan cables quebradizos de detección, conectados a: un instrumento TDR (medidor del tiempo de reflexión), un osciloscopio y pantallas de monitoreo. Los pozos (FF) se usarán los para foliar hidráulicamente el bloque.

10 1.2. - Después de socavar la base del bloque por medio de una amplia ranura, simultáneamente con iniciar la extracción del mineral se pondrá en marcha la Foliación/Fracturamiento hidráulico del bloque en la franja colindante con el cielo de la ranura de socavación; sacando partido del reordenamiento del campo de esfuerzos circundante, que se manifiesta a través de grietas de extensión surgidas en la franja de encima del cielo de la caverna de hundimiento y detectadas a través de los cables quebradizos y mostrada, en línea, en las pantallas de los monitores.

20 1.3. - A través de los pozos (FF) la Foliación/Fracturamiento hidráulico avanza durante la progresión ascendente del hundimiento, al mismo tiempo que el instrumento TDR detecta la aparición de nuevas grietas de extensión. La foliación se ejecuta desde una estación central de bombeo comandada a control remoto.

25 1.4.- La foliación debe cubrir, idealmente, la altura total del bloque, en planos sucesivos. Las consecutivas fracturas de foliación deben estar, entre si, tan cercanas como sea factible. El bloque, una vez foliado, queda transformado en innumerables delgadas y frágiles losas.

30 2. - Un método de minería para foliar cuerpos minerales en roca primaria, explotados por métodos de hundimiento en bloques o paneles, según la reivindicación N° 1, en donde la Foliación/Fracturamiento hidráulico transforma el bloque en un conjunto de losas delgadas y frágiles, incrementándose así la hundibilidad del bloque.

3. - Un método de minería para foliar cuerpos minerales en roca primaria, explotados por métodos de hundimiento en bloques o paneles, según la reivindicación N° 1, en donde el
35 proceso de Foliación/Fracturamiento hidráulico induce - dentro del bloque - un intenso, gradual y controlado relajo del campo de esfuerzos *in situ*, atenuando la actividad sísmica y evitando el estallido de rocas.
4. - Un método de minería para foliar cuerpos minerales en roca primaria, explotados por métodos de hundimiento en bloques o paneles, según la reivindicación N° 1, en donde el
40 proceso de Foliación/Fracturamiento hidráulico evita la formación de cualquier bloque estructural móvil (cuñas).
5. - Un método de minería para foliar cuerpos minerales en roca primaria, explotados por métodos de hundimiento en bloques o paneles, según la reivindicación N° 1, en los que,
45 durante la fase de extracción de la mena y a consecuencias de los esfuerzos dinámicos - fricción, compresión, y principalmente cizalle y flexión - consubstanciales al flujo gravitacional de la mena, las delgadas y debilitadas losas se extra fragmentarán en trozos más pequeños y el mineral podrá extraerse a elevadas tasas, además quedando apto para ser manejado por sistemas continuos de manejo del mineral.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS
recibidas por la oficina Internacional el 16 April 2013 (16.04.13)

1. - Un método de minería para foliar cuerpos minerales en roca primaria, explotados por métodos de hundimiento, en bloques o paneles, para aumentar la fragmentación del mineral, consistente en: Previo a la socavación, desde un nivel localizado en la cima de los bloques, se perfora una red de pozos verticales, conectados con las galerías del Nivel de Socavación; en donde dos tipos de pozos uniformemente distribuidos, el medidor del tiempo de reflexión (TDR) y el de foliación/fracturamiento (FF) están regularmente distribuidos cubriendo un área a hundir; en donde los pozos TDR son para detectar las grietas de extensión que aparecen en la franja inmediatamente contigua al cielo de la caverna de hundimiento durante la progresión ascendente del hundimiento; en que en el interior de los pozos TDR se instalan cables quebradizos de detección, conectados a un instrumento TDR (medidor del tiempo de reflexión), un osciloscopio y pantallas de monitoreo; en donde los pozos FF se usarán los para foliar hidráulicamente los bloques; después de socavar cada base de los bloques por medio de una amplia ranura, simultáneamente con iniciar la extracción del mineral se pondrá en marcha la foliación/fracturamiento hidráulico del bloque en la franja colindante con el cielo de la ranura de socavación; sacando partido del reordenamiento del campo de esfuerzos circundante, que se manifiesta a través de grietas de extensión surgidas en la franja de encima del cielo de la ranura de hundimiento y detectadas a través de los cables quebradizos y mostrada en línea en las pantallas de los monitores; a través de los pozos FF la foliación/fracturamiento hidráulico avanza durante la progresión ascendente del hundimiento, al mismo tiempo que el instrumento TDR detecta la aparición de nuevas grietas de extensión; en donde la foliación se ejecuta desde una estación central de bombeo comandada por control remoto; en donde la foliación debe cubrir, idealmente, la altura total del bloque, en planos sucesivos; en donde las consecutivas fracturas de foliación deben estar, entre si, tan cercanas como sea factible; en donde el bloque, una vez foliado, queda transformado en innumerables delgadas y frágiles losas.

2. - Un método de minería para foliar cuerpos minerales en roca primaria, explotados por métodos de hundimiento en bloques o paneles, según la reivindicación N° 1; en donde la Foliación/Fracturamiento hidráulico transforma el bloque en un conjunto de losas delgadas y frágiles, incrementándose así la hundibilidad del bloque.

3. - Un método de minería para foliar cuerpos minerales en roca primaria, explotados por métodos de hundimiento en bloques o paneles, según la reivindicación N° 1; en donde el proceso de Foliación/Fracturamiento hidráulico induce - dentro del bloque - un intenso, gradual y controlado relajo del campo de esfuerzos *in situ*, atenuando la actividad sísmica y evitando el estallido de rocas.

4. - Un método de minería para foliar cuerpos minerales en roca primaria, explotados por métodos de hundimiento en bloques o paneles, según la reivindicación N° 1; en donde el proceso de Foliación/Fracturamiento hidráulico evita la formación de cualquier bloque estructural móvil (cuñas).

- 40 5. - Un método de minería para foliar cuerpos minerales en roca primaria, explotados por métodos de hundimiento en bloques o paneles, según la reivindicación N° 1; en los que, durante la fase de extracción de la mena y a consecuencias de los esfuerzos dinámicos - fricción, compresión, y principalmente cizalle y flexión - consubstanciales al flujo gravitacional de la mena, las delgadas y debilitadas losas se extra fragmentarán en trozos
- 45 más pequeños y el mineral podrá extraerse a elevadas tasas, además quedando apto para ser manejado por sistemas continuos de manejo del mineral.

1/4

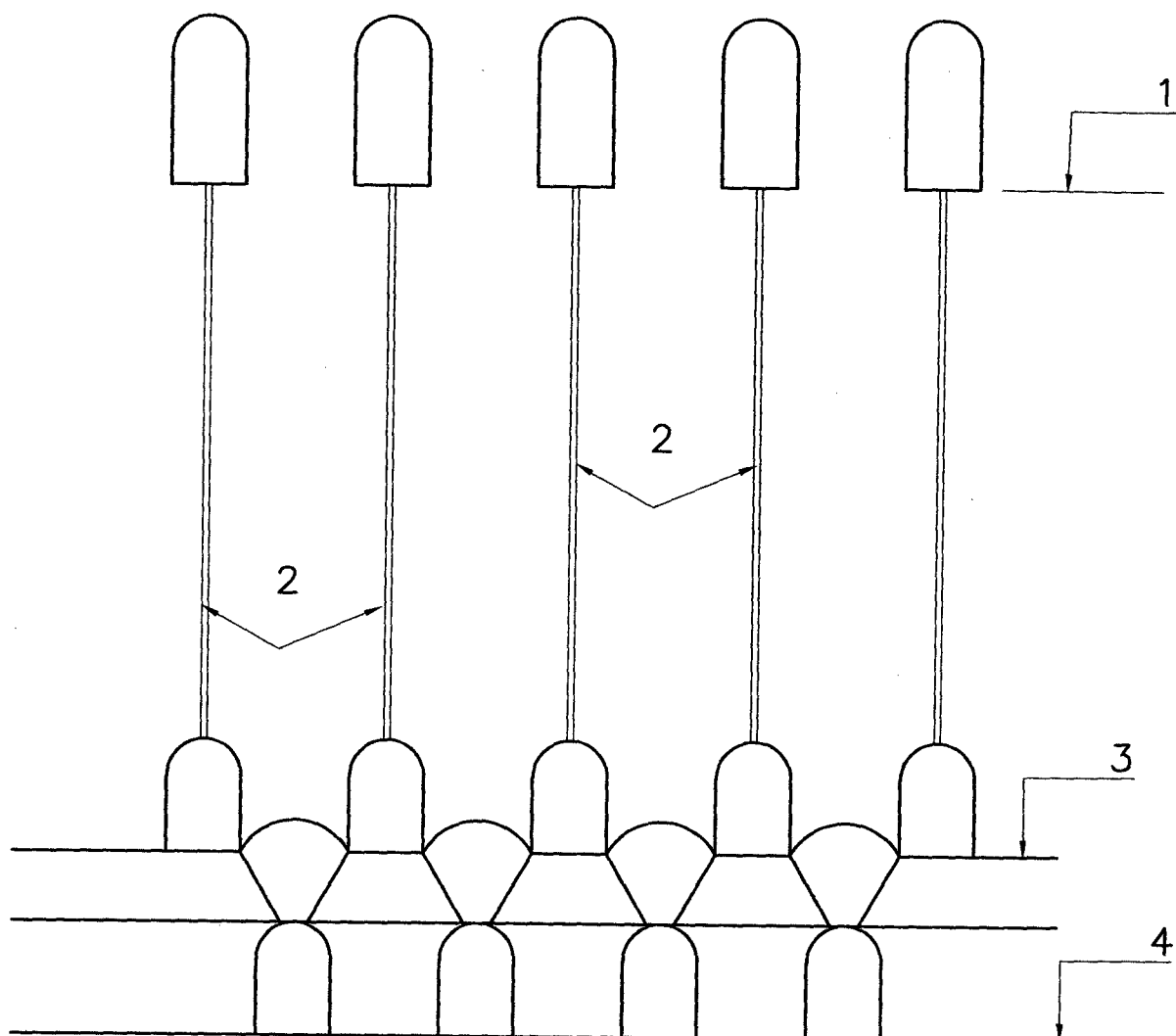


FIGURA 1

2/4

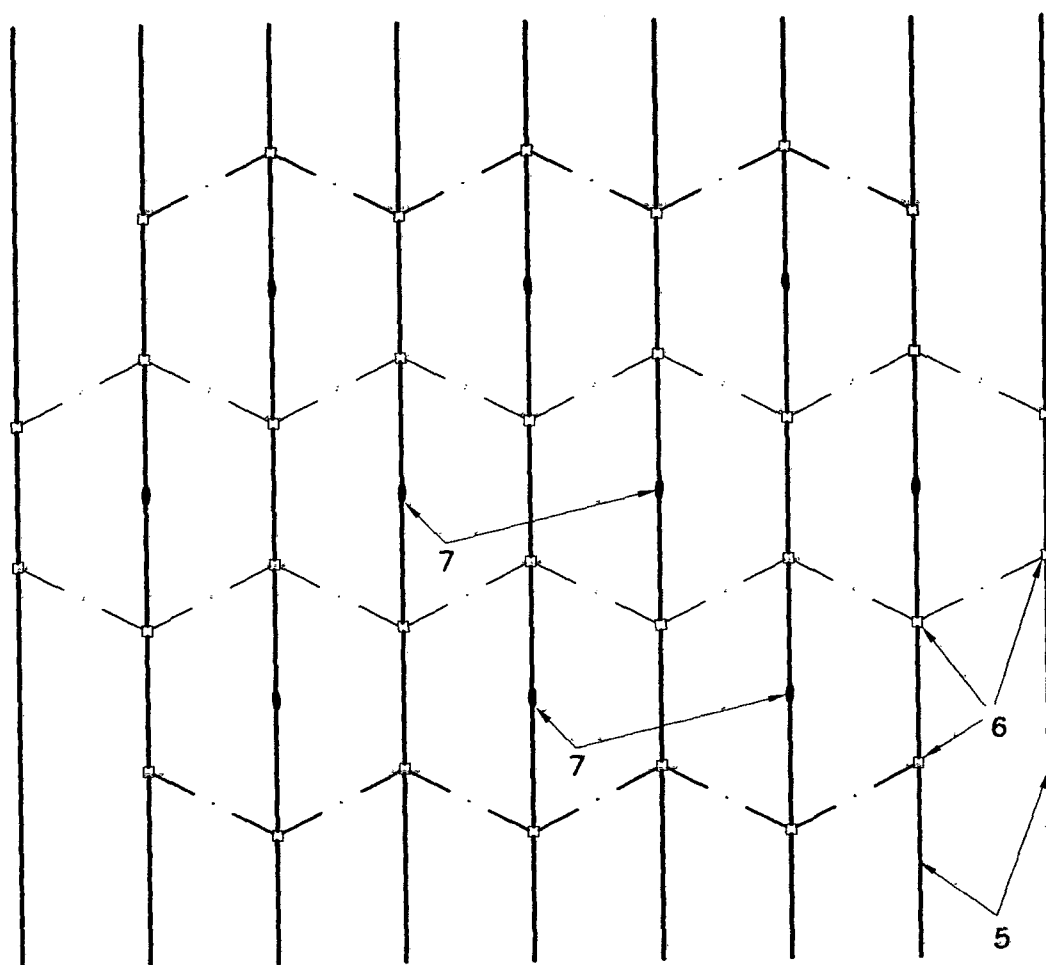


FIGURA 2

3/4

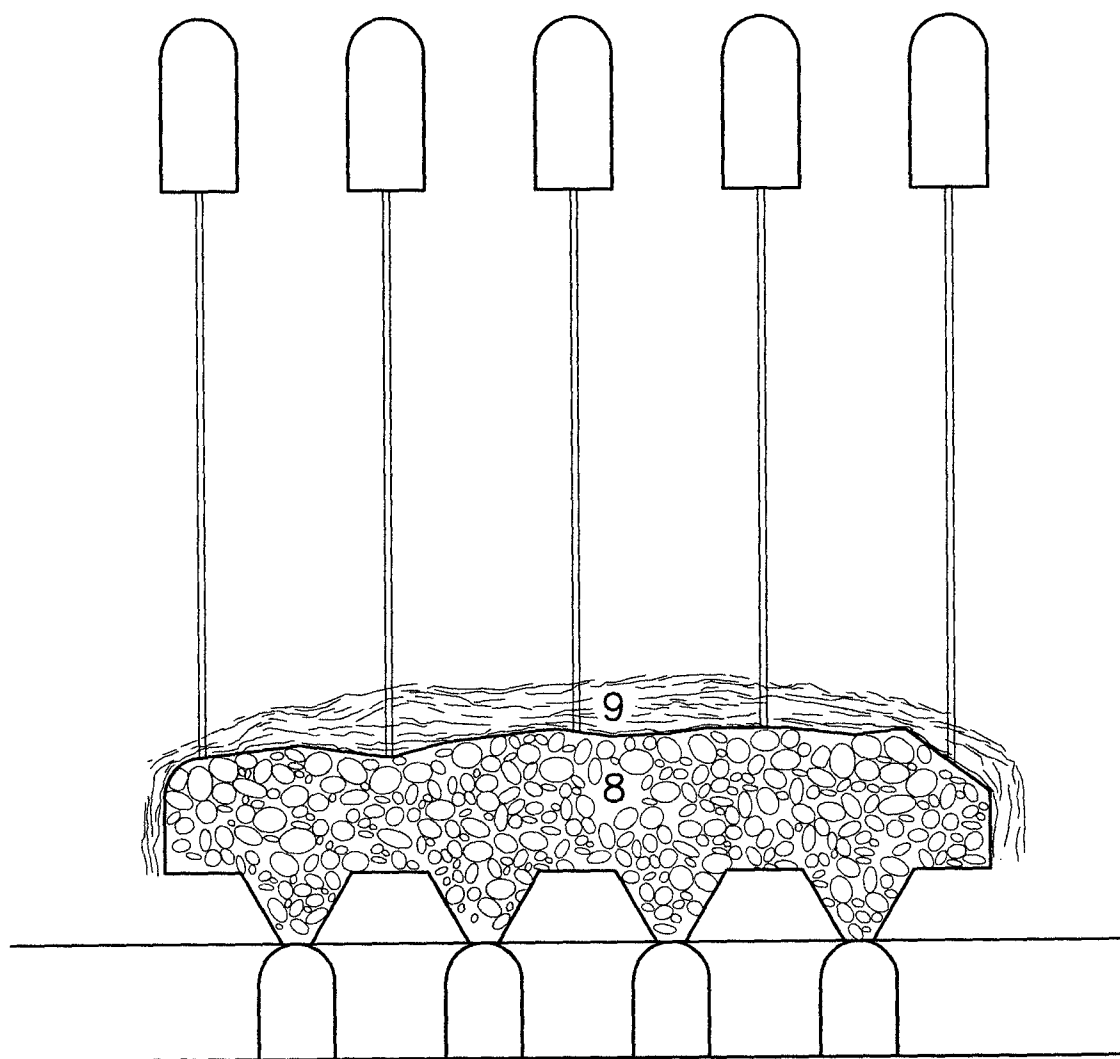


FIGURA 3

4/4

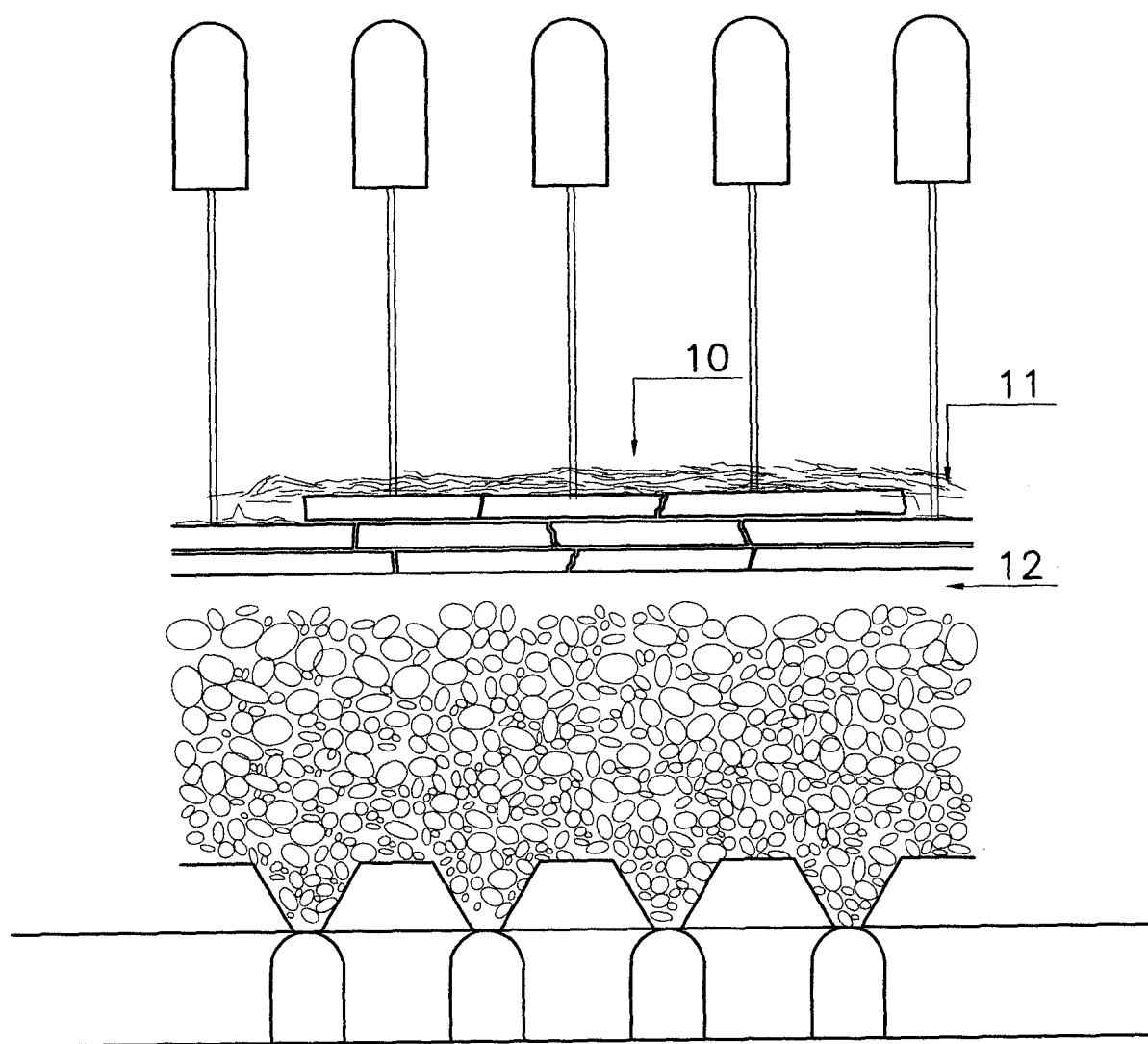


FIGURA 4

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/CL12/00062

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

IPC(8) - E21B 7/18 (2013.01) USPC - 299/16, 166/271, 166/308.1

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

IPC (8) - E21B 7/18, 7/00, 49/00 (2013.01) USPC - 166/250.1, 166/271, 166/308.1; 299/16

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
A	US 7,586,617 B2 (HARTOG, A et al.) Septiembre 8, 2009; todo el documento	1-5
A	WO 2009/052054 A1 (VINEGAR, H et al.) April 23, 2009; entire document This document can be viewed by entering the doc number at the following url: http://worldwide.espacenet.com/numberSearch?locale=en_EP	1-5
A	US 6,123,394 A (JEFFERY, R) Septiembre 26, 2000; todo el documento	1-5

☐ En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos	☐ Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo
* Categorías especiales de documentos citados:	
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional 15 Febrero 2013 (15.02.2013)	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional 04 Mayo 2013 (08.05.2013)
--	--

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450	Funcionario autorizado Shane Thomas
N° de fax Facsimile No. 571-273-3201	N° de teléfono

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CL12/00062

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - E21B 7/18 (2013.01)

USPC - 299/16, 166/271, 166/308.1

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC (8) - E21B 7/18, 7/00, 49/00 (2013.01)

USPC - 166/250.1, 166/271, 166/308.1; 299/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

MicroPatent (US Granted, US Applications, EP-A, EP-B, WO, JP, DE-G, DE-A, DE-T, DE-U, GB-A, FR-A); DialogPro (Derwent, INSPEC, NTIS, PASCAL, Current Contents Search, Dissertation Abstracts Online, Inside Conferences); IEEE.com; Google Scholar, KEYWORDS: hydraulic*, fracture*, ore*1, time*, domain*, reflectometr*, reflect*, mine*

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 7,586,617 B2 (HARTOG, A et al.) September 8, 2009; entire document	1-5
A	WO 2009/052054 A1 (VINEGAR, H et al.) April 23, 2009; entire document This document can be viewed by entering the doc number at the following url: http://worldwide.espacenet.com/numberSearch?locale=en_EP	1-5
A	US 6,123,394 A (JEFFERY, R) September 26, 2000; entire document	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 February 2013 (15.02.2013)

Date of mailing of the international search report

07 MAR 2013

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. 571-273-3201

Authorized officer:

Shane Thomas

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774