



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

PROYECTO DE INVESTIGACION DE DERRABES DE CARBON

ANEJO VII

**Informe específico sobre los efectos nocivos de los explosivos sobre
la desconsolidación del macizo y su utilización como medida de
lucha contra los fenómenos gasodinámicos**

Ingenieros de Minas Consultores, S.A.- Proyecto de derrabes de carbón



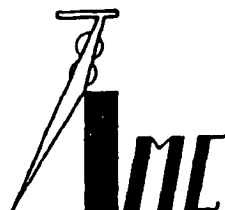
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

01115

**PROYECTO DE INVESTIGACION DE
DERRABES DE CARBON**

**INFORME ESPECIFICO SOBRE LOS EFECTOS NOCIVOS
DE LOS EXPLOSIVOS SOBRE LA DESCONSOLIDACION
DEL MACIZO Y SU UTILIZACION COMO MEDIDA DE
LUCHA CONTRA LOS FENOMENOS GASEODINAMICOS.**

DICIEMBRE 1.990



INGENIEROS DE MINAS CONSULTORES, S. A.

**INFORME ESPECIFICO SOBRE LOS EFECTOS NOCIVOS
DE LOS EXPLOSIVOS SOBRE LA DESCONSOLIDACION
DEL MACIZO Y SU UTILIZACION COMO MEDIDA
DE LUCHA CONTRA LOS FENOMENOS GASEODINAMICOS**

1 - INTRODUCCION

Algunas centésimas de segundo después de iniciarse la explosión de un barreno, tienen lugar una serie de fenómenos que, en intensidad y violencia, presentan pocos equivalentes en la ingeniería civil: se libera la energía química del explosivo y este sólido se transforma en un gas caliente a enorme presión, que fuertemente encerrado en el barreno, puede alcanzar y aun sobrepasar, las 100.000 atmósferas. La energía desarrollada en el unidad de tiempo es aun en un barreno pequeño del orden de los 25.000 MW lo que supera en potencia a la mayor factoría energética existente actualmente en el mundo. Esto no se debe a que la cantidad de energía latente en el explosivo sea extremadamente grande sino a la rapidez de la reacción (2.500-5.000 m/s). Lo que caracteriza principalmente al explosivo como herramienta para la rotura de minerales y rocas, es su posibilidad de suministrar una

potencia concentrada en una zona limitada de las mismas. En base a las características expuestas los explosivos se utilizan en la minería subterránea del carbón en los dominios siguientes:

- Como procedimiento de arranque generalizado en la disgregación y rotura de las rocas, como alternativa a las máquinas de arranque en un campo restringido a carbones duros y aún en carbones de poca dureza en los métodos de explotación por soutirage.
- En forma de VOLADURAS DE SACUDIDA O TIROS DE CONMOCION, en la lucha contra los fenómenos gaseodinámicos.

El arranque con explosivos es rápido, potente y apto para materiales muy duros. Por el contrario sus inconvenientes son varios: presenta siempre un cierto peligro, es brutal, degrada los productos arrancados y conduce a una organización discontinua de los talleres .

Por su violenta forma de trabajo, los explosivos pueden en ocasiones actuar como agente desencadenante de quiebras o derrumbes de carbón y rocas producidas por las perturbaciones que inducen y que conllevan el despegue o agrietamiento con rotura de los estratos suprayacentes o del aflojamiento y dislocación

de los macizos de carbón. Los mismos efectos pueden también ser ocasionados por la rotura o caída de la fortificación motivadas por el empleo de explosivos.

Sin embargo, la forma brutal de su actuación, es precisamente la propiedad que constituye la esencia de los tiros de conmoción.

En el presente informe se contempla en primer lugar la utilización de los explosivos en la minería subterránea del carbón en el primero de los aspectos antes considerados, analizando sus posibles efectos perjudiciales en los distintos campos en que pueden ser empleados como procedimiento de arranque y señalando algunas normas de carácter general para evitar o disminuir los riesgos de que se produzcan aquéllos.

En la segunda parte del informe hemos considerado conveniente incluir, antes de entrar en la metodología de la voladura de sacudida propiamente dicha, algunas consideraciones sobre los fenómenos gaseodinámicos y los medios de pronóstico y de evaluación del riesgo de desprendimiento en las capas de carbón.

2 - LA UTILIZACION DE LOS EXPLOSIVOS COMO PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE EN LA MINERIA DEL CARBON Y SUS EFECTOS NOCIVOS.

Exceptuando la aplicación de las máquinas que excavan a plena sección, el empleo de los explosivos es norma generalizada como procedimiento de arranque en las labores de acceso y preparación de la minería del carbón.

En los trabajos de explotación, los explosivos se utilizan en:

- a) Las capas de carbón en las que por su dureza, el rendimiento de las herramientas manuales es escaso. En este caso puede utilizarse el explosivo solamente o con rozadora de brazo. También puede ser utilizado como auxiliar del martillo picador en la ejecución previa de entradas o franqueos.
- b) En las capas no uniformes de carbón blando en los que normalmente se emplea el martillo picador como herramienta de arranque y en las que eventualmente se utilizan los explosivos en algunas zonas del taller con intercalaciones de estéril duras en la caja de la capa, en el paso de fallas, en la ejecución de contrataques para el enlace del taller con

las galerías en roca de acompañamiento o en otras labores que requieran el concurso de aquellos.

c) En el arranque de los macizos previamente delimitados en los métodos de explotación bajo la denominación común de soutirage como el slant, rampones de hundimiento, niveles hundidos u otros adoptados en capas anchas.

d) Como medio auxiliar del arranque mecanizado en la ejecución de nichos y formación de caldera en carbones duros, en el paso de trastornos geológicos, disgregación de cuñas de roca consistentes presentes en la caja de la capa, taqueo de los escombros producidos, franqueo de hastiales y en cualquier otra circunstancia en la que la máquina de arranque no sea capaz de realizarlo por si misma.

Los efectos perjudiciales del trabajo con explosivos señalados en la introducción -derrumbes de rocas y derrabes de carbón se manifiestan con más frecuencia en las labores de acceso y preparación y en el caso b) de los citados anteriormente.

En el caso a) la probabilidad de que ellos ocurran por aflojamiento del macizo es escasa ya que por tratarse de capas de carbón duro no son propensas

al derrabe. En talleres explotados por testers puede producirse alguna caída de bloques o posas de carbón cuando resulta dañada la fortificación de las niveladuras.

En el caso c) es precisamente el aflojamiento del macizo de carbón lo que pretende para propiciar su caída y posterior extracción.

Dada la disposición de los frentes de arranque de los tajos mecanizados no deben producirse derrabes en los mismos aunque si puede ocasionarse alguna caída no deseada de bloques de roca del techo cuando se dispara en zonas revolcadas o para el franqueo de aquél o bien por derribo de los elementos de fortificación.

Para otras labores citadas en d) -ejecución de nichos y testers para el almacenamiento de carbón- son válidas las consideraciones expuestas para el caso a).

En el avance de los transversales las quiebras se producen principalmente en zonas trastornadas y en el cruzamiento con las capas de carbón en lo que pueden ocasionarse derrabes.

En las guías los derrabes producidos por desconsolidación del macizo por los explosivos se

manifiestan especialmente cuando el arranque se realiza sin regadura previa disparando al carbón y a los hastiales. Los derrumbes pueden ser debidos también a rotura o caída de la fortificación.

En las capas, de carbón blando propensas al derrabe no se utilizan los explosivos como procedimiento normal de arranque pero si de manera eventual, tal como se recoge en b). Al realizar las labores que allí se citan y muy principalmente cuando se emplea el método de testers pueden producirse derrabes por desconsolidación del macizo o por daños en la fortificación.

Dada la gran variedad de casos que pueden presentarse, cada uno ha de ser estudiado particularmente al objeto de tratar de evitar o al menos de reducir los efectos nocivos de los explosivos antes expuestos.

Como normas de carácter general se señalan las siguientes:

- Elección de la posición y del tipo de cuele de forma que la pega no cause daños en la fortificación. Bajo este punto de vista el cuele en abanico vertical o el Sarrois dan buenos resultados en el avance de galerías.

- *Definición exacta de las condiciones del disparo reflejadas en el plano de tiro que ha de ser adecuado para cada clase de terreno y aplicación concreta, es decir:*
 - *Naturaleza de la roca y/o del carbón.*
 - *Sección de la labor.*
 - *El número, posición y dirección de los barrenos.*
 - *El tipo de explosivo y la carga de cada uso.*
 - *El tipo de detonador.*
 - *El orden de disparo.*
- *No sobrecargar los barrenos.*
- *Cuidar la situación de los barrenos periféricos de forma que la sección de avance se acerque lo más posible al gálibo de la entibación, sin que sea necesario ni forrar por sobreexcavaciones ni dar tacos para completar el perímetro.*

- Retacado correcto de los barrenos. Por no producir derribos de la fortificación el empleo del disparo bajo agua a presión se revela particularmente interesante para evitar derrabes en los talleres de testers en las circunstancias de la aplicación b).

- Vigilancia y control de las labores de perforación, carga de los barrenos y su retacado.

3 - LOS FENOMENOS GASEODINAMICOS

Se encuadran en ellos:

- a) El desprendimiento instantáneo de grisú que puede ser una simple bocanada de gas o la expansión brusca de varias decenas de millares de metros cúbicos de grisú.

No debe confundirse con los soplos que son desprendimientos de gas por fracturas que aparecen frecuentemente en los terrenos duros y que dan gas durante varios meses.

- b) El desprendimiento instantáneo de grisú o CO_2 acompañado de proyecciones de carbón (D.I.). Los D.I. son roturas de equilibrio extremadamente brutales que se producen en ciertas capas de yacimientos generalmente perturbados. Se caracterizan por la liberación repentina de grandes cantidades de gas y por la proyección violenta de masas de carbón o de roca cuyo tonelaje puede variar de 10 a más de 10.000 t. El más importante de toda la historia minera se produjo en Donbass con la proyección de 250.000 m³ de CH_4 y 14.500 t de carbón.

Entre los signos precursores del D.I. se

encuentran : golpes, ruido, crujido y gruñido en el macizo del carbón; hinchazón, derrumbamiento, desmenuzamiento del carbón y pequeñas proyecciones; cambio de la resistencia y de la estructura del carbón, que se hace quebradizo y descolorido; aumento de la presión sobre la entibación; formación de nubes de polvo; bocanadas de gas que se desprenden silbando y que enfrían el frente al dilatarse.

Los indicios característicos de un D.I. son:

- *Expulsión del carbón del frente a una distancia que sobrepasa la de su posible disposición bajo el ángulo de talud natural.*
- *Los finos granos de carbón ("harina loca") pegados a la fortificación.*
- *Formación en el macizo de carbón de una cavidad característica (fig.1).*
- *Desprendimiento elevado de gas en comparación con el normal de la labor el cual (desprendimiento específico de gas) supera la diferencia entre el contenido natural del gas de la capa y el contenido residual de gas del carbón expulsado.*

- El índice estructural o índice yódico $\Delta l > 3,5$.

c) El derrabe de carbón consiste en la dislocación y el desplazamiento del macizo de carbón debido a la gravedad.

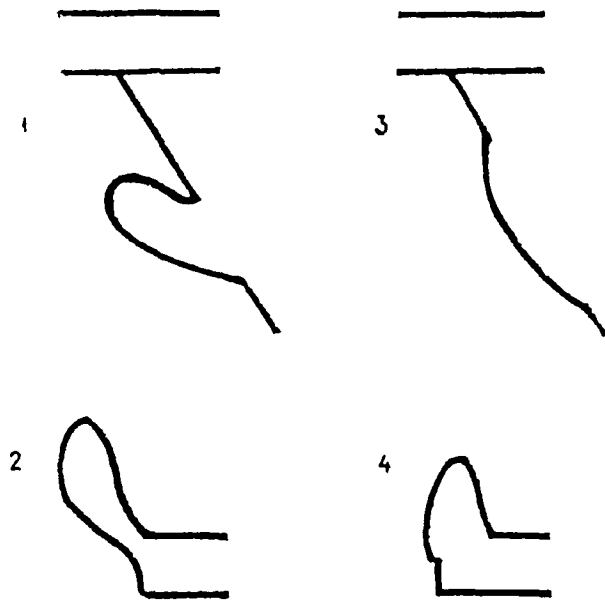
El derrabe puede ir acompañado por el desprendimiento de gas. En este caso el desprendimiento específico de gas es menor o igual a la diferencia entre el contenido del gas natural y residual del carbón.

- $\Delta l \leq 3,5$

Las principales características del derrabe son:

- formación de una cavidad, en el macizo del carbón, en la que la anchura máxima está en su boca (fig.1)
- disposición del carbón desprendido según el ángulo de talud natural
- salida del gas hacia la labor.

FORMAS DE LAS CAVIDADES DE LOS FENOMENOS GASEODINAMICOS



1,2 - CAVIDADES DE IRRUPCIONES

3,4 - CAVIDADES DE DERRABES

FIGURA 1

ML

Se utiliza también un criterio que frecuentemente permite distinguir un D.I. de un derrabe, basado en la comparación de la temperatura t_1 , medida en la masa de carbón proyectada con la temperatura t_2 , de las rocas en situ que conduce a las conclusiones siguientes:

- 1) Cuando t_1 es inferior a t_2 , hay desprendimiento instantáneo y la influencia de la expansión de metano es preponderante.
- 2) Cuando t_1 es superior t_2 , hay igualmente desprendimiento instantáneo, pero es debido principalmente a la presión y a la tensión inicial ejercida por las rocas vecinas del frente del carbón.
- 3) Cuando t_1 es sensiblemente igual a t_2 , no es posible determinar si se está en presencia de un D.I. o de un derrabe. En este caso, es preciso recurrir a los criterios habituales.

La correcta elección y la eficacia de las medidas que se emplean para evitar los fenómenos gaseodinámicos dependen esencialmente de la certeza en la clasificación de los fenómenos que tienen lugar, cuya frontera no es en muchas ocasiones suficientemente nítida, como ocurre especialmente en minas afectadas por desprendimientos de carbón y gas y por derrabes,

que pueden ocurrir tanto en las labores de preparación como en las de explotación.

Durante la realización de las medidas de lucha contra las irrupciones y muy especialmente con los tiros de conmoción, se produce la dislocación de la integridad de la capa de carbón, lo que puede contribuir al aumento de propensión al derrabe. Por eso, para garantizar la seguridad durante el laboreo de estas capas, previa la evaluación del riesgo de desprendimientos, es preciso emplear un conjunto de medidas.

De entre ellas nos referimos en este informe a la utilización de los explosivos en forma de disparos de sacudida haciendo notar las particularidades y precauciones a tomar cuando este procedimiento se emplea en minas donde pueden coexistir los dos tipos de fenómenos gaseodinámicos mencionados.

4 - METODOS DE EVALUACION DEL RIESGO DE DESPRENDIMIENTOS EN LAS CAPAS DE CARBON

Se exponen sucintamente los principios y objetivos de los más utilizados.

4.1 EMISION ACUSTICA DEL MACIZO DE CARBON

El control de la emisión acústica (EA) por delante del frente del taller, en el macizo de carbón, se realiza por medio de aparatos de captación de sonido, que aseguran la recepción, transmisión y registro de las señales microsísmicas en la gama de frecuencia 200-1.200 Hz.

El análisis de los impulsos de actividad EA permiten evaluar los cambios de estado por delante del frente del taller, en el macizo, y realizar el pronóstico de sus modificaciones.

- El método permite detectar las zonas potencialmente peligrosas, en cuyo laboreo pueden surgir desprendimientos instantáneos de carbón y de gas y golpes de techo o derrumbe de las rocas de éste.

- El pronóstico del peligro de derrabe del carbón, bajo la acción de su propio peso, se hace en función de los resultados del registro continuo de anomalías negativas de EA y del trastorno de la capa.

4.2 PRONOSTICO CORRIENTE DE LAS CAPAS DE CARBON QUE PRESENTAN RIESGO DE DESPRENDIMIENTO

El método de pronóstico corriente del riesgo de desprendimientos tiene como finalidad detectar las zonas que presentan riesgo de desprendimiento en las capas de carbón, durante la realización de las labores de preparación en carbón y de arranque.

El método está basado en la medida de la velocidad inicial de desprendimiento de gas de un taladro (g_1) por intervalos, así como de la regularidad de variación en función de la profundidad del taladro.

La cantidad de gas, que se desprende de un intervalo del taladro en la unidad de tiempo, se llama velocidad de desprendimiento de gas. La variación de la velocidad de desprendimiento de gas (g) con el tiempo (t) se describe por la función $g=f(t)$, mostrada en la fig.2. La velocidad máxima de desprendi-

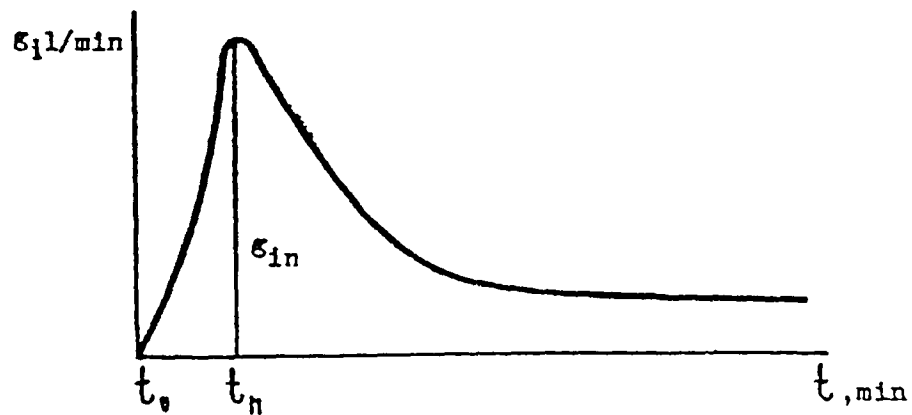
miento de gas, que se observa, como regla, al cabo de 2-3 min después de finalizar la perforación del intervalo del taladro, se llama velocidad inicial de desprendimiento de gas (g_i).

Cuanto más elevado es el grado de trastorno tectónico del carbón, más alta es la velocidad inicial de desprendimiento de gas.

En las proximidades de las labores mineras, como se sabe, tiene lugar la redistribución de las tensiones y del contenido de gas en el carbón, de tal modo que la velocidad inicial de desprendimiento de gas, a medida que nos alejamos del frente, al principio aumenta y después disminuye. La parte del taladro en la que disminuye la velocidad de desprendimiento de gas corresponde con la posición límite de la zona de influencia de la labor sobre la parte adyacente del frente de la capa.

El intervalo del taladro, para el cual se registra la disminución de la velocidad inicial de desprendimiento de gas, se llama "intervalo de disminución".

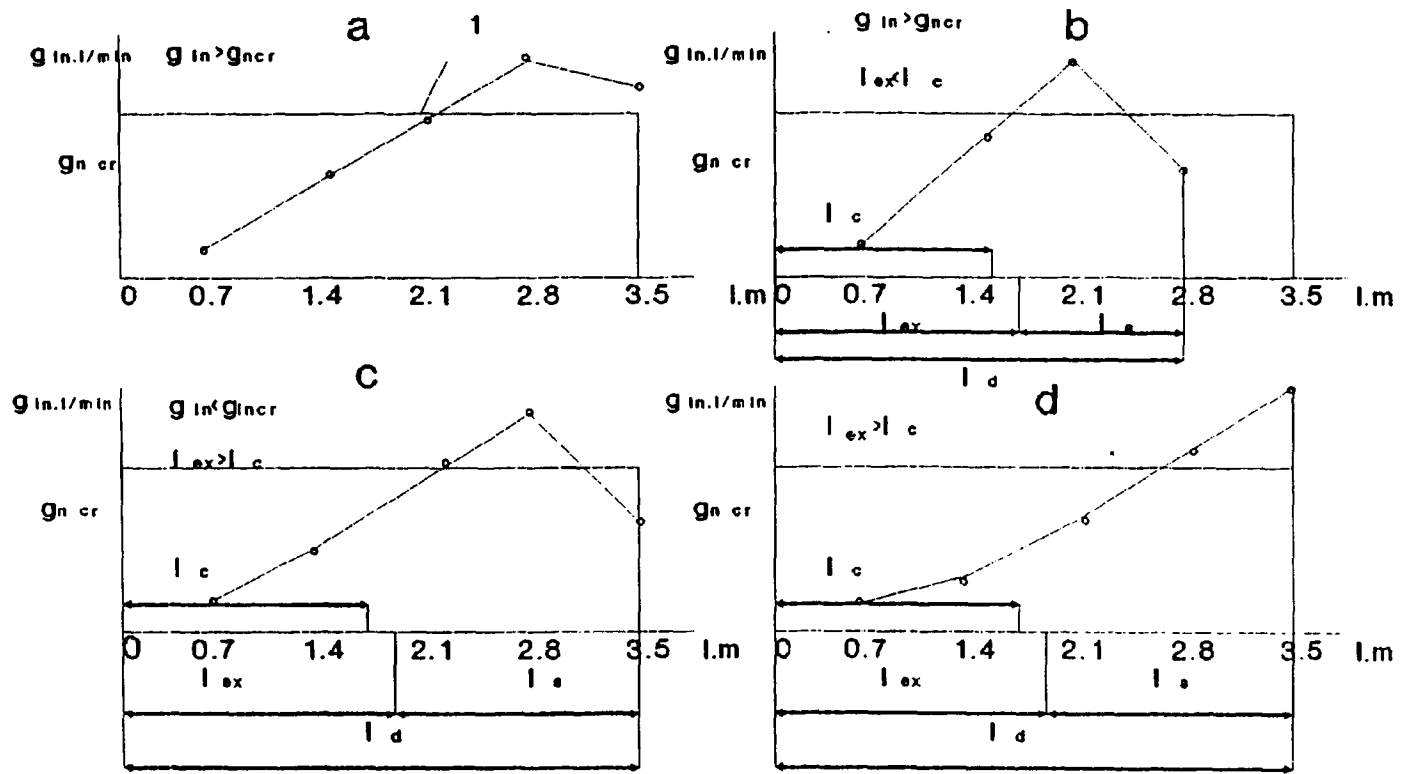
VARIACION DE LA VELOCIDAD DE DESPRENDIMIENTO DE GAS (g) DEL TALADRO EN EL TIEMPO (t)



t_n - tiempo correspondiente a la velocidad máxima de desprendimiento de gas del taladro, min.

FIGURA 2

Por la dinámica de la velocidad inicial de desprendimiento de gas se determina la amplitud de la zona descargada de la parte adyacente al frente de la capa (l_d) (fig.3), la cual equivale a la distancia desde el frente hasta el punto de medida de la velocidad inicial de desprendimiento de gas del intervalo de disminución. Cuando el intervalo de disminución no está detectado, entonces se toma la zona descargada igual a la profundidad del taladro.



l - distancia desde el frente, m;
 l_c - valor del avance del ciclo de arranque de carbón, m;
 l_d - valor de la zona descargada, m;
 l_{ex} - profundidad admisible de extracción, m;
 l_s - valor de solape, m;
 g_{in} - velocidad inicial l/min;
 $g_{in\ cr}$ - valor crítico de la velocidad inicial de desprendimiento de gas, l/min;
 l - lugar de medición de la velocidad inicial de desprendimiento de gas.

FIGURA 3

Se determina la profundidad admisible de avance del frente del taller (l_{ex}), la cual equivale al valor de la zona de descarga (l_d) menos un solape (l_s) igual a 1,5 m:

$$l_{ex} < l_d - 1,5 \text{ m}$$

La conclusión sobre el riesgo de desprendimiento de la zona situada delante del frente se hace en función de la comparación: entre la profundidad admisible de avance del taller (l_{ex}) y de la profundidad real (tecnológica) de avance en el carbón durante un ciclo de trabajo del taller dado (l_c), y del valor absoluto de la velocidad inicial de desprendimiento de gas, medida en el intervalo de disminución (g_{in}) con el valor crítico ($g_{in.cr}$), que se determina para cada capa en función de la profundidad del laboreo (H) y del desprendimiento específico de materias volátiles (MV), de acuerdo con la tabla que se expone a continuación.

profundidad de laboreo, H. m.	Valor crítico de la velocidad inicial de desprendimiento de gas ($g_{in.cr}$, l/min) para un contenido de volátiles (MV,%)	
	hasta 10	11-17
hasta 400	5,5	4,5
401-600	5,0	3,5
601-800	4,5	3,0
más de 800	4,0	2,5

La variación relativa de la velocidad inicial de desprendimiento de gas, medida en los intervalos del taladro de la misma longitud en función de su profundidad, se llama "dinámica de la velocidad inicial de desprendimiento de gas". Los tipos más frecuentes de la dinámica de la velocidad inicial de desprendimiento de gas se muestran en la fig. 3, en la que se determinan las situaciones que presentan (a,b) y que no presentan (c,d) riesgo de desprendimiento de gas.

Cuando en el intervalo de disminución el valor absoluto de la velocidad inicial de desprendimiento de gas (g_{in}) sea igual o mayor que el valor crítico ($g_{in.cr}$), independientemente de la correlación de la profundidad admisible y la real de arranque de carbón en el frente, se considera que la labor ha entrado en la zona peligrosa de desprendimientos (fig.3 a).

Cuando el valor absoluto de la velocidad inicial de desprendimiento de gas, medida en el intervalo de disminución, es menor que el valor crítico ($g_{in} < g_{in.cr}$), pero la profundidad real de arranque de carbón en el ciclo supera la admisible ($l_c > l_{ex}$), la zona se considera peligrosa de desprendimientos (fig. 3b).

Si el valor absoluto de la velocidad inicial de desprendimiento de gas, medida en el intervalo de disminución, es menor de la crítica ($g_{in} < g_{in.cr}$) y la profundidad real de arranque de carbón en el taller es menor o igual a la admisible ($l_c \leq l_{ex}$), la zona de la capa se considera sin peligro de irrupción (fig. 3c).

Cuando el intervalo de disminución, en el límite de profundidad del taladro, no se ha detectado y la profundidad real de arranque de carbón en el taller es menor o igual a la admisible ($l_c \leq l_{ex}$), la zona se considera sin peligro de desprendimiento (fig. 3d).

En la zona no peligrosa se admite el arranque de carbón a una profundidad múltiple del avance del arranque de un ciclo, en los límites de la profundidad admisible de arranque.

5 - LA VOLADURA DE SACUDIDA

Consiste en la pega de cargas de explosivo convenientemente distribuidas y dosificadas que provocan, de manera brutal, la fisuración, distensión y la desgasificación de la capa o el propio D.I. en ausencia de personal en el tajo.

Es un método de protección eficaz, ampliamente utilizado desde el año 1.920 en Europa en capas afectadas por desprendimientos instantáneos. Citamos como ejemplo que el cuenca francesa de Cevennes, la proporción de D.I. por relevo que era del 12% descendió al 1,3% después de la generalización de los tiros de conmoción. Sin embargo los disparos de sacudida constituyen una carga para la explotación y causan deterioros importantes en el yacimiento. En carbones no uniformes en cuanto a su resistencia no asegura el equilibrio estable de la capa de carbón. Por el contrario las inclusiones más resistentes pueden pasar al estado de menor estabilidad y al acercarse a ellas el frente, derrumbarse de golpe.

Provocan algunas veces D.I. que no se habrían producido en ausencia de los disparos. Otro inconveniente mucho más grave aún es que, en ciertos casos, los D.I. se producen intempestivamente, con un retardo

de varias horas y aún de varios días después del disparo. En Hungría y la U.R.S.S. se señalan frecuentes D.I. retardados. Sin embargo en la cuenca de Cevennes se constata estadísticamente que el 98% de los D.I., se produjeron entre 30 s y 30 min tras el disparo y un 1,3% solamente tras 1 hora desde el momento de aquél.

Se realizan investigaciones para mejorar la eficacia y la seguridad de los disparos, entre otras sobre la profundidad de los barrenos, carga y tipo de explosivo más conveniente. La cantidad de explosivo es de importancia crítica: si se utiliza poco explosivo no se produce una distensión efectiva y se puede originar una situación más peligrosa que la anterior, mientras que una cantidad excesiva puede generar efectos nocivos importantes. Ciertos explosivos de seguridad aumentada frente al grisú, provocan quebrantamientos insuficientes por su bajo poder rompedor. Otras investigaciones se han dirigido al empleo de otras técnicas, que en sus efectos son similares a los tiros de conmoción, en competencia o como método asociado al que nos ocupa.

Entre los métodos modernos de prevención, se ha puesto a punto el de sondeos de distensión y desgasificación, basado en la perforación de barrenos de gran diámetro (generalmente 115 mm) y de gran longitud (15 a 20 m). Redes de sondeos bien dispuestas

provocan la desgasificación parcial de la capa y sobre todo la distensión del macizo, con la extracción de un cierto volumen de carbón que puede representar de 3 a 5% de la potencia de la capa.

La prevención de los D.I. por sondeos de distensión ha dado los mejores resultados en las hulleras francesas, belgas y rusas, tanto en las galerías en capas como en taller.

En las galerías en capa, el empleo simultáneo de los sondeos de distensión y de la voladura de sacudida ha tenido por efecto reducir casi a cero el número de D.I. en los disparos. En el taller, los sondeos de distensión ejecutados correctamente evitan prácticamente los D.I. Han permitido reducir los tiros de conmoción, realizar la inyección de agua en vena, mecanizar el arranque y alcanzar avances de 1,7 m y aún de 2,5 m por día. No solamente se ha reforzado considerablemente la seguridad sino que también se ha aumentado la rentabilidad de la explotación.

Pero el procedimiento no es de aplicación en algunos yacimientos. La eficacia de los sondeos de distensión y gasificación no ha sido buena en algunas capas de la Cuenca Central asturiana pues incluso limitando el avance de los ciclos entre 1-1,2 m se produjeron derrabes y otros incidentes. Además en

algunos casos resulta impracticable pasar de cierta profundidad de barrenos, debido al aporte de carbón; el sondeo se comporta como un método de arranque del macizo, lo que no es el objetivo del mismo. Por ello en estas circunstancias los sondeos de distensión no pueden competir o alternar con la voladura de sacudida.

6 - METODOLOGIA DE LAS VOLADURAS DE SACUDIDA

Las características principales de las voladuras de sacudida se exponen seguidamente, señalando los límites entre los que suelen oscilar los factores que intervienen en ellas, recogidas de la experiencia en los países donde el empleo de los tiros de conmoción es práctica habitual en la lucha contra los D.I.

Para la perforación de los barrenos en carbón se utilizan las perforadoras rotativas, pudiendo emplearse para los barrenos en roca los martillos perforadores. El diámetro de los barrenos igual que en las pegas normales o superior en algunos casos.

- Profundidad de los barrenos (m) 0,8-3
- Distancia mínima entre barrenos (m)..... 0,4
- Nº de barrenos en carbón/m² de sección..... 0,6-2
- Nº de barrenos en roca en guías/m² de
sección total de galería..... 2-4,5
- Carga de explosivo por cada barreno en
carbón (g)..... 250-500

- *Carga de explosivo por barreno en roca en guías (g)..... 600-1200*
- *Densidad de carga g/m² en carbón..... 250-1200*
- *Densidad de carga g/m² en roca..... 1200-2000*

El retacado debe ser particularmente cuidado, imponiéndose en algunas minas que sea ejecutado hasta la boca.

La aplicación práctica en cada caso concreto está condicionada por:

- *Las características geotécnicas y mecánico-físicas de las rocas y del carbón.*
- *La sección de la labor.*
- *La calidad de los explosivos utilizados, especialmente su potencia y poder rompedor. En el Anexo se señalan características de algunos de los explosivos españoles.*
- *La reglamentación de cada país y los reglamentos o consignas interiores de cada mina. En España las cargas límites para cada tipo de explosivo y labor*

están en principio determinadas en la ITC 10.4.01.

- La coexistencia de fenómenos gaseodinámicos.

En lo que sigue, nos referiremos a la metodología, aplicación práctica y medidas previas y complementarias relacionadas con la voladura de sacudida en las labores de preparación y arranque, siguiendo principalmente las normas usuales en países de avanzada tecnología en la lucha contra los fenómenos gaseodinámicos como son Bélgica, Francia y la U.R.S.S. y especialmente en las cuenca francesa de Cevennes y en la soviética Donbass.

6.1 ACCESO Y CORTE DE CAPAS DE CARBON QUE PRESENTAN RIESGO DE DESPRENDIMIENTO

El avance de las galerías que cortan capas con riesgo de desprendimiento o carboneros de más de 0,3 m de potencia, se realiza empleando un conjunto de trabajos de prevención de desprendimientos y creando condiciones seguras de trabajo.

Cuando se avanza la labor, desde una distancia de 10 metros, según la normal a la capa, se realiza un

sondeo de exploración para precisar la posición, el ángulo de buzamiento y la potencia de la capa. El esquema de disposición de los sondeos, su longitud y la periodicidad de perforación, se realizan basándose en que la potencia explorada entre la capa y el frente de labor sea no menor de 5 m.

Según la metodología rusa, realizando el avance de la labor de entrada en capa mediante perforación y disparo, la voladura por sacudidas se introduce cuando el frente de la labor se acerca a la capa, que presenta riesgo de desprendimientos, a una distancia no menor de 4 m y se termina después de que el frente de la labor se aleje en no menos de 4 m según la normal a la capa.

Al acercarse la labor de entrada a una distancia no menor de 3 metros, por la normal hacia la capa, hay que realizar el pronóstico de riesgo de desprendimiento, en el lugar de paso de la capa.

Si por el pronóstico se determina que en el lugar de corte de la capa de carbón no presenta peligro de desprendimiento, entonces se puede realizar el paso de capa sin emplear los métodos de prevención de desprendimientos, mediante la voladura por sacudidas, con la instalación previa de una armadura para prevenir el derrabe del carbón durante el paso de la capa.

Cuando el pronóstico establezca que en el lugar de paso la capa de carbón presenta riesgo, entonces el paso de la capa hay que realizarlo empleando los métodos de prevención de desprendimientos y con la instalación previa de la armadura para prevenir el derrabe del macizo de carbón de la corona. Después de realizar los métodos de prevención de los desprendimientos y del control de su eficacia, el paso de la capa se realiza mediante la voladura por sacudida.

Si no se realiza el pronóstico, el paso de la capa se efectúa por voladura de sacudida después de cumplir los métodos de prevención de desprendimientos, el control de su eficacia y la instalación de la armadura.

Los carboneros de 0,1-0,3 m de potencia se cortan con voladura de sacudida, sin efectuar el pronóstico ni los métodos de prevención de desprendimientos.

Las medidas de prevención de desprendimientos se efectúan a una distancia, entre el frente de la labor y la capa de carbón, no menor de 3 metros, según la normal de la capa, y el descubrimiento de la capa por medio de perforación y disparo desde una distancia de 2 m según la normal de la capa. Se indican a continuación las consignas que se siguen en la Cuenca de Cévennes.

Cuando un sondeo descubre la presencia de una capa, el disparo se realiza de modo que subsista entre la capa y el punto del frente más aproximado de la labor, un macizo de roca al menos 1,00 m de espesor.

Se procede a la voladura del frente del siguiente modo:

- Se perfora una voladura en roca de la que ningún barreno debe alcanzar la capa, cargada con explosivo roca y detonadores microrretardos.
- Se superpone otra voladura a la precedente, con todos los barrenos paralelos saliendo (rebosando) ampliamente en la capa. Esta voladura comprende al menos 8 tiros regularmente repartidos, cargados como mínimo con 300 grs de explosivo de seguridad por barreno.

El inicio de la pega se realiza con detonadores de microrretardo, con número de retardo superior en dos unidades al del retardo más elevado de la voladura de roca.

Después del paso de la capa, y hasta que la distancia más corta entre la capa y el frente de la labor sea superior a 1 metro, los disparos se efectúan en las condiciones de protección requeridas para los

disparos de conmoción.

Después de aflorar la capa hay que adoptar inmediatamente medidas para entibar el macizo de carbón de la corona. El avance posterior de la labor debe realizarse solamente después de entibar el macizo de carbón con el posteo definitivo.

Según las condiciones de paso de las capas peligrosas de desprendimientos se recomiendan los siguientes métodos de prevención de desprendimientos y derrabes del macizo de carbón de la corona:

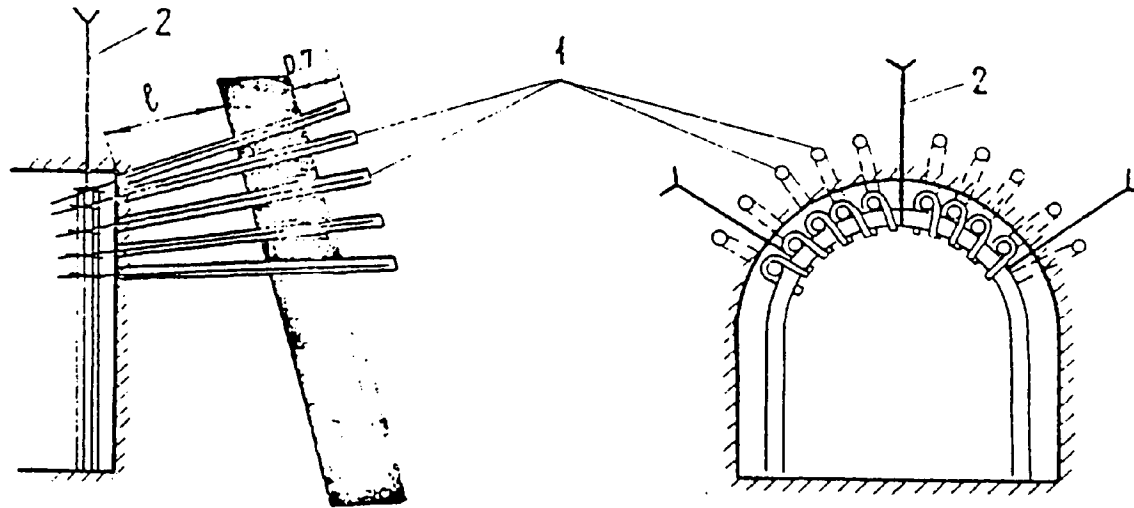
- destape fuera de la zona peligrosa de desprendimientos con la colocación previa de una armadura metálica en la corona de la excavación;*
- destape en la zona peligrosa de desprendimientos con la colocación de una armadura metálica en la corona de la labor y socavado hidráulico posterior.*

La entibación previa, con armadura metálica, se emplea durante el paso de capas de fuerte buzamiento, constituidas por carbones blandos, propensos a derrabes. Está destinada para la prevención del derrabe por medio del sostenimiento previo del macizo de carbón de la corona durante el paso de capa.

La colocación de la armadura metálica se puede realizar después de acercarse el frente de la labor a una distancia de 2 m, por la normal, a la capa. En el caso de que las rocas encajantes sean blandas se puede aumentar el tamaño del tapón de roca hasta 3 metros.

La tecnología de colocación de la armadura es la siguiente. Desde el frente de la labor, a través del tapón de roca, se perforan barrenos de 43-70 mm de diámetro, de modo que pasen el tapón de roca, la capa de carbón y entren en las rocas, del techo o del muro, 0,7 m. Los barrenos se perforan en serie por el perímetro de la corona de la labor cada 0,2 m, calculando por sus ejes. Los barrenos se perforan por encima del arco de la entibación metálica y se orientan fuera del contorno de la labor, bajo un ángulo de 10-15°, de modo que se salgan fuera del entorno de la labor en 1 m. Con ello la distancia entre los barrenos en la capa de carbón debe ser no mayor de 0,3-0,4 m.

ESQUEMA DE INSTALACION DEL ENTRAMADO METALICO



1 - BARRAS DE ARMADURA O TUBOS

2 - PERNOS DE ANCLAJE

FIGURA 4

6.2 REALIZACION DE LAS LABORES PREPARATORIAS EN CAPA

Las exigencias principales del régimen de voladura por sacudida, que garantizan la seguridad del personal, están dirigidas a prevenir los daños personales, durante las irrupciones de carbón y de gas provocadas por las labores de disparo, por medio de la evacuación del personal a una distancia segura del lugar de disparo.

La voladura de sacudida debe asegurar el arranque total del carbón, o del carbón y de la roca, en toda la sección de la labor y el avance previsto del frente.

Cuando durante la voladura por sacudida no se logra la suficiente destrucción del carbón, y por eso no es posible obtener la configuración deseada del frente, hay que realizar una segunda voladura de sacudida para obtener la sección de la labor de acuerdo con las dimensiones de proyecto.

Para los trabajos en el frente, después de la voladura por sacudida, se recomienda no utilizar las herramientas manuales.

Cuando en el frente en el que emplea la

voladura por sacudida existen barrenos de adelantamiento o sondeos, no destinados a las labores de disparo, éstos deben llenarse con arcilla u otro material no inflamable sobre toda la longitud que sobrepasa la profundidad de los barrenos cargados y en no menos de un 1 m. Su empleo para la carga y el disparo está prohibido.

En caso de fallar una o varias cargas deben eliminarse teniendo en cuenta todas las exigencias que se plantean a los barrenos fallidos y a la voladura de sacudida.

6.2.1 Principios fundamentales de disminución de la frecuencia y de la fuerza de los desprendimientos durante la voladura por sacudida.

Por delante del frente de la capa de carbón, bajo la influencia de la presión de las rocas, se forma una zona descargada y desgasificada.

PRESIONES DE LOS TERRENOS EN LA GALERIA

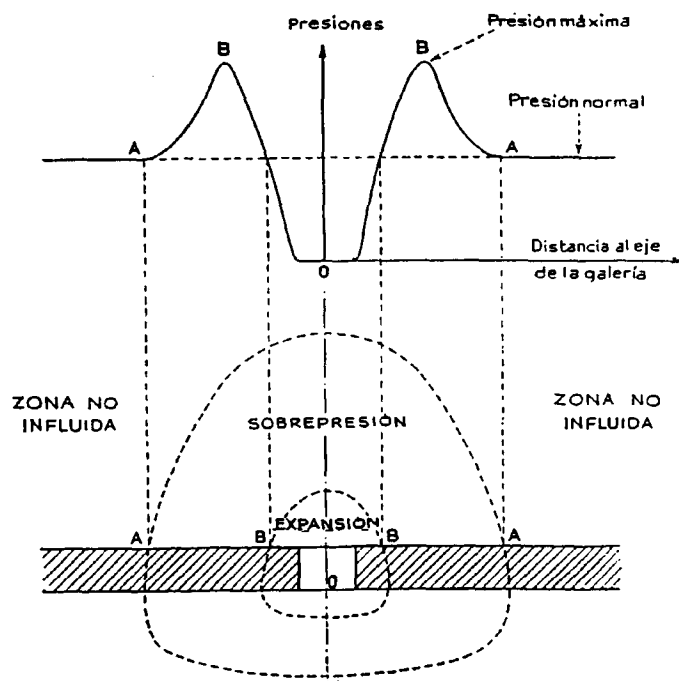


FIGURA 5

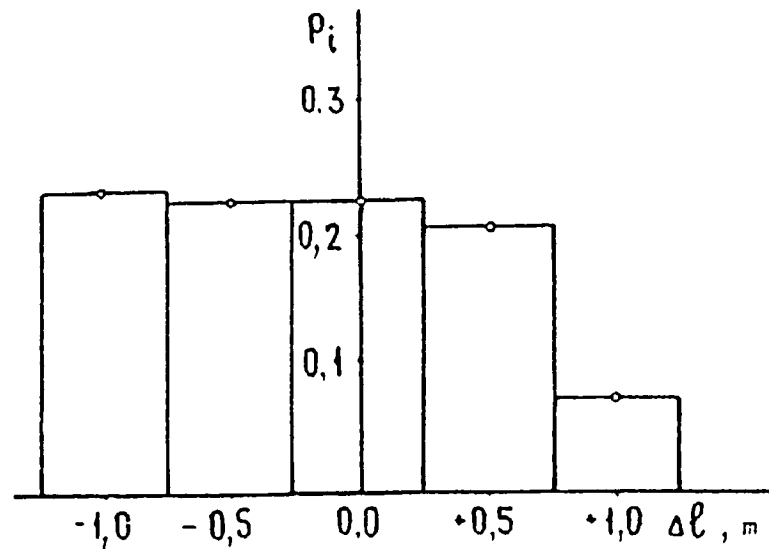
Durante la extracción del carbón, en los límites de dicha zona, no suceden desprendimientos de carbón y de gas.

El tamaño de la zona descargada y desgasificada depende de muchos factores técnico-mineros y geológico-mineros y cambia en amplios límites, desde 0,1-0,2 m hasta 4,0-5,0 m.

La frecuencia y la fuerza de los desprendimientos durante la realización del avance por medio de perforación y disparo, depende de la relación entre el valor de la zona descargada y desgasificada (l_2) y la profundidad de barrenos (l): $\Delta l = l_2 - l$.

La influencia de la relación (Δl) sobre la frecuencia y la fuerza de desprendimientos está mostrada en las figuras 6.1 y 6.2.

HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE LA FRECUENCIA DE DESPRENDIMIENTOS DURANTE LA REALIZACION DE LABORES PREPARATORIAS POR MEDIO DE VOLADURA DE SACUDIDA

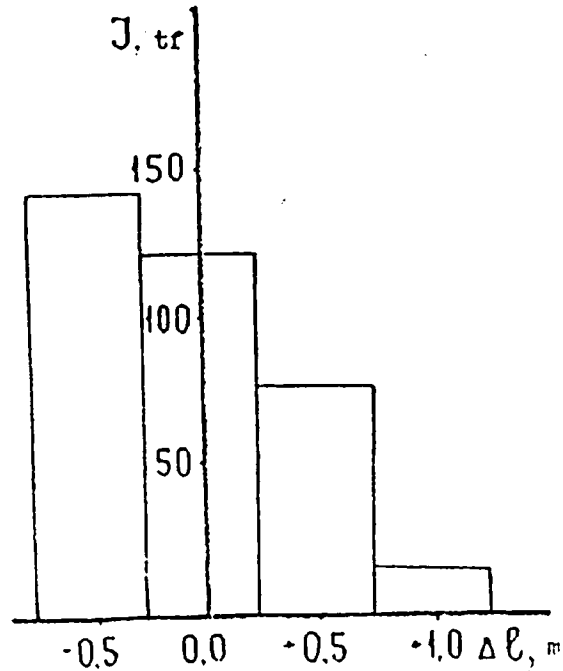


P_i - Frecuencia de desprendimientos

l - Diferencia entre el valor de la zona de descarga y la profundidad de los barrenos.

FIGURA 6.1

HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE LA FUERZA DE DESPRENDIMIENTOS DURANTE LA REALIZACION DE LABORES PREPARATORIAS POR MEDIO DE VOLADURA POR SACUDIDA



J - Fuerza del desprendimiento
(masa de carbón expulsado)

Δl - Diferencia entre el valor de
la zona de descarga y la lon-
gitud del barreno.

FIGURA 6.2

De los histogramas de distribución resulta que cuando el valor de la zona descargada y desgasificada sobrepasa la profundidad de los barrenos en 1,5 m y más, no suceden desprendimientos. El valor de la zona descargada y desgasificada en la parte adyacente al frente de la capa se determina por la dinámica de la velocidad inicial de desprendimiento de gas, según la metodología de pronóstico corriente expuesta en 4.2.

La prevención, o la disminución de la fuerza y la frecuencia de desprendimientos de carbón y de gas, empleando la voladura por sacudida pueden ser logradas del siguiente modo:

- con el disparo de cargas de explosivo en barrenos situados en los límites de la zona descargada y desgasificada, en la parte adyacente al frente, que supera la profundidad de los barrenos en no menos de 1,5 m;*
- con el empleo de los esquemas de avance de galerías con el franqueo de los hastiales por disparo en las rocas, sin perforación ni disparo de barrenos en el carbón. El esquema de ejecución de las galerías con el franqueo por disparo de las rocas encajantes, sin perforación ni disparo de barrenos en el carbón, se utiliza durante la realización de las galerías en las capas con fuerte buzamiento propensas a derrabes, y*

en las zonas de carbón, donde la perforación y la carga de barrenos en el carbón son imposibles, o que incluso pueden provocar el derrabe del carbón.

- *con el aumento de la zona descargada y desgasificada, en la parte adyacente del frente de la capa de carbón, por medio de disparos en el macizo de carbón (mullido adelantado). El método para aumentar la zona descargada y desgasificada en la parte adyacente del frente, por medio del mullido adelantado, está destinado a la realización de labores preparatorias con frentes mixtos, en las capas con riesgo aumentado de desprendimientos.*

Hay que considerar también su utilización racional en las zonas con trastornos geológicos activos y presiones elevadas del terreno.

El empleo de estos métodos permite reducir la probabilidad de generación de un desprendimiento instantáneo de carbón y de gas, en la zona de influencia de la parte extrema de la capa de carbón, durante el proceso de perforación de barrenos o de carga y saneo del carbón.

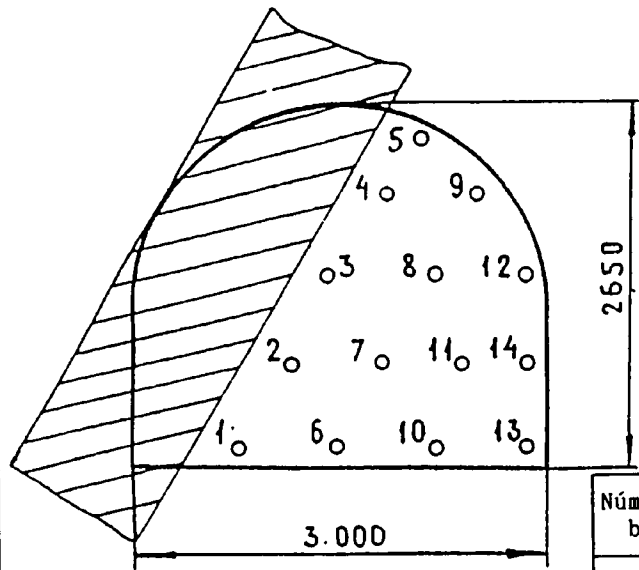
El valor de avance el frente de la labor preparatoria durante un ciclo de trabajo de perforación y disparo, no debe superar el valor admisible desde el

punto de vista de estabilidad, de la longitud del macizo de carbón avanzado, para evitar su derrabe cuando no se emplea el sostenimiento previo (empiquetado) de la capa de carbón.

6.2.1.1 Avance de galerías con la ubicación de las cargas de explosivo en barrenos, en los límites de la zona descargada y desgasificada.

En los casos que por delante del frente de carbón se forma una zona natural descargada y desgasificada, significativa por su tamaño, el avance las galerías debe realizarse utilizando la zona natural de descarga, para lo que la diferencia entre la profundidad de los barrenos para la voladura de sacudida en el carbón y en la roca y la profundidad de la zona natural de descarga, debe ser no menor de 1,5 m. La profundidad de los barrenos no debe ser menor de 0,8 m. Un esquema de tiro, con la utilización de la zona natural de descarga, está mostrado con la fig. 7.

ESQUEMA DE TIRO Nº 1



Número de los barrenos	Longitud de los barrenos (m)	Masa de carga Kg(*)	Orden de disparo.
2,3,4	$l_b = 0,7 (l_{z.d.} - 1,5)$	0,6	I
7,8	$l_b = 0,8 (l_{z.d.} - 1,5)$	0,6-0,9	II
1,5	$l_b = l_{z.d.} - 1,5$	0,6-0,9	III
11	$l_b = 0,9 (l_{z.d.} - 1,5)$	0,6-0,9	IV
6,9	$l_b = l_{z.d.} - 1,5$	0,6-0,9	V
10,12	$l_b = l_{z.d.} - 1,5$	0,6-0,9	VI
13,14	$l_b = l_{z.d.} - 1,5$	0,6-0,9	VII

(*) El peso de la carga está calculado para explosivos con capacidad de trabajo de 280 cm³<> al de seguridad nº 7 español.

$l_{z.d.}$ - Valor de la zona descargada y desgasificada en la parte adyacente al frente.

FIGURA 7

Al realizar las galerías en las capas de carbón propensas al derrabe no se efectúa la perforación y el disparo de barrenos en el carbón. En estos casos las galerías preparatorias se realizan con el franqueo del carbón y de las rocas de los hastiales con la carga de barrenos situados en las rocas encajantes. La perforación de los barrenos y el disparo de las cargas solo se realiza en la parte de la roca del frente. La profundidad de los barrenos debe adoptarse en función del valor de la zona natural descargada y desgasificada, en la parte próxima al frente de la capa de carbón.

Con el objeto de un mejor contorneado del suelo de la labor se recomienda aumentar la profundidad de la fila inferior de barrenos y la carga de los barrenos en un 20-25%, respecto a los restantes barrenos y cargas, que se utilizan para el arranque de la roca de la sección del frente.

La densidad de barrenos en roca se adopta en función de la resistencia de las rocas a volar y del valor de la sección transversal de la labor.

Para los cálculos previos, la densidad de barrenos se toma de acuerdo con los datos presentados en la tabla.

Valores medios recomendados de densidad de barrenos en roca por 1 m² de sección de la labor.

Superficie transversal de la excavación, m ²	Densidad de barrenos en función de la resistencia (f) de la rocas. Unidades/m ²			
	2 - 3	4 - 5	6 - 7	8 - 10
5 - 7	3,3-3,0	3,8-3,4	4,2-3,7	4,6-4,0
8 - 9	2,9-2,7	3,3-3,1	3,4-3,3	3,6-3,5
0 - 11	2,7-2,6	2,9-3,2	3,1-3,0	3,3-3,2
2 - 14	2,6-2,5	2,8-2,7	2,9-2,8	3,1-3,0
5 y más	2,5-2,3	2,6-2,4	2,7-2,5	2,9-2,6

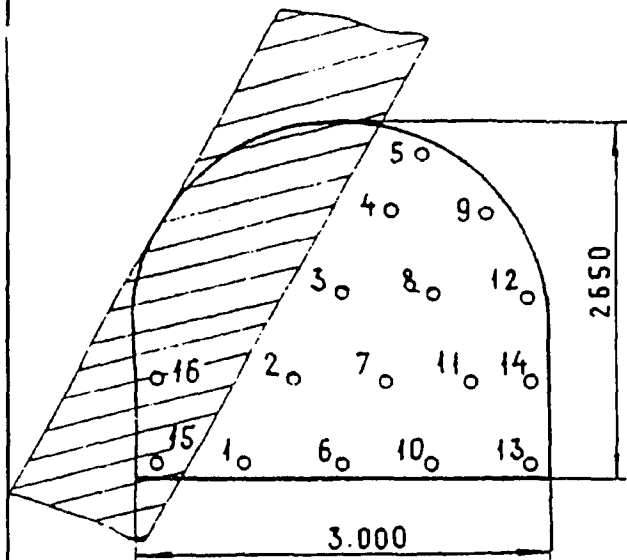
f coeficiente de resistencia según N.M. Protodyakonov
 $= \frac{\sigma_{rc}}{100}$ u.c. donde σ_{rc} resistencia a compresión KP/cm².

6.2.1.2 Mullido avanzado de la capa de carbón.

En los casos que la zona descargada y desgasi-
 ficada de la parte adyacente al frente sea pequeña,
 durante la realización de las labores preparatorias se
 emplea el mullido avanzado de la capa carbonífera para
 aumentarla. Para ello en los frentes mixtos se realiza
 el disparo simultáneo de cargas de explosivo para el
 mullido de la capa de carbón y el franqueo de la roca

y del carbón, siendo las primeras que se disparan las cargas de mullido. El esquema de tiro, con el empleo del mullido avanzado de las rocas encajantes, está mostrado en la fig. 8.

ESQUEMA DE TIRO Nº 2



Número de los barrenos	Longitud de los barrenos (m)	Masa de carga Kg	Orden de disparo.
15,16	$l_b = 2 (l_{z.d.} - 1,5)$	0,9-1,2	I
2,3,4	$l_b = 0,7 (l_{z.d.} - 1,5)$	0,6	II
7,8	$l_b = 0,8 (l_{z.d.} - 1,5)$	0,6-0,9	III
1,5	$l_b = l_{z.d.} - 1,5$	0,6-0,9	IV
11	$l_b = 0,9 (l_{z.d.} - 1,5)$	0,6-0,9	V
6,9	$l_b = l_{z.d.} - 1,5$	0,6-0,9	VI
10,12	$l_b = l_{z.d.} - 1,5$	0,6-0,9	VII
13,14	$l_b = l_{z.d.} - 1,5$	0,6-0,9	VIII

Masa de carga calculada para explosivos con capacidad de trabajo de 280 cm³.

Este explosivo equivale aproximadamente al de seguridad nº 7 español.

$l_{z.d.}$ - Valor de la zona descargada y desgasificada en la parte adyacente al frente.

FIGURA 8

La profundidad de los barrenos para el mullido avanzado de la capa de carbón se adopta dos veces mayor que la profundidad de barrenos utilizados para el franqueo del carbón y de la roca.

La carga explosiva de los barrenos para el mullido avanzado debe ser de 0,9-1,2 Kg para cada barreno.

6.2.1.3 Disparo único al muro de la capa en los frentes de las guías.

El barreno se dará en roca, siendo sus características las siguientes:

- Distancia a la capa: 50 a 100 cm.
- Longitud: 20-30 m.
- Diámetro: 40-45 mm.
- Inclinación: horizontal.
- Dirección: paralelo a la capa.
- Altura: 1 a 1,20 m sobre la rasante de la galería.

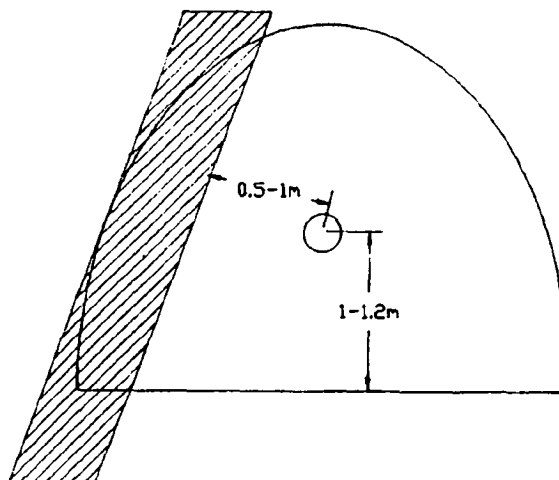


FIGURA 9

Carga, cebado y retacado

El barreno se cargará con explosivo goma 2E-C.
Longitud de la carga: la del barreno menos la necesaria para el retacado.

Cebo: un único detonador instantáneo, dirigido hacia el fondo del barreno.

Retacado: se retacará con arcilla una longitud de barreno igual a 2,5 m.

Este esquema de disparo ha sido ensayado en la Cuenca Central Asturiana previa autorización de la Dirección Provincial de Minas que estableció normas complementarias de seguridad a la contenidas en el R.P.M.M. para la ejecución de las voladuras.

6.2.1.4 Pega conjunta de arranque y sacudida

Consiste en el disparo en la misma pega de los barrenos de arranque y de sacudida.

Citamos la metodología seguida en la cuenca de Cévennes de Charbonnages de France.

El esquema de tiro se compone de:

- Los barrenos normales de arranque de la labor.*

- De los barrenos de conmoción cuya longitud supera a los de arranque en 60 cm. Los barrenos de conmoción se ceban con detonadores del mismo número, siendo éste superior en dos unidades al de retardo más elevado de los barrenos de arranque.*

Se acompañan esquemas de tiro utilizados en el Pozo Ricard de la cuenca antes citada.

En las consignas para la ejecución práctica de los pegas se establece que en un avance conducido con disparos de conmoción, bien que sea en carbón, en roca o mixto toda la voladura debe comprender como mínimo 1 barreno y 200 g de explosivo por m² de sección del avance sin poder comprender en total menos de 4 barrenos repartidos uniformemente sobre el conjunto del frente y 1.000 g de explosivo capa .

Estas consignas son de aplicación tanto de los esquemas que estamos considerando como a los de voladura de sacudida aislada.

HULLERAS DE CEVENNES-DIVISION CENTRAL-MINA RICARD

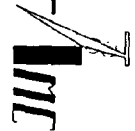
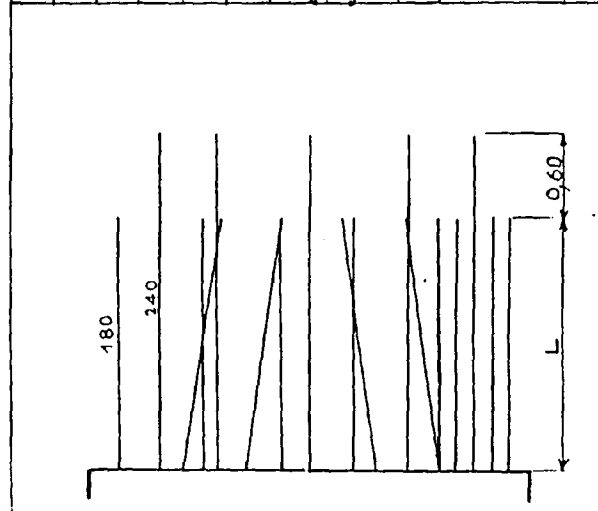
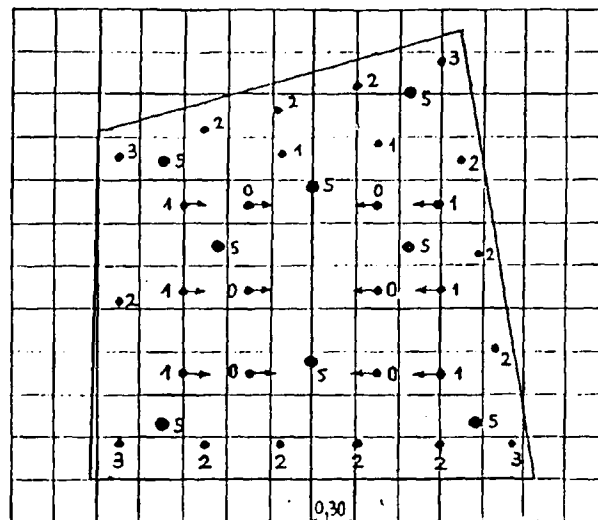
SECCION 7,25 m²

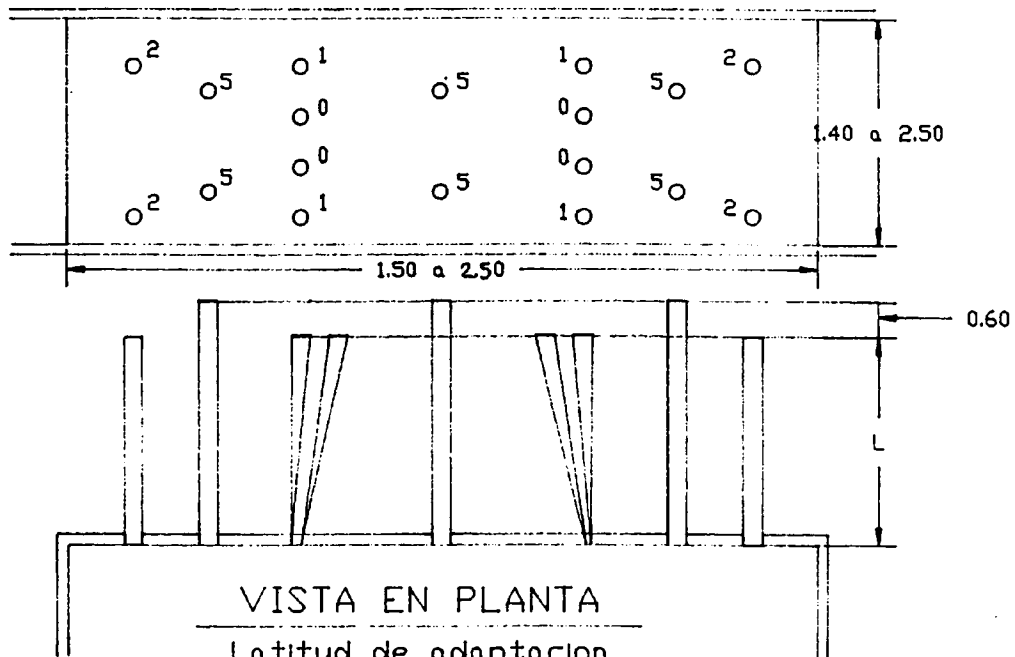
PLANO DE TIRO TIPO

EXPLOSIVOS EMPLEADOS : GDC 1

DETONADORES EMPLEADOS: MICRORETARDO

Arranque	Longitud de barrenos	Número de barrenos	Nº del microretardo	Carga por barreno	Carga total
	1,80	6	0	300 g	1.800 g
	1,80	8	1	300 g	2.400 g
	1,80	11	2	300 g	3.300 g
	1,80	4	3	300 g	1.200 g
TOTAL		29			8.700 g
	Tolerancia	± 15 % =	MAXI 33 ,	MINI 25	
Conexión	2,40	8	5	200 g	1.600 g





Latitud de adaptación

Tiros de conoción:0

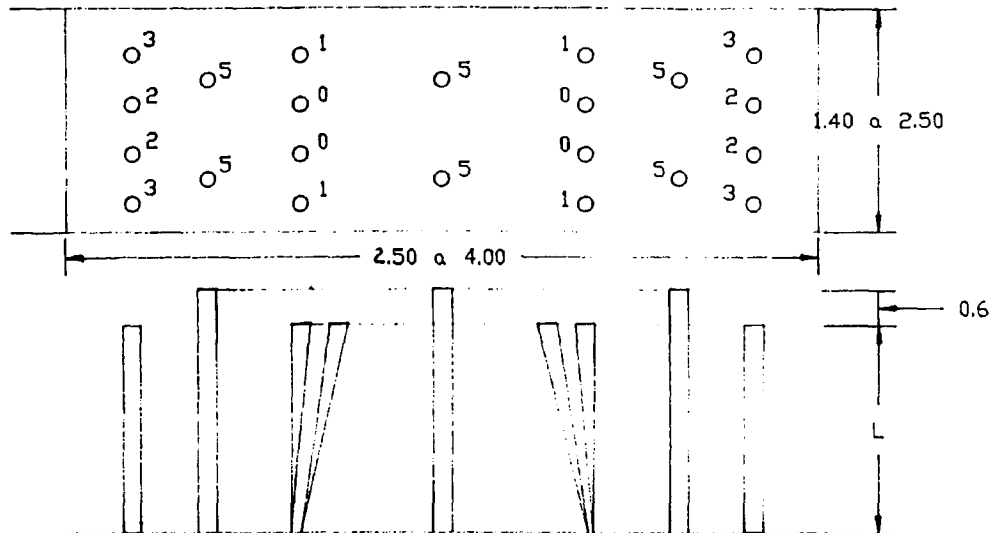
Voladura de arranque:15%

La longitud L estara comprendida entre 1m y 2.40m

La separacion entre barrenos 0.4m como mínimo

Los 6 barrenos n 5 estan espaciados 1m como máximo

La densidad de carga sera como mínimo de 300 g
de G.D.C.I por metro cuadrado de frente



VISTA EN PLANTA

Latitud de adaptación

Tiros de conexión:0

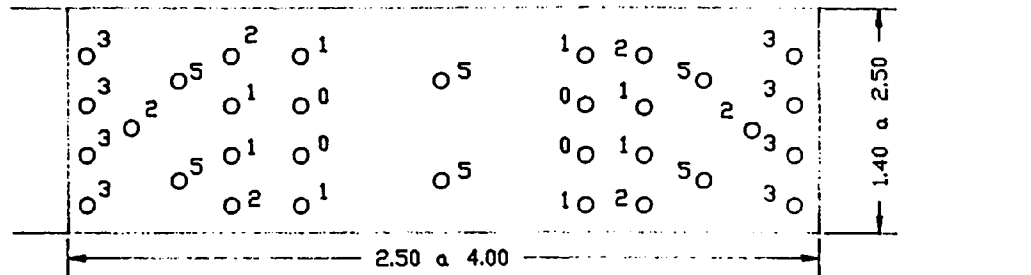
Voladura de arranque:15%

La longitud L estará comprendida entre 1m y 2.40m

La separación entre barrenos 0.4m como mínimo

Los 6 barrenos n 5 están espaciados 1m como máximo

La densidad de carga será como mínimo de 300 g de G.D.C.1 por metro cuadrado de frente



VISTA EN PLANTA

Latitud de adaptación

Tiros de conoción:0

Voladura de arranque:15%

La longitud L estara comprendida entre 1m y 2.40m

La separacion entre barrenos 0.4m como mínimo

Los 6 barrenos n 5 estan espaciados 1m como máximo

La densidad de carga sera como mínimo de 300 g

de G.D.C.1 por metro cuadrado de frente

6.2.1.5 Voladuras de sacudida en los talleres de arranque

La aplicación de esta tecnología en los talleres de arranque puede llevarse a cabo a lo largo de todo el taller o en zonas particulares del mismo. En la URSS la voladura de sacudida en los talleres de arranque se reserva a los nichos y a los lugares de cruce de zonas con trastornos geológicos así como en las chimeneas y nichos de montaje de los talleres con escudos de las capas de fuerte buzamiento.

En los tajos largos en dirección con arranque mecanizado o de frentes descendentes con equipos como el ANSCHA no se efectúa la voladura de sacudida.

Como ejemplo de utilización en todo el taller se acompaña el esquema de tiro practicado en un taller de 200 m de longitud del grupo St. Albert de Charbonnage de Ressaïs en Bélgica. En el mismo figuran también los correspondientes a las guías de cabeza y base.

La capa tenía una potencia media de 1,5 m, pendiente de 5 a 10° y hastiales de arenisca. El avance era de una calle de 1,5 m.

En el taller, los barrenos se disponían perpendicularmente al frente, a un nivel situado aproximadamente en la mitad de la potencia de la capa

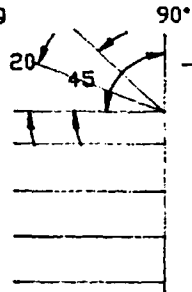
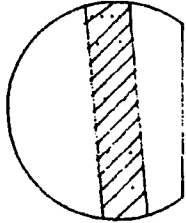
y distantes entre sí normalmente 1 m y como mínimo de 0,75 m.

La carga total para el conjunto de los barrenos de las guías y del taller era de 88 Kg de explosivo S.G.F enfundado.

El número de barrenos por m² de sección de avance y las densidades de carga derivadas del esquema son:

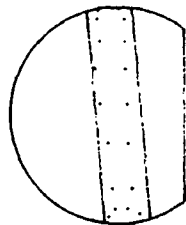
	<u>Barrenos/m²</u>	<u>Densidad de carga g/m²</u>
Guía de cabeza	1	400
Guía de base	1,5	600
Taller	0,63	253

tiro al corte
12 barrenos de 400g
longitud 3m
retacado 0.8m
avance diario 1.5m

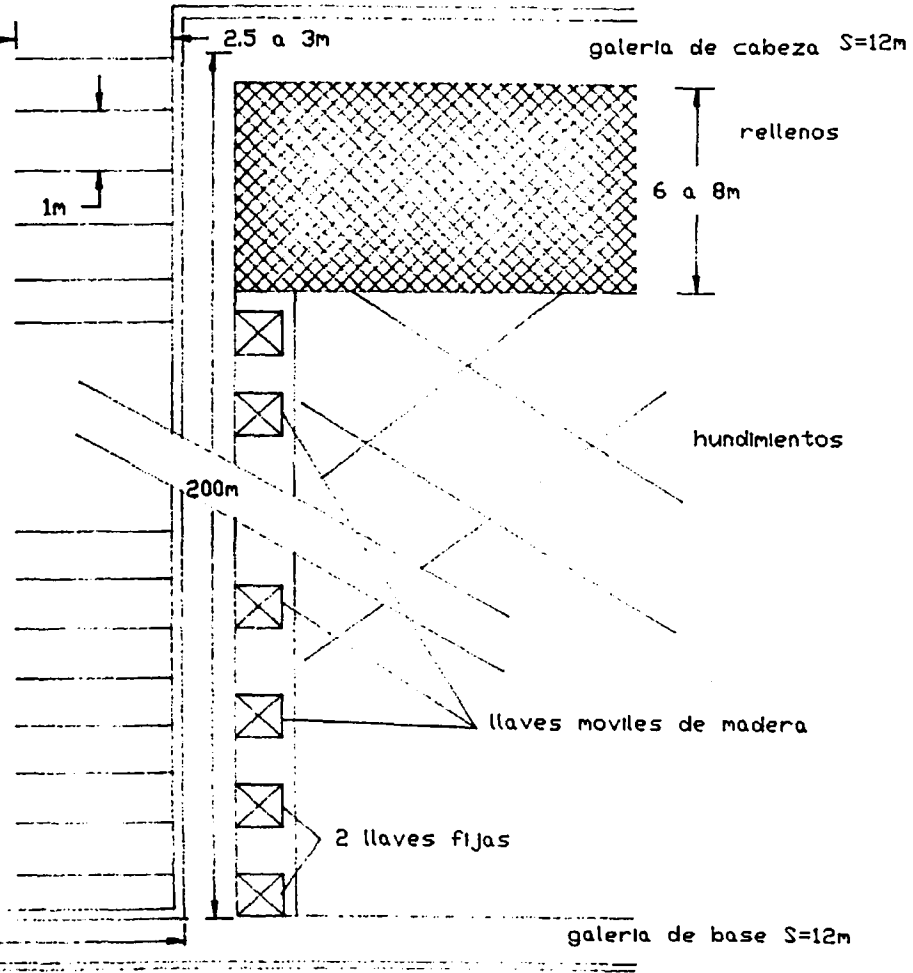
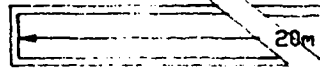
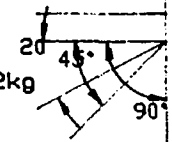


Carga por barreno 400g
SGP o rectificado
retacado 0.8 a 1.2 de arcilla
n de barrenos en taller 190
avance diario 1.5m

TAJO EN EL MOMENTO
DEL DISPARO



Disparo en galería
18 barrenos de 400g, 7.2kg
longitud 3m
retacado 0.8m
avance diario 1.5m



Se observa que en los talleres la densidad de barrenos y de carga de explosivo es netamente inferior a la empleada en las guías.

Las disposiciones adecuadas de los frentes en los talleres como medida de prevención contra los D.I. son así mismo adecuadas contra los derrabes, por lo que de utilizarse los tiros de conmoción no producirían los mismos.

Si el taller se llevara por testers lo que sería inadecuado si en la capa se presentase alguno de los fenómenos gaseodinámicos, indudablemente la voladura de sacudida agravaría el problema por su efecto nocivo bajo el punto de vista de los derrabes debido a la desconsolidación del macizo que crea.

6.2.1.6 Retacado de los barrenos y cortinas de agua atomizadas

Unos de los factores esenciales para el aumento de la eficacia y la seguridad de los trabajos de disparo es la calidad del atacado de los barrenos.

En Donbass en las voladuras de sacudida es preceptivo emplear el retacado hidráulico que puede

realizarse por medio de vainas de polietileno llenas con agua en combinación con un retacado de arcilla no menor de 0,15 m de longitud.

En los barrenos de profundidad menor o igual a 1,5 m es conveniente emplear para un retacado una vaina de polietileno con agua y en los de mayor profundidad dos vainas.

Deben emplearse también las cortinas de agua atomizada como método principal de creación de un medio protector en todos los casos de ejecución de voladuras de sacudida. Las cortinas de agua atomizadas se crean por medio del disparo de una carga de explosivo en un recipiente lleno de agua.

7 - REGLAMENTACION ESPAÑOLA RESPECTO A LA VOLADURA DE
SACUDIDA

Las disposiciones generales para las minas clasificadas en 4ª categoría están recogidas en los artículos 103 a 110 del R.P.M.M. y los 95 y 96 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

El artículo 109 señala algunas prescripciones particulares para la aplicación del método de voladura de sacudida, expresando también que para el empleo de los explosivos en estas minas se observarán las prescripciones generales indicadas en el Reglamento para las minas grisuosas.

Por ello son de aplicación:

- El decreto 1.466/1.962 de 22 de Junio (B.O. del 30) por el que se modifica y amplía el Reglamento de Policía Minera y Metalúrgica en materia de explosivos, particularmente las disposiciones especiales para minas de carbón, comprendidas en los artículos 50 a 61.
- El capítulo x del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y las ITC correspon-

dientes en especial la 10.4.01.

No existe aún ninguna ITC específica sobre la metodología de las voladuras de sacudida. El diseño y la ejecución de estas pegas, se hará cumpliendo las disposiciones reglamentarias generales y las especiales de los reglamentos particulares de cada mina, previamente aprobados.

8 - RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el artículo se pasa revista a la utilización de los explosivos como procedimiento de arranque en la minería subterránea del carbón haciendo notar sus posibles efectos perjudiciales -derrumbes de rocas y derrabes de carbón- en los distintos dominios de su empleo, señalando las medidas generales de utilización correcta de los explosivos para tratar de evitarlos.

- Como medio de lucha contra los fenómenos gaseodinámicos, se han expuesto las bases en que se fundamenta la voladura de sacudida para su correcta aplicación y la ejecución práctica de la misma en las labores de preparación y arranque.

- Se contemplan previamente los tipos de fenómenos gaseodinámicos y sus características distintivas -en ocasiones difíciles de evaluar- y ello por la importancia de su correcta clasificación para la elección y eficacia de las medidas a emplear. Así mismo se resumen los métodos de evaluación del riesgo de desprendimientos.

- La voladura de sacudida es un medio eficaz de lucha contra los D.I. Sin embargo por sus efectos destructivos y ser una carga para la explotación se tiende

a reducir su empleo, en los yacimientos donde ello es posible, sustituyéndola o complementándola con los sondeos de distensión.

- En las zonas protegidas por la explotación previa de la capa egida no se efectúa la voladura de sacudida.
- Dado que la utilización de la misma produce la dislocación del macizo de carbón puede contribuir al aumento de propensión al derrabe.

Por ello, en las capas donde los fenómenos gaseodinámicos, detectados netamente mediante los criterios de distinción, sean únicamente del tipo de derrabe, no se lleva a cabo la voladura de conmoción.

- En el informe hemos tratado de señalar las particularidades y precauciones a poner en juego cuando la técnica que nos ocupa se aplica en las capas donde pueden coexistir los dos tipos de fenómenos gaseodinámicos : desprendimientos súbitos de carbón y gas y derrabes.

ANEXO

ANEXO

Se incluyen en este anexo características de algunos explosivos que fueron o son fabricados en España.

De los figurados sólomente han sido homologados y catalogados hasta la fecha de promulgación de la ITC 10.0.01 el Explo. seg. 9 y el Explo. seg. 20 SR.

EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD "CAPA MEJORADA"

Características:	Explosivo 14-SR	Explosivo 14-SR-I	Explosivo 15-SR	Explosivo I-I No1	Explosivo 20-SR
Prácticas -					
Trauzl	190-190	160-160	180-180	190-190	191-197
Indice Trauzl	0,73	--	0,69	0,76	0,76
CUP - 15 gr	--	--	--	--	--
CUP - 10 gr	22,5	21,8	17,5	17,5	17,5
Indice CUP	0,44	0,45	0,57	0,57	0,57
Poder rompedor (HESS)	12,25m/m	9 m/m	9 m/m	10,1 m/m	10,1
Propagación al aire	130 m/m	70 m/m	70 m/m	90 m/m	--
Velocidad de detona- ción cartucha 26 m/m	2.390 m/s	1.700 m/s	2.030 m/s	1.976 m/s	--

EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD "CAPA"

Características	Explosivo nº 7	Explosivo nº 8	Explosivo nº 9	Explosivo nº 10	E -B -A nº 1	E -B -A nº 2
<i>Prácticas -</i>						
<i>Trauzl</i>	280-287	205-210	235-235	215-220	235-235	240-240
<i>Indice Trauzl</i>	1,50	0,98	1,06	0,98	1,18	1,10
<i>CUP - 15 gr</i>	17,87	21,5 gr	21,8	22,7	20	19,5
<i>CUP - 10 gr</i>	--	--	--	--	--	--
<i>Indice CUP</i>	0,84	0,69	0,68	0,66	0,75	0,76
<i>Poder rompedor (HESS)</i>	13,1 m/m	12 m/m	15,75m/m	18,5 m/m	18,5m/m	19,5 m/m
<i>Propagación al aire</i>	110 m/m	70 m/m	20 m/m	100 m/m	40 m/m	130 m/m
<i>Velocidad de detona- ción cartucha 26 m/m</i>	2.832 m/s a 1,16	2.120 m/s a 1,167	4.760 m/s a 1,70	5.350 m/s a 1,70	11.926 m/s --	5.726 m/s