

5-30-1-1795

9

C-44-5-1167

231

34: 522-34 (261)

M

CARTILLA

PARA EL

MANEJO, USO Y TRANSPORTE DE LOS EXPLOSIVOS

INDUSTRIALES

EN LAS MINAS

ESCRITA

DE ORDEN DE LA SECRETARIA DE FOMENTO

POR

ABRAHAM FERRIZ Y SAVIÑON

Ingeniero Inspector técnico de explosivos
de la Secretaría de Fomento
Oficial de artillería y ex-profesor del arma en la Escuela Militar
de Chapultepec



BIBLIOTECA



MEXICO

IMPRESA Y FOTOTIPIA DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
Callejón de Betlemitas núm. 8

1911

504
C.

CARTILLA

PARA EL

MANEJO, USO Y TRANSPORTE DE LOS EXPLOSIVOS

INDUSTRIALES

EN LAS MINAS

ESCRITA

DE ORDEN DE LA SECRETARIA DE FOMENTO

POR

ABRAHAM FERRIZ Y SAVIÑÓN

Ingeniero Inspector técnico de explosivos
de la Secretaría de Fomento
Oficial de artillería y ex-profesor del arma en la Escuela Militar
de Chapultepec



MEXICO

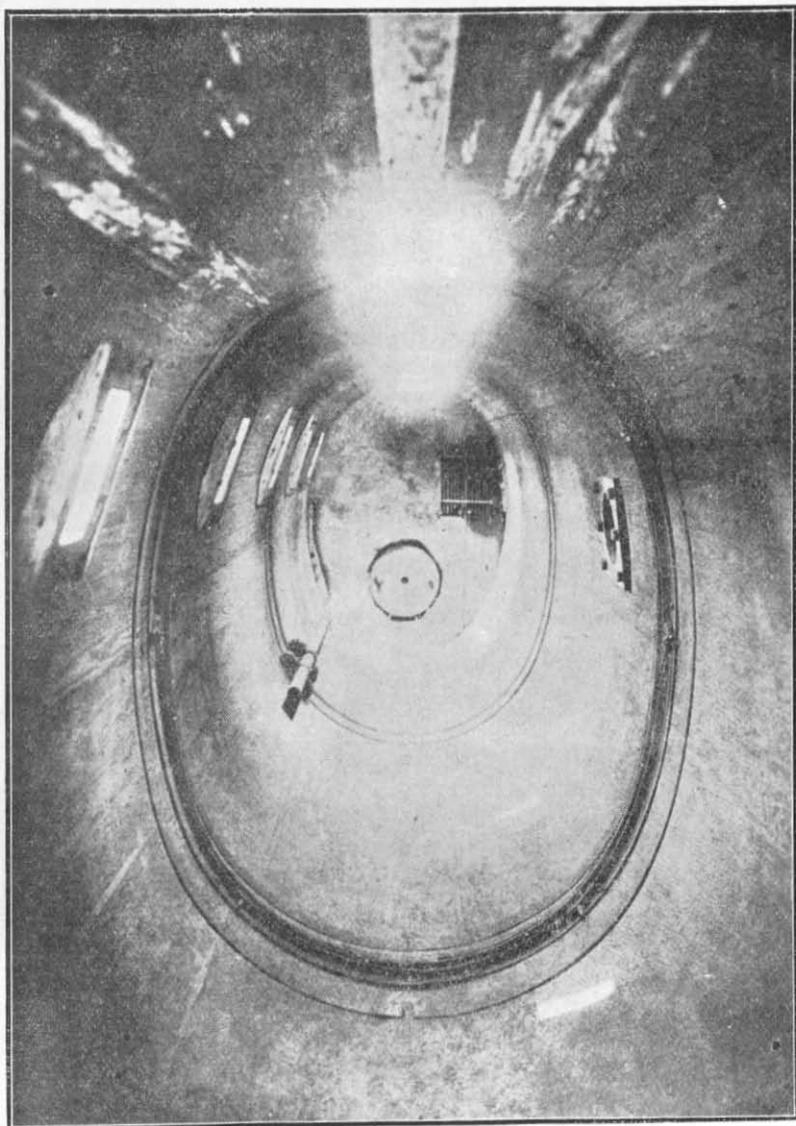
IMPRENTA Y FOTOTIPIA DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
Callejón de Betlemitas núm. 8

1911



662.2
34.622.34 (061)

LÁMINA 1



COMISION
PARA EL
ESTUDIO DE LOS REGLAMENTOS DE LA LEY MINERA
Y DE POLICIA Y SEGURIDAD PARA LAS MINAS

SEÑOR MINISTRO:

Los suscritos hemos examinado la cartilla que, para el depósito, manejo y empleo de los explosivos industriales, ha escrito, por orden superior, el señor Ingeniero Abraham Ferriz, Inspector Técnico de la Fábrica de la Compañía Nacional Mexicana de Dinamita y Explosivos.

Creemos que la publicación de dicha cartilla y su circulación entre los mineros y las personas que de ordinario manejan explosivos, es de la mayor importancia, en el sentido de que las enseñanzas de la misma cartilla, que están expuestas con sencillez y claridad, tenderán seguramente á precaver á esos individuos de los numerosos y terribles riesgos que corren por falta de conocimientos prácticos sobre la materia.

En el proyecto que tuvimos la honra de presentar á

usted, de un Reglamento de Policía y Seguridad para las minas, están ya consideradas todas las prevenciones de carácter general que, respecto de explosivos, caben en un Reglamento de esta naturaleza.

Reiteramos á usted nuestra respetuosa consideración.

México, 14 de Enero de 1911.—*E. Martínez Baca.*—
Carlos Sellerier.—*F. Díaz Lombardo.*

ESTUDIO DE LOS REGLAMENTOS DE LA LEY MINERA
Y DE POLICIA Y SEGURIDAD PARA LAS MINAS

SEÑOR MINISTRO:

Los sujetos hemos examinado la cartilla que para el depósito, manejo y empleo de los explosivos industriales, ha escrito, por orden superior, el señor Ingeniero Abraham Ferris, Inspector Técnico de la Fábrica de la Compañía Nacional Mexicana de Dinamita y Explosivos. Creemos que la publicación de dicha cartilla y su circulación entre los mineros y las personas que de ordinario manejan explosivos, es de la mayor importancia, en el sentido de que las enseñanzas de la misma cartilla, que están expuestas con sencillez y claridad, tenderán seguramente á prevenir á esos individuos de los numerosos y terribles riesgos que corren por falta de conocimientos prácticos sobre la materia.

En el proyecto que tuvimos la honra de presentar á

teniendo en cuenta los peligros que constituyen la presencia del gas y del polvo en las minas de carbón. Es de desearse que esta labor sea considerada como una de las más importantes que cada año causa la industria minera en el territorio de la República.

El Autor.

PROLOGO

La Secretaría de Fomento inspirada en el deseo de disminuir la frecuencia de los accidentes que en la República ocasionan las materias explosivas, cuando son manejadas por personas inexpertas ó poco precavidas, tuvo á bien ordenar la formación de una cartilla, en donde se consignaran reglas ^{completamente} prácticas y al alcance de cualquiera persona, para el manejo, uso, transporte y almacenaje de los explosivos industriales, con el menor peligro posible.

En el texto no se encontrará nada nuevo, pues solamente se han compilado reglas que presten alguna utilidad al Ingeniero Director de la mina y una enseñanza salvadora al barretero que arranca el metal de las entrañas de la tierra, exponiendo á cada instante su vida y algunas veces sacrificándola á causa de su ignorancia, negligencia ó descuido.

Así, pues, el objeto de este trabajo es enseñar el manejo elemental de los explosivos á los que lo ignoran, y recordar sus deberes, también elementales, para con la humanidad á los que los olvidan.

Los capítulos consagrados á las minas de carbón y los explosivos de seguridad han sido desarrollados con toda la amplitud compatible con la índole de la obra,

teniendo en cuenta los peligros que constituyen la presencia del grisú y del polvo en las minas de carbón.

Es de desearse que esta labor reduzca considerablemente la enorme cifra de víctimas que cada año causa la industria minera en el territorio de la República.

EL AUTOR.

PROLOGO

La industria de la minería en el país ha experimentado en los últimos años un desarrollo considerable. En consecuencia de los accidentes que en la República ocasionan las materias explosivas, cuando son manejadas por personas inexpertas ó poco preparadas, tuvo á bien ordenar la formación de una comisión encargada de estudiar las causas de los accidentes que se ocasionan en las minas, para el manejo, uso, transporte y almacenamiento de los explosivos industriales, con el menor peligro posible.

En el texto no se encontrará nada nuevo, pues solamente se han compilado reglas que prestan alguna utilidad al Ingeniero Director de la mina y una enseñanza necesaria al trabajador que arranca el metal de las entrañas de la tierra, exponiendo á cada instante su vida y algunas veces sacrificándola á causa de su ignorancia, negligencia ó descuido.

Por tanto, pues el objeto de este trabajo es enseñar el manejo elemental de los explosivos á los que lo utilizan, y recordar sus deberes, también elementales, para con la humanidad á los que los olvidan.

Los capítulos consagrados á las minas de carbón y los explosivos de seguridad han sido desarrollados con toda la amplitud compatible con la índole de la obra.

CARTILLA

PARA EL

MANEJO, USO Y TRANSPORTE DE LOS EXPLOSIVOS INDUSTRIALES

EN LAS MINAS

CAPITULO PRIMERO

Generalidades sobre las materias explosivas

Una de las actividades de la naturaleza con que el hombre está más familiarizado es el fuego, del cual se ha servido desde épocas muy remotas para calentar su cuerpo, cocer sus alimentos y alumbrarse. En la época presente lo utiliza también para romper las rocas, generar vapor, etc.

El hombre descubrió que quemando algunas substancias, tales como la madera, el carbón de madera, el azufre, el carbón de piedra, el fósforo, el petróleo y muchas otras, podía producir luz y calor. Y observó también que es muy difícil encender la madera cortada en trozos grandes; que disminuyendo las dimensiones de éstos arde mejor; que si se divide en rajas pequeñas y se amontonan, arde rápidamente; y que cuando la madera es reducida á polvo por medio de una sierra, y este polvo, después de haber sido secado, se arroja encima de una flama, arde con rapidez casi explosiva.

Hay otras muchas substancias susceptibles de producir los mismos fenómenos, en las circunstancias ordinarias, por cuyo motivo se les llama *combustibles*.

Una substancia combustible arde mejor á medida que ha sido dividida en partículas más pequeñas, porque está más íntimamente en contacto con el aire. Esta mezcla con el aire es todavía más íntima cuando se verifica con gases tales como el grisú de las minas de carbón, el gas de alumbrado, el acetileno ó los vapores de algunos cuerpos, tales como la gasolina. La combustión de estos elementos mezclados con el aire, llega á ser tan viva, que recibe el nombre de *explosión*. Este mismo fenómeno puede producirse mezclando con el aire materias combustibles en proporciones determinadas.

El aire es, pues, un elemento necesario para la combustión ordinaria, lo cual queda demostrado con el hecho de que la combustión se extingue por falta de aire.

El aire está compuesto, casi en su totalidad, de tres gases mezclados: oxígeno, hidrógeno y ázoe. Las investigaciones de los sabios han demostrado que el primero de dichos gases, que constituye la quinta parte del total del aire, es el que da á éste la propiedad de quemar á los cuerpos combustibles. Si se separa el oxígeno del aire y se queman los cuerpos combustibles en oxígeno puro, se observa que la combustión es más viva que en el aire, pues los cuerpos arden produciendo una luz más brillante. Por el contrario, el aire separado del oxígeno no sirve para la combustión ni para la vida.

El oxígeno no solamente se encuentra en el aire, sino también en algunos cuerpos, que pueden suministrarlo para la combustión. Uno de los más importantes es el llamado *salitre*, que si en estado sólido es mezclado con una substancia combustible, tal como el carbón de madera, la mezcla arderá fácilmente después de que ha sido encendida. La particularidad de esta mezcla consiste en que el oxígeno necesario para la combustión del carbón está contenido en la misma mezcla; por lo tanto, aquélla podrá efectuarse sin el contacto del aire.

La combustión del carbón con el oxígeno del salitre produce un gas, y además calor, cuyo calor calienta al gas. Si éste no está encerrado, aumenta enormemente su volumen; pero en el caso contrario produce presión y efectúa un tra-

bajo. Por lo tanto, si la misma mezcla es quemada en el barreno de una roca, puede romperla.

Pero sucede que es bastante difícil dar fuego á la mezcla de salitre y carbón. Para evitar este inconveniente, se agrega otra substancia que arda fácilmente, y cuya combustión suministre el calor bastante para inflamar la mezcla de salitre y carbón; esta substancia es el azufre, utilizado hace mucho tiempo para confeccionar hachones y cerillos.

A la mezcla de carbón vegetal, salitre y azufre, se le llama *pólvora negra*, la cual es fabricada en granos de varios tamaños ó en polvo, según el uso á que se le destina.

El fenómeno que tiene lugar cuando se inflama la mezcla anterior, es, como se ha dicho, una combustión, cuya rapidez puede ser aumentada modificando las proporciones de los componentes de la mezcla, la compresión de la masa y el tamaño de los granos, hasta obtener una explosión muy poderosa, pues los gases calientes que produce tienden á ocupar un espacio mucho mayor que aquel que ocupaba la mezcla antes de inflamarse.

Se conocen con el nombre de *salitre* dos substancias: una es el nitrato de sosa y la otra es el nitrato de potasa, también llamado *nitro*. La primera se encuentra en los desiertos de la República de Chile, y se le llama *salitre de Chile*; la segunda se encuentra en la naturaleza en corta cantidad, y generalmente se obtiene artificialmente. Ambas son susceptibles de suministrar oxígeno á los cuerpos combustibles á una temperatura relativamente baja.

Además de los cuerpos llamados *salitres*, hay otras substancias que pueden dar oxígeno, y muchas de ellas han sido, como se verá más adelante, empleadas para preparar materias explosivas.

El oxígeno de los salitres se puede obtener también sin calentarlos con cuerpos combustibles; por ejemplo, calentando el salitre con ácido sulfúrico, se obtiene el ácido nítrico, el cual contiene todo el oxígeno que había en el salitre que se empleó.

El ácido nítrico forma con algunas substancias combustibles, tales como el algodón, la glicerina, el almidón, la paja, etc., compuestos llamados *nitrados*, de un poder ex-

plosivo mucho mayor que el de la mezcla de salitre, azufre y sustancias combustibles.

La explosión de los compuestos nitrados se obtiene por medio del choque, tal como el que producen los detonadores ó cápsulas para los mineros.

Disolviendo en el ácido nítrico algunos metales, como el mercurio, la plata ó el cobre, y tratando la solución por el alcohol, se obtienen sustancias de efectos explosivos más violentos y de una sensibilidad mayor que la del algodón pólvora, la nitroglicerina, etc. A estos compuestos se les llama *fulminatos*, y tienen la propiedad de hacer explosión por efecto de choques y frotamientos muy débiles. El fulminato de mercurio, que es el más usado, adquiere, cuando está seco, una gran sensibilidad, de tal manera, que una ligerísima fricción ó una pequeña elevación de temperatura lo hacen estallar y provocar la explosión de los explosivos que están en contacto con él ó muy próximos.

De lo anteriormente expuesto se deduce que los explosivos pueden ser reunidos en dos grupos: uno es el de las mezclas de salitre, en las cuales la explosión es provocada por una simple combustión; cuyos explosivos, al estallar, dejan una gran cantidad de residuos sólidos, y no son susceptibles de efectuar un gran trabajo, porque los gases que producen se desarrollan con relativa lentitud y una parte se condensa y enfría. A estos explosivos se les llama *bajos explosivos*. El segundo grupo está constituido por los explosivos del tipo de la nitroglicerina y algodón pólvora, los cuales estallan produciendo un gran volumen de gases muy calientes. Por la rapidez de su descomposición y por su efecto rompedor se les llama *altos explosivos*.

A este grupo pertenecen los explosivos de seguridad, llamados así por su insensibilidad al choque, á la fricción y aun á la acción directa del fuego.

Estos explosivos no deben confundirse con los explosivos de seguridad para las minas de carbón, cuyas características principales son: descomposición explosiva lenta, temperatura de explosión baja y flama corta. Como la mayor parte contienen nitroglicerina en su composición, deben ser manejados con las precauciones generales aconsejadas para las dinamitas.

Cuando el explosivo estalla, ejerce presión en todas direcciones. Si es colocado encima de una roca y detonado, no producirá efecto alguno sobre la masa de aquélla, si se emplea la pólvora negra ó cualquier otro bajo explosivo. En cambio, la nitroglicerina, el algodón pólvora, la dinamita y algunos otros explosivos, sí romperán la roca, porque los gases producidos en el fenómeno de la explosión no pueden desalojar con la rapidez necesaria el aire que los rodea, y necesariamente tienen que hacer presión contra la roca. Pero el confinamiento producido por el aire atmosférico no es bastante para obtener el mayor rendimiento de un explosivo.

Perforando una roca, introduciendo en el agujero una cantidad de explosivo, comprimiéndolo suficientemente y atacando fuertemente el resto del agujero, los bajos explosivos pueden romper la roca. Para obtener el mismo efecto con alguno de los altos explosivos se requerirá una cantidad inferior á la que sería necesaria si se colocara simplemente sobre la roca. Por lo tanto, el procedimiento más económico y mejor para usar el explosivo, consiste en detonarlo en un lugar cerrado.

BAJOS EXPLOSIVOS

El número de substancias dotadas de propiedades explosivas descubiertas hasta la fecha, es muy grande; pero la más usada y la más antigua es la pólvora negra, conocida en Europa desde el siglo xiv. Se prepara mezclando generalmente 75 partes de salitre de potasa (nitrato de potasa) con 15 partes de carbón de madera y 10 de azufre. Cada uno de estos ingredientes es perfectamente pulverizado antes de hacer la mezcla, que se muele después con agua en cierta proporción, hasta que la mezcla sea perfecta. La masa es en seguida comprimida, para darle mayor densidad, formando la *pastilla*, que se quiebra después para formar los granos, que son desecados, pulidos y pavonados. Por medio de cribas se separan los granos de cada tamaño. El objeto de granear la pólvora es el de poder regularizar sus efectos.

La pólvora negra preparada con salitre de potasa era antiguamente empleada para cargar las armas de fuego; pero

como actualmente sólo es empleada como explosivo de minas, se prepara generalmente con salitre de sosa (salitre de Chile) y en la proporción de 73 de salitre, 18 de carbón y 11 de azufre. El salitre de sosa suministra más oxígeno por unidad de peso que el de potasa, y además es más barato; pero no puede ser empleado en la pólvora para las armas, porque es higroscópico, es decir, que absorbe la humedad del aire, llega á mojarse completamente y se separa de los otros ingredientes; inconveniente muy serio, tratándose de una pólvora de guerra, que debe ser almacenada por largo tiempo. La pólvora para las minas no necesita conservarse por años enteros. Como se verá más adelante, en los Estados Unidos se emplea también el nitrato de potasa en la fabricación de la pólvora negra para minas.

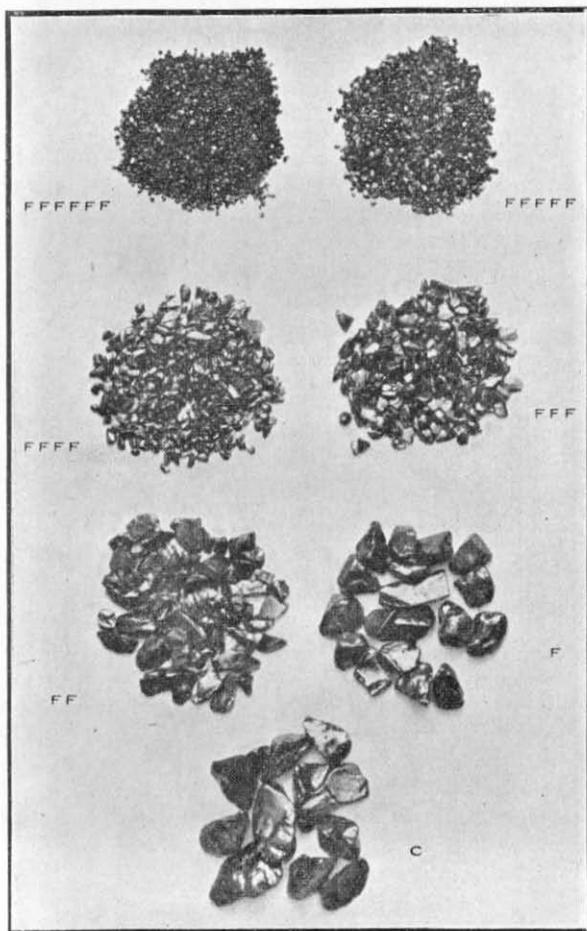
La forma y dimensiones de los granos de la pólvora tiene una grande influencia en sus efectos explosivos; de tal manera, que una vez que el minero ha fijado el tamaño de los granos que le produce determinado efecto, pueda repetir éste sin dificultad.

Una pólvora con granos de distintas dimensiones, es mala, porque el minero obtiene constantemente distintos efectos con la misma pólvora y en la misma mina. Además, si hay granos muy grandes mezclados con los pequeños, como la combustión de éstos es muy rápida, puede suceder que los granos grandes sean lanzados ardiendo hacia fuera del barrenado entre los gases de la explosión, é inflamarian los gases de las minas de carbón.

En los Estados Unidos se fabrican dos tipos de pólvora negra para minas, sin nitroglicerina: pólvora A y pólvora B. Las pólvoras del tipo A están preparadas con salitre de potasa, y son destinadas á los climas húmedos. Son más vivas que las correspondientes del tipo B. Para distinguir las según el tamaño de sus granos, se les designa en el comercio de la siguiente manera: F F F F F F, F F F F F, F F F F, F F F, F F, F y C. (Lám. 2.)

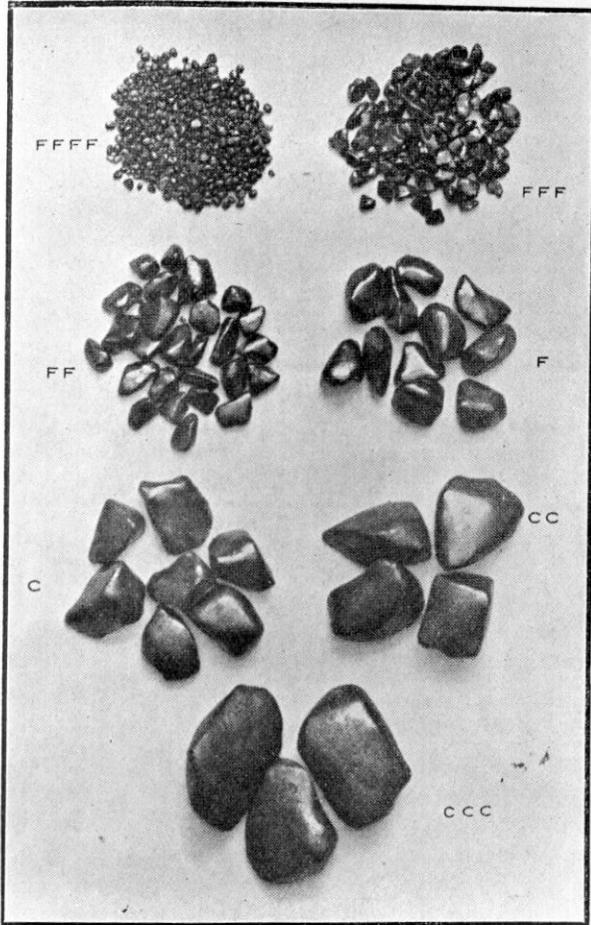
Las pólvoras del tipo B están preparadas con nitrato de sosa, y son más lentas que las del tipo A. En el comercio se les designa, según el tamaño de sus granos, con las siguientes marcas: F F F F, F F F, F F, F, C, C C y C C C. (Láms. 3 y 4.)

LÁMINA 2



1871

LÁMINA 3



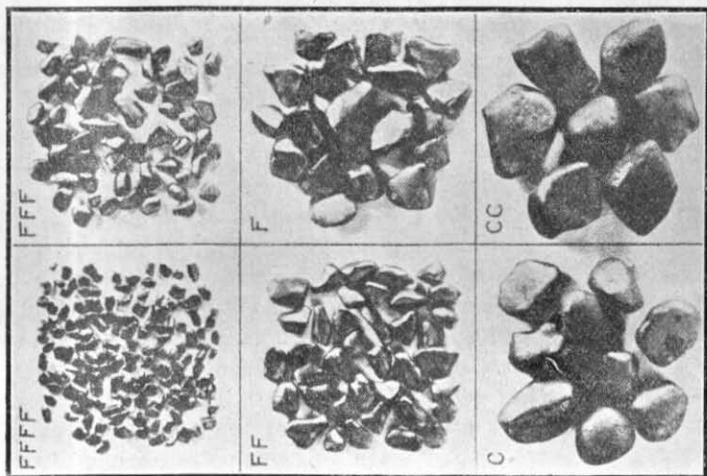


Fig. 1

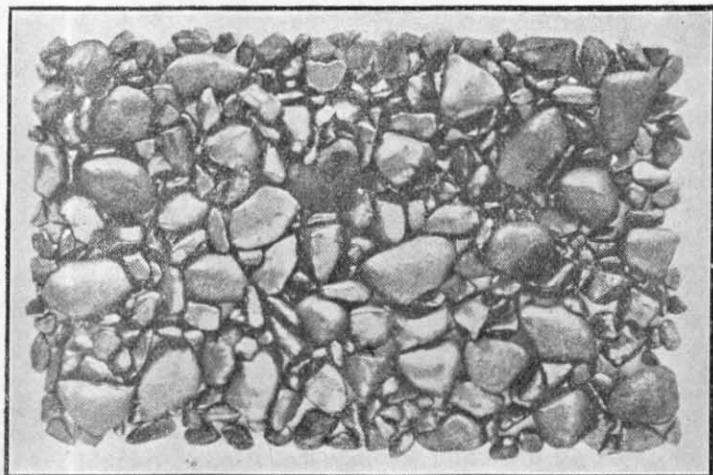
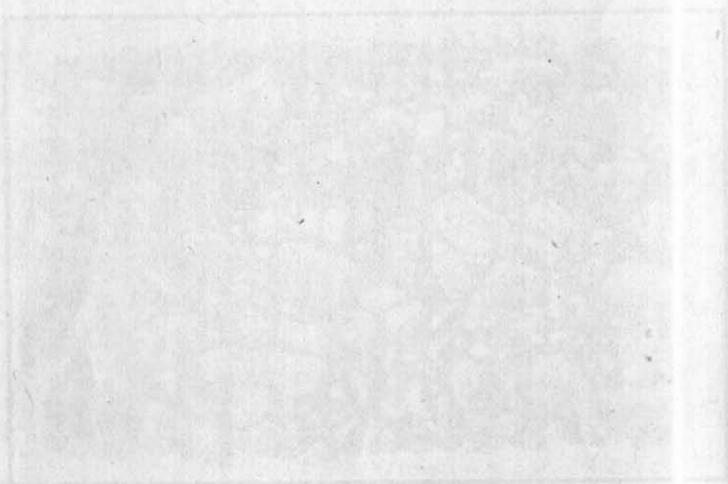


Fig. 2



Se fabrica también en los Estados Unidos una pólvora llamada *pólvora de ferrocarril*, formada con granos de distintos tamaños convenientemente combinados. (Lám. 4, fig. 2.)

Como ya se ha dicho antes, hay muchas substancias distintas del salitre, que pueden suministrar oxígeno, entre las que se cuenta el clorato de potasa, que, cuando es mezclado con un cuerpo combustible, constituye un explosivo muy poderoso; pero desgraciadamente su excesiva sensibilidad al choque y á la fricción han costado la vida á la mayor parte de las personas que han intentado manejarlo y usarlo, sugestionadas por la facilidad que presenta su preparación y por la gran fuerza que desarrolla en su explosión.

ALTOS EXPLOSIVOS

El algodón purificado y seco, cuando es sumergido convenientemente en el ácido nítrico, se transforma en un cuerpo explosivo y se le llama *algodón nitrado* ó *algodón pólvora*. Si se observan las fibras del algodón nitrado después de que ha sido lavado para quitarle el ácido excedente y que se le ha secado, su aspecto es muy distinto del de las fibras del algodón natural. Es áspero al tacto; es muy susceptible de electrizarse por el frotamiento, al grado de que se pega á los dedos. Cuando se le acerca una flama, arde instantáneamente.

Para preparar industrialmente el algodón nitrado se emplea una mezcla de ácidos sulfúrico y nítrico. Cambiando las proporciones de ambos ácidos, la fuerza de éstos (es decir, su grado de concentración), la temperatura de la mezcla en el momento de la inmersión del algodón y la duración de ésta, se obtiene algodón nitrado de distintas clases, de distinta fuerza explosiva y de distinto grado de solubilidad en varios disolventes. Cada clase de algodón nitrado resulta de la sustitución de un cierto número de elementos del cuerpo llamado *hidrógeno*, que contiene el algodón natural, por el grupo nitrógeno y oxígeno (representado por la fórmula NO_2), que procede del ácido nítrico. La rapidez y facilidad de la combustión del algodón nitrado, así como su fuerza explosiva, aumentan con el número de grupos NO_2 que han reemplazado al hidrógeno del algodón natural.

Los distintos algodones nitrados se han dividido en dos clases. La serie de los que contienen el menor número de grupos NO_2 es llamada *algodón colodión* ó *algodón soluble*. La serie de los algodones de alto grado de nitración es conocida con el nombre de *fulmicotón* ó *algodón pólvora*, propiamente dicho, para cuya preparación se usan los ácidos del más alto grado de concentración.

Cuando el algodón ha sido nitrado, se lava para quitarle el resto del ácido que contiene; después se le pulpa en una máquina semejante á la que se emplea en las fábricas de papel; en seguida se vuelve á lavar con agua caliente y fría, para quitarle los restos de ácido que pudiera haber retenido; á continuación es turbinado, para quitarle el exceso de agua, y se comprime en blocks, para ser enviado al mercado.

La nitroglicerina se prepara escurriendo lentamente la glicerina en una mezcla de ácidos nítrico y sulfúrico, de alto grado de concentración. El fenómeno de la nitración de la glicerina es semejante al de la nitración del algodón, pues también el hidrógeno de la glicerina es sustituido por tres grupos NO_2 , cuya sustitución cambia al dulce é inofensivo líquido en un peligroso y poderoso explosivo.

La nitroglicerina es un líquido aceitoso, incoloro cuando está puro; su color industrial es amarillo ámbar, y cuando está mezclada con agua es blanco. Es venenosa no solamente introduciéndola á la boca, sino respirando sus vapores ó por contacto con la piel. Una gota puesta sobre la mano, produce un fuerte dolor de cabeza. Las personas que la manejan diariamente, se vuelven insensibles á sus efectos; pero si estas mismas personas pusieran una gota de nitroglicerina en su lengua, experimentarían serios trastornos.

La nitroglicerina se congela con el frío á una temperatura inferior á 8 grados centígrados, y debe ser deshelada antes de usarse.

Como la nitroglicerina es líquida, su uso es peligroso, porque necesita transportarse y almacenarse en vasos, que pueden romperse ó derramarse, escurriendo el líquido explosivo en extensiones más ó menos grandes, aumentándose los peligros de una explosión por el choque, la fricción ó el ca-

lor. Su uso en la mina también tiene el inconveniente de filtrarse en las grietas de las rocas, y producir efectos explosivos inesperados. Después del año de 1847, en que fué inventada la nitroglicerina, se empleó en estado líquido; pero fueron tantos los accidentes que se produjeron en su transporte, manejo y uso, que los Gobiernos se vieron obligados á prohibir su fabricación, hasta que 20 años más tarde, un químico llamado Nobel ideó mezclarla con un cuerpo poroso y absorbente, como una esponja. A la mezcla así formada le llamó *dinamita*.

En los primeros años después del descubrimiento de la dinamita, se usaba como absorbente una tierra fósil, llamada *Ghur*, que es incombustible é inexplorativa. A las dinamitas preparadas con este absorbente se les llama *de base inerte* (pues al absorbente se le designa también con el nombre de *base*), porque ésta no toma participio en el fenómeno de la explosión.

Al absorbente de una dinamita que toma parte en la explosión, se le llama *base activa*. Por ejemplo, la mezcla de pólvora negra y nitroglicerina es una dinamita de base activa, porque el absorbente estalla á la vez que la nitroglicerina.

Hay una gran variedad de dinamitas de base activa, y se obtienen cambiando la composición del absorbente y las proporciones de nitroglicerina.

Las dinamitas que contienen algodón nitrado se llaman *gelinitas*, *gelatinas* ó *gomas*, según la proporción de algodón que entre en su composición. Las que no contienen algodón se llaman *pulverulentas*.

Las principales clases de dinamitas empleadas en la República son las siguientes: Dinamitas pulverulentas al 30, 40 y 50 por ciento; dinamitas gelinitas al 40, 50, 60 y 75 por ciento; dinamita goma con 92 por ciento de nitroglicerina y 8 por ciento de algodón nitrado.

La base de las dinamitas pulverulentas contiene nitrato de sosa, harina de madera y una pequeña cantidad de carbonato de barita, cal ó sosa.

La base de las dinamitas gelinitas contiene algodón colodión, nitrato de sosa, harina de madera, harina de trigo y una pequeña cantidad de carbonato de barita, cal ó sosa.

Para distinguir fácilmente las distintas calidades, se les da color amarillo, rojo y negro, con pequeñas cantidades de ocre ó humo de ocote.

Para fabricar las dinamitas que contienen algodón colodión, éste se disuelve previamente en la nitroglicerina, formando una gelatina, de donde procede la consistencia de las gelinitas, gelatinas y gomas.

La fuerza y el efecto rompedor de las dinamitas aumenta con el centaje de nitroglicerina. Por lo tanto, la más poderosa y de descomposición más rápida, de las enumeradas, es la dinamita goma; y la menos fuerte es la del 30 por ciento.

Así como la nitroglicerina, la dinamita es venenosa, y se congela abajo de 8 grados. Por lo tanto, también debe deshelarse antes de usarse.

La dinamita es dispuesta para su venta y uso, en cartuchos cilíndricos envueltos en papel, que debe estar parafinado, para preservarla de la humedad, pues el agua separa á la nitroglicerina y al nitrato de sosa, lo que constituye un nuevo peligro en el manejo de la dinamita. Las dimensiones de los cartuchos son variables. Su longitud es generalmente de 20 á 25 centímetros. Los diámetros más usados son de 20, 22, 25 y 30 milímetros. Los cartuchos son empacados en cajas de madera que contienen 22 kilos 680 gramos de explosivo (50 libras). La tapa de las cajas de los explosivos fabricados en la República, lleva el sello del Inspector del Gobierno, que señala la fecha de fabricación y la fuerza de la dinamita, expresada en proporción de nitroglicerina.

En los Estados Unidos se fabrican con los nombres de *Judson Powder* y *Champion Powder*, varias clases de pólvora negra para minas, que contienen de 2 hasta 20 por ciento de nitroglicerina.

El absorbente contiene azufre, brea, asfalto, nitrato de sosa y antracita. Después de mezclar y fundir las tres primeras substancias, se añade el nitrato de sosa y el carbón seco pulverizado. Después se incorpora la nitroglicerina.

Bajo los mismos nombres, los americanos fabrican también una pólvora negra que contiene nitrato de sosa, azufre, carbón y nitroglicerina.

Así como la glicerina y el algodón, se pueden transformar en explosivos, por la acción del ácido nítrico en presencia del ácido sulfúrico, muchas sustancias, tales como el azúcar, el almidón, la paja, etc.; pero estos productos no han adquirido una grande importancia comercial.

EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD

Así como los nitratos de potasa y sosa, se usa también en la fabricación de los altos explosivos otro nitrato obtenido por la acción del ácido nítrico y el amoníaco, y se llama *nitrato de amonio*. Desde hace más de 25 años se emplea en sustitución del nitrato de sosa, con la ventaja de que al detonar se transforma completamente en gases. Se le emplea en la preparación de los explosivos destinados á las minas de carbón, porque durante su explosión se forma una alta proporción de agua, la cual baja la temperatura de todos los productos de la explosión.

Los explosivos de seguridad poseen particularidades muy importantes: son insensibles al choque, se les puede manejar y transportar sin peligro. Los ferrocarriles en Europa aceptan las cajas de estos explosivos como mercancía ordinaria.

No hay que temer por ellos á la acción de las chispas ni de las flamas, siempre que no haya en sus inmediaciones detonadores ú otros explosivos.

Los explosivos de nitrato de amonio queman mal, y solamente con el contacto constante de una flama. Aun cuando grandes masas de estos cuerpos estén expuestas á un fuego vivo, no hay peligro de una explosión, según se ha comprobado en los incendios de algunas fábricas de explosivos.

Si por casualidad queda algún cartucho en el fondo de un barreno, que haya fallado ó que haya estallado incompletamente, no causará ningún daño si recibe algún choque al perforarse otro barreno.

Puede arrojarse al fuego un cartucho de nitrato de amonio, y no hará explosión. Si no contienen nitroglicerina, no se hielan. Así es que pueden emplearse sin peligro aun cuando la temperatura ambiente sea muy fría. Debido á

tantas ventajas que poseen estos explosivos, han recibido el nombre de *explosivos de seguridad*.

También tienen algunos defectos. Son excesivamente higroscópicos. Deben ser empacados con cuidados particulares, y no permanecer mucho tiempo en la mina; pues si absorben mucha humedad, pueden perder sus propiedades explosivas. En las minas de sales de potasa se les puede conservar sin temor, debido á la sequedad de la atmósfera.

Otro inconveniente que presentan también es el de exigir detonadores muy fuertes.

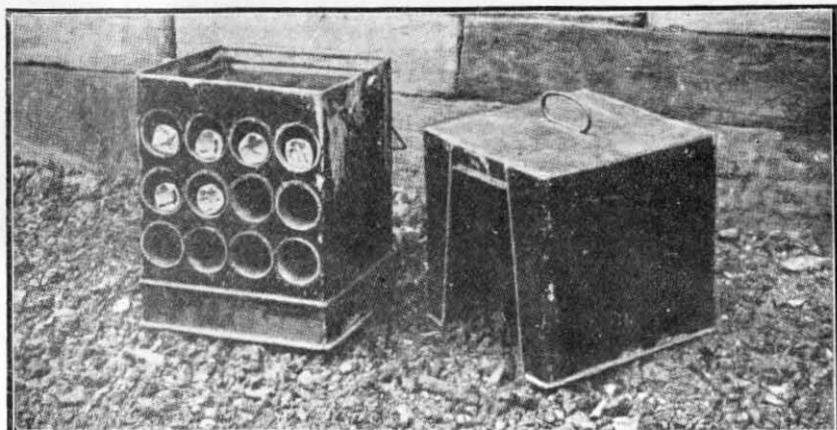
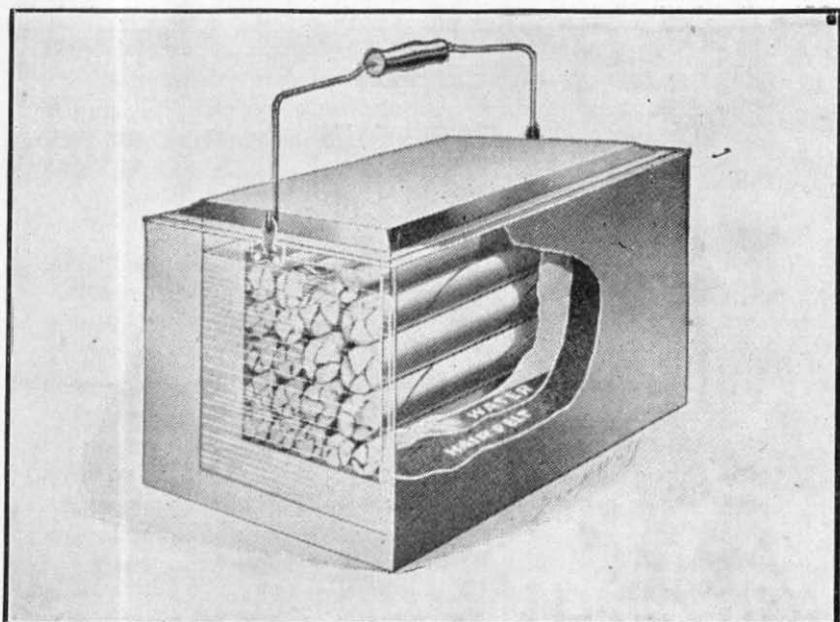
La fuerza de los explosivos con base de nitrato de amonio varía según su composición, pero no alcanza á la de las dinamitas gelinitas.

Los explosivos que deben usarse en las minas de carbón necesitan llenar muchos requisitos para evitar que en su explosión incendien ó hagan detonar los gases de la atmósfera de las minas, que ordinariamente es explosiva; por lo tanto, no deben confundirse con los explosivos de seguridad.

EXPLOSIVOS NITROSUSTITUIDOS Y FULMINATOS

Algunas de las substancias que se extraen de los alquitranes de la hulla son susceptibles de adquirir propiedades explosivas por la acción del ácido nítrico, y se les designa con el nombre genérico de *compuestos nitrosustituídos*, debido á su constitución química. La más conocida de éstas es el ácido pítrico, cuyo cuerpo se obtiene nitrando el ácido fénico. Hay otros explosivos no menos importantes y de la misma procedencia, como la nitrobencina, el nitrotolueno y la nitronaftalina. Todos los compuestos sustituídos se pueden mezclar con agentes oxidantes, tales como el nitrato de amonio, el clorato de potasa y otros nitratos y cloratos, con cuyos elementos se prepara un gran número de explosivos.

Según se ha dicho antes, los fulminatos se preparan disolviendo un metal, como el mercurio, en ácido nítrico y vertiendo dicha solución en alcohol ordinario, precipitándose un polvo fino color gris, que es lavado después para quitarle todo vestigio de ácidos. Debido á su gran sensibilidad, se le conserva empapado en agua hasta el momento de usarse. Su principal aplicación es la de cargar las



cápsulas para las armas de fuego y los detonadores para las minas. Para usarlo se le quita el agua por medio del alcohol, y se efectúa la carga antes de que se evapore éste. Debe tenerse presente que, *aunque el fulminato esté húmedo ó dentro del agua, puede estallar con enorme violencia* si una partícula de fulminato seco detona á su inmediación. Así, pues, *deben tomarse extraordinarias precauciones con el fulminato, ya sea que esté seco ó húmedo.*

EXPLOSIVOS HELADOS

Como la dinamita, también todos los explosivos que contienen nitroglicerina, aun los *permitidos*, son susceptibles de congelarse, y su manipulación en este estado *es extraordinariamente peligrosa; por lo tanto, deben ser deshelados antes de usarse.*

Los explosivos helados adquieren una dureza extraordinaria, y cuando se han deshelado recuperan su consistencia.

Los explosivos helados *son muy peligrosos*, porque en este estado la nitroglicerina *es excesivamente sensible*. Se han dado casos de explosiones *producidas al abrir los pliegues de las extremidades* de la envoltura de los cartuchos.

Para hacerlos estallar se necesitan detonadores muy fuertes; y muchas veces, á pesar del detonador, la explosión es incompleta, y una parte del explosivo es lanzada sin detonar, produciéndose gases venenosos.

El acto de deshelar los explosivos requiere un extremo cuidado; haciéndolo impropriamente, se producen muy serios accidentes. *Nunca debe intentarse deshelar un explosivo calentándolo á fuego directo ni colocando los cartuchos cerca de una caldera ó sobre tubos de vapor, sumergiéndolos en agua caliente ó poniéndolos en el sol.* El deshielo debe hacerse siempre en una estufa con agua caliente. Los modelos que se ven en la lámina 5 son portátiles y bastante apropiados al objeto.

En los lugares en que se consumen cantidades importantes de explosivos, conviene establecer estufas para deshelar la cantidad correspondiente al gasto de un día. Tales estufas pueden construirse de madera, ladrillo ó adobe. Este último material debe preferirse para los muros, porque es

muy mal conductor del calor; es decir, que difícilmente se calienta ó enfría. Su uso no requiere el empleo de paredes dobles para conservar el calor, como el ladrillo, y especialmente la madera.

En una importante fábrica de dinamita existe un departamento destinado á secar algodón, construído de adobe, y cuya temperatura interior se mantiene constantemente á 45 grados, sin pérdida sensible de calor.

Las láminas 6 y 7 muestran la disposición interior y exterior de un modelo de estufas para deshelar hasta 2,000 cartuchos. La doble pared se suprimirá cuando se utilice el adobe como material de construcción. Un calentador de agua ó vapor, situado, cuando menos, tres metros fuera de la estufa, suministrará el calor necesario. Dos termómetros atravesando cada lado de la estufa indicarán la temperatura interior. Los cartuchos serán colocados en anaqueles de rejillas de madera. La estufa debe ser rodeada con parapetos de tierra, como los almacenes de explosivos, si es construída al aire libre. Debe tenerse presente que en las estufas sólo deben estar los explosivos de inmediato uso, y que *nunca deben emplearse como almacenes*, porque el calor y el aire seco descomponen los explosivos nitrados, alterando sus propiedades y *algunas veces causando accidentes*. Los anaqueles de las estufas deben ser desmontables y limpiarse, cuando menos, una vez á la semana con una esponja empapada en solución alcohólica de potasa cáustica.

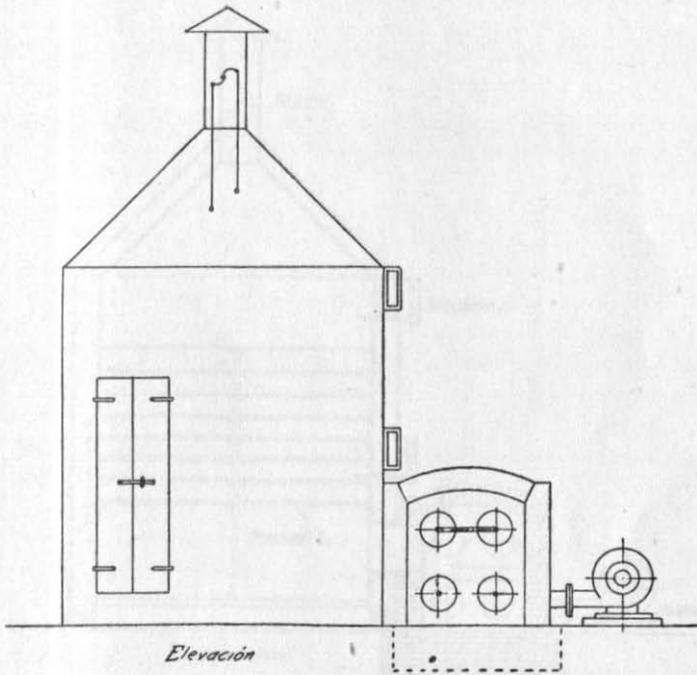
Debe vigilarse que el deshielo sea completo, lo cual se conoce oprimiendo suavemente el cartucho con la mano; y si se siente alguna resistencia á la presión, se supondrá que aun no ha terminado el deshielo, y el cartucho debe volver á la estufa.

CAPITULO SEGUNDO

Medios para hacer estallar los explosivos

Ya se ha dicho que hay varios medios para provocar la explosión de los explosivos. El fuego, en condiciones especiales, puede hacer estallar á la mayoría de ellos; pero la

LÁMINA 6



Uno de los anaqueles

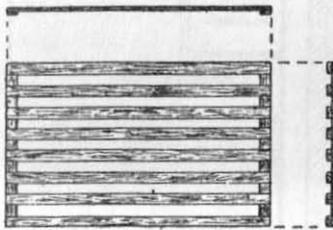
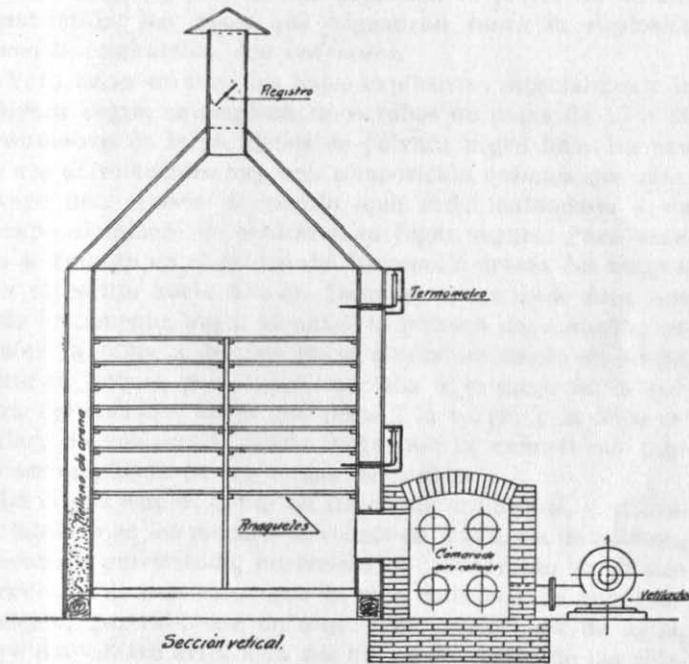
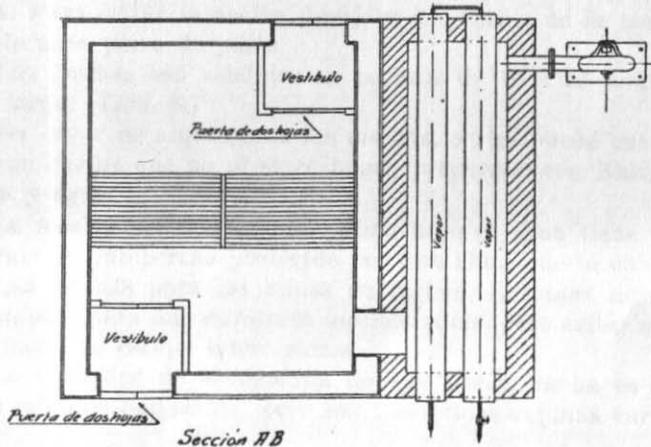


LÁMINA 7



Sección vertical.



Sección AB

explosión causada así, generalmente es incompleta para los altos explosivos, y algunos fragmentos son proyectados intactos. Como en este caso la explosión es precedida de una combustión, los gases que engendran *tanto la explosión como la combustión, son venenosos.*

Para hacer estallar los bajos explosivos, especialmente la pólvora negra, se emplean unos tubos de papel de 15 á 20 centímetros de largo, llenos de pólvora negra fina. En una de sus extremidades hay una composición química que constituye una especie de cerillo, que arde lentamente y da tiempo al minero de ocultarse en lugar seguro. Para usarlos se colocan en el centro del barreno, á través del ataque, con el cerillo hacia afuera. Después se enciende éste, que arde lentamente, hasta alcanzar la pólvora del corazón; entonces la cañuela despide hacia afuera un dardo de fuego, como un cohete, y el fuego continúa á lo largo de la pólvora del corazón, hasta que llega á la carga, y la hace estallar. Se comprende desde luego que la cañuela no puede ser empleada en las minas de carbón.

La mecha empleada hoy en las minas ordinarias, y utilizada también en las de carbón, consta de una alma de pólvora, finamente pulverizada, encerrada en una trenza de hilaza y rodeada de una cinta que ha sido embebida de una composición, generalmente de alquitrán, y á prueba de agua, cuyo dispositivo evita á la vez las proyecciones de las chispas. Para evitar la acción pegajosa del barniz de la cinta, se le unta polvo de jabón.

Las mechas son vendidas en pedazos de 10 á 15 metros de largo. (Lám. 8.)

En lugar de alquitranar las mechas, se les puede cubrir de un barniz que no produce humo, preparado con Kaolín, cola y agua.

La mecha que debe ser empleada bajo el agua tiene un barniz de gutapercha protegido por una cinta que lo cubre.

Las mechas para las minas de carbón, llamadas *de seguridad*, tienen una envoltura incombustible, para evitar que la llama se escape lateralmente.

La velocidad de combustión de una buena mecha es de dos minutos por metro; pero son inevitables algunas varia-

ciones, porque el diámetro y la cohesión del cordón de pólvora no pueden ser rigurosamente constantes.

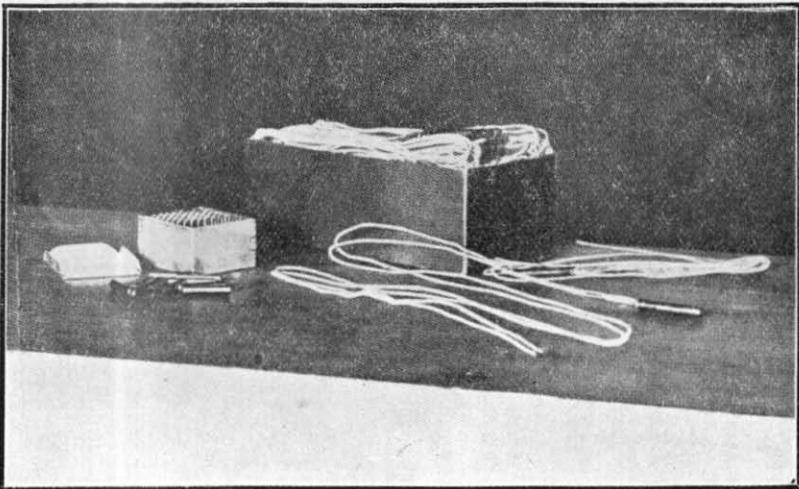
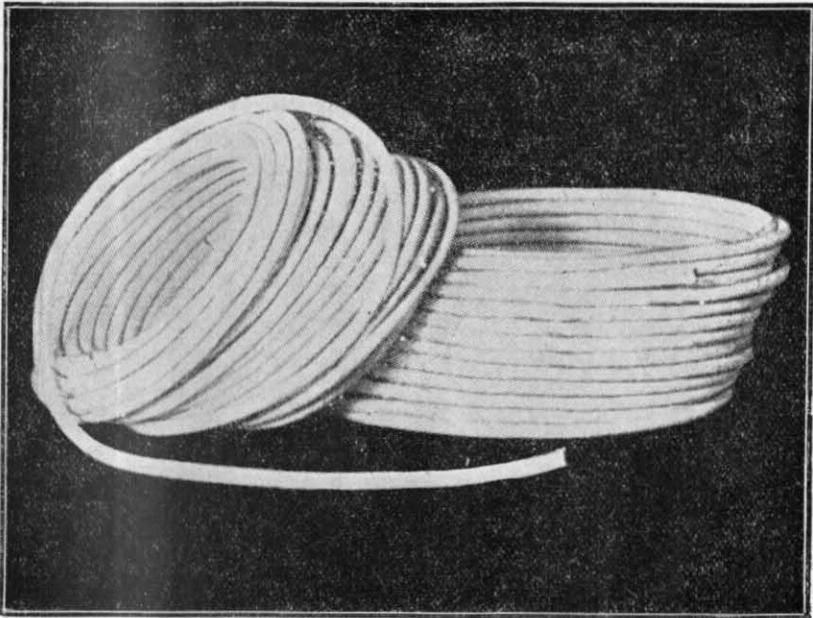
Se explica que la velocidad de combustión puede disminuir considerablemente cuando el cordón de pólvora es interrumpido en una longitud más ó menos grande. La mecha puede entonces continuar consumiéndose, hasta que la parte incandescente llega de nuevo al cordón de la pólvora. Esta misma velocidad aumenta cuando el alma de pólvora es muy delgada y mal encerrada en la cubierta. Cuando en lugar de una alma enteramente llena de pólvora no hay en el centro de la mecha más que unos granos, que forman un cordón delgado, la inflamación puede propagarse rápidamente. Además, la velocidad de combustión varía con la presión en la cual se efectúa. Cuando la envoltura de la mecha es muy cerrada, incombustible é impermeable, puede suceder que los gases de la combustión no puedan salir, en cuyo caso la velocidad de combustión es considerablemente aumentada.

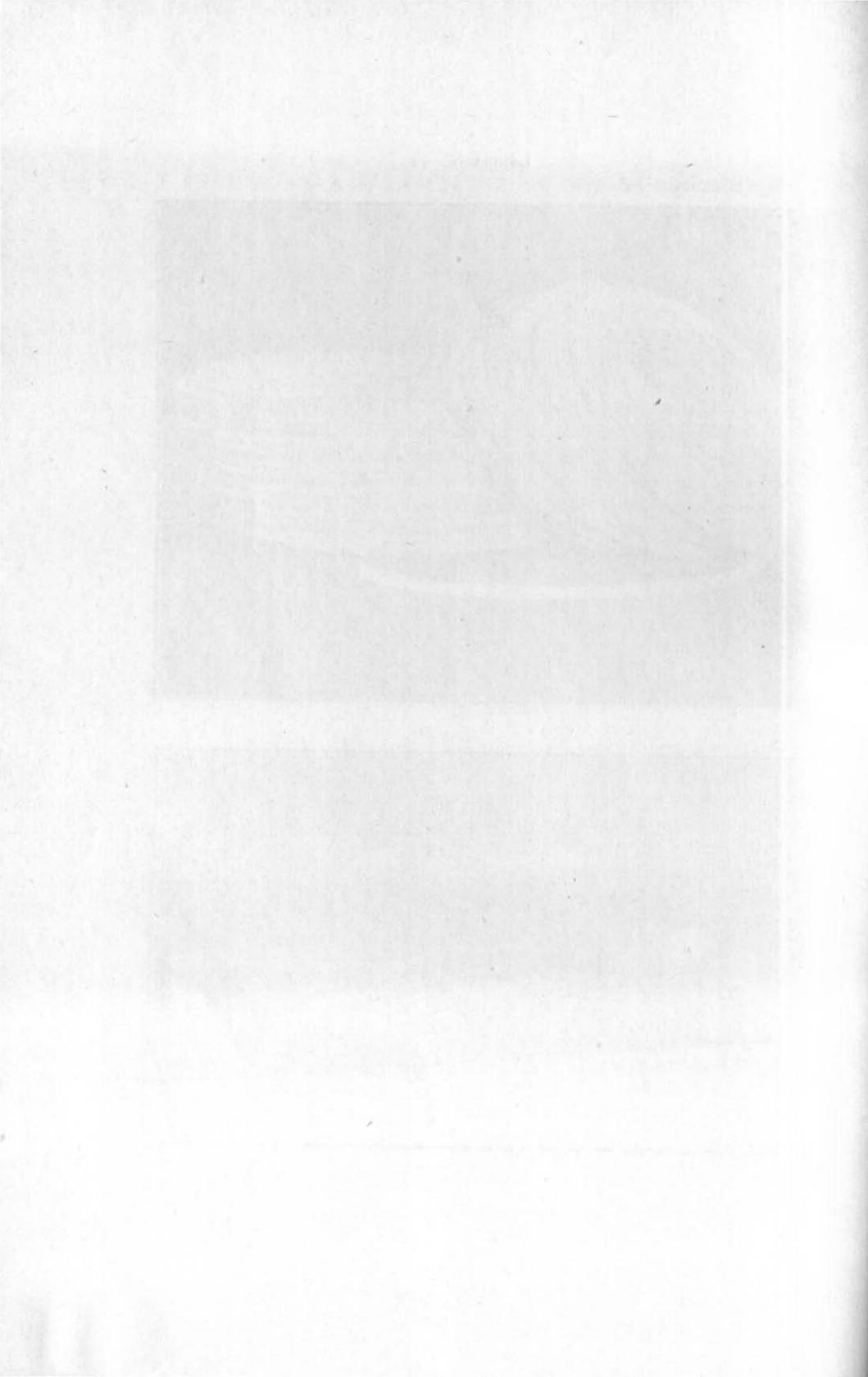
De lo anteriormente expuesto *se deduce la conveniencia de que los mineros prueben la mecha antes de usarla.*

DETONADORES

Las cebas, cápsulas ó detonadores, son casquillos de cobre, cilíndricos, cerrados en una extremidad, cuyo diámetro interior es igual al de las mechas. Los casquillos son llenados generalmente con una mezcla de fulminato de mercurio y clorato de potasa. Según la naturaleza del explosivo que se va á hacer estallar, se emplean detonadores con cargas diferentes. Para distinguirlos, se les señala en Europa con los números del 1 al 10, y en Estados Unidos con la letra X repetida desde tres hasta ocho veces. Las cargas de los detonadores europeos y americanos se encuentran en la Tabla adjunta.

LÁMINA 8





CARGA DE LOS DETONADORES DE CASQUILLO

Manufactura europea

Composición ordinaria de la carga, 85 por ciento de fulminato de mercurio y 15 por ciento de clorato de potasa.

Designación comercial	Peso de la carga
—	Gramos
Núm. 1.....	0.3
„ 2.....	0.4
„ 3.....	0.54
„ 4.....	0.65
„ 5.....	0.80
„ 6.....	1.00
„ 7.....	1.50
„ 8.....	2.00
„ 9.....	2.50
„ 10.....	3.00

CARGA DE LOS DETONADORES AMERICANOS

Composición ordinaria, 50 por ciento de Trotyl y 50 por ciento de fulminato de mercurio.

Designación comercial	Peso de la carga
—	Gramos
3 X.....	0.400
4 X.....	0.450
5 X.....	0.600
6 X.....	0.700
7 X.....	0.950
8 X.....	1.250

Además de esta clase, se importa á México la siguiente:

Composición ordinaria de la carga, 80 por ciento de fulminato de mercurio y 20 por ciento de clorato de potasa.

Designación comercial	Peso de la carga
—	Gramos
3 X.....	0.540
4 X.....	0.650
5 X.....	0.800

Las figuras 1 y 2, lámina 9, representan los detonadores ordinarios.

Cuando los detonadores permanecen mucho tiempo guardados, toman la humedad de la atmósfera y pierden una parte de su potencia y eficacia.

Los detonadores llamados *reforzados* se distinguen de los ordinarios en que el cubo ó culote es más grueso, en que la carga es cubierta con una lámina metálica perforada en su centro, para dar paso al dardo de fuego de la mecha. (Lám. 9, fig. 3.) Además, el fulminato es más comprimido. El objeto de este dispositivo especial es forzar al dardo de fuego á extenderse hacia el fondo y atravesarlo. Para las minas de carbón, estos detonadores dan más garantías.

La Comisión francesa que estudia los explosivos llamados *de seguridad*, ha deducido que con los detonadores ordinarios basta gramo y medio de carga para inflamar la mezcla de grisú, mientras que con los detonadores reforzados se necesitan cinco gramos.

De los estudios hechos en Austria, se ha deducido que el fulminato es menos sensible á las acciones mecánicas cuando se le impregna de una solución de glicerina, vaselina ó aceite mineral. El fulminato así *flegmatizado* necesita la ayuda de una pequeña cantidad de fulminato libre para detonar. Merced á este medio, se pueden fabricar detonadores con fuertes cargas de fulminato comprimido.

Los detonadores pueden ser inflamados por medio de la mecha ó de la electricidad. En el primer caso se introduce la mecha dentro del casquillo, hasta que quede en contacto con la mezcla fulminante. Para mantener la mecha en esta posición, se oprime la boca del casquillo con unas pinzas. (Véase la lámina 10.)

Al describir el fulminato de mercurio, se hizo mención de su extremada sensibilidad á la fricción y al calor, así como de la excesiva violencia con que detona. Por tal motivo, los detonadores, ya sean eléctricos ú ordinarios, deben ser manejados con mucho cuidado. *Nunca se debe intentar escarbar la composición.* No debe golpeárseles contra algún cuerpo duro, ni dejárseles en el suelo *en lugares donde puedan ser pisados, ni tampoco se debe intentar pisar-*

LÁMINA 9



Fig 1



Fig 2

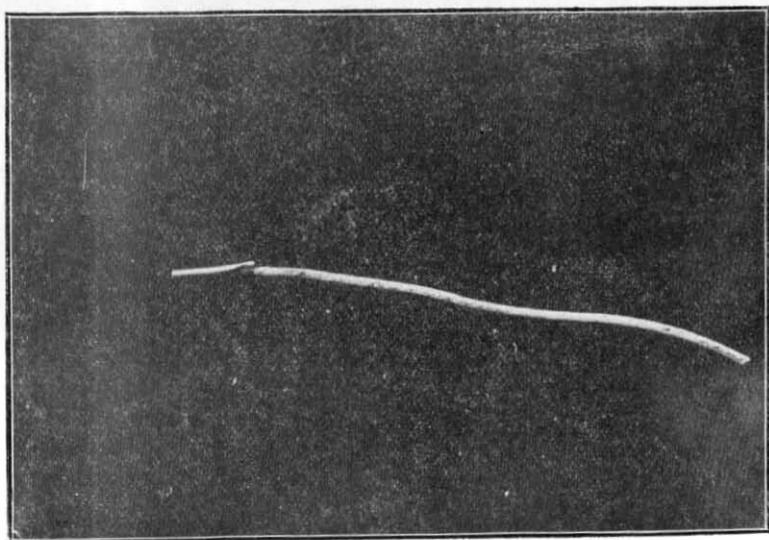
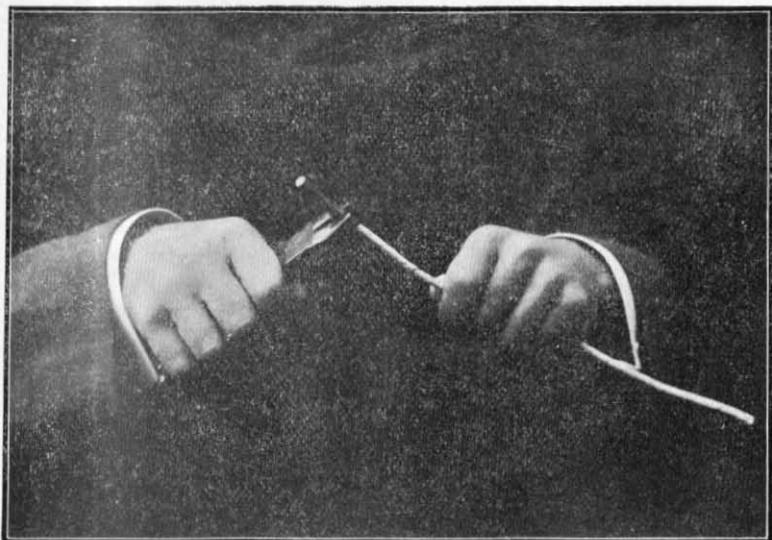


Fig 3

*Disco de cobre perforado
en el centro.*

Detonadores ordinarios.—Detonador reforzado

LÁMINA 10



los. Cuando se afiancen á la mecha, *debe tenerse mucho cuidado en no oprimir la parte donde está la composición. Nunca deben oprimirse con los dientes, porque la carga de una cápsula es bastante para destrozarse la cabeza de un hombre.* Se les debe almacenar en un lugar seco y en un local separado de los otros explosivos. *Nunca deben ser transportados con otros explosivos, ni colocados en la mina cerca de éstos.* Cuando se empaquen para transportarlos, deben quedar perfectamente ajustados en el empaque, con algún material elástico. Generalmente se usa fieltro.

Debe tenerse presente que *los efectos dinámicos de un explosivo dependen, en gran parte, del detonador que se emplea para hacerlo estallar. Seguramente que cuando la carga se efectúa con varios cartuchos, si el detonador del cebo no es suficientemente fuerte, se perderá el efecto de una parte importante de la carga, se producirán gases nocivos, y en algunos casos serán arrojados hacia afuera del barreno fragmentos de explosivo, ya sean intactos ó en ignición.*

Los explosivos que contienen algodón nitrado necesitan detonadores más fuertes, cuya carga fulminante debe ser mayor á medida que aumenta la proporción de algodón. Las dinamitas gelinitas del 40 y 50 por ciento necesitan detonadores con una carga mínima de 0^{gr}-80; las de 60 por ciento, de 1 gramo; las de 75 por ciento, de 1½, y las gomas de 2 gramos. Se entiende, naturalmente, que los efectos de las clases señaladas dependerán también de la composición y preparación de la carga fulminante.

En todos casos y para eliminar causas de error, se aconseja el uso del detonador de 2 gramos, *sobre todo cuando el barreno se carga con varios cartuchos.* No deben olvidar los mineros que, á medida que se aumente la carga, debe también aumentarse la fuerza del detonador.

Si un barreno se carga con más de dos cartuchos, es indispensable aumentar la fuerza del detonador.

DETONADORES ELÉCTRICOS

Los detonadores eléctricos son detonadores ordinarios, arreglados para emplearse por medio de la electricidad. Dos alambres de cobre están unidos en su extremidad in-

terior por un alambre de platino muy delgado, ó de cualquier otro elemento que oponga mucha resistencia y que obre como el filamento de carbón en las lámparas incandescentes. La parte de platino es colocada sobre la mezcla fulminante y rodeada de algodón pólvora. El espacio comprendido entre la carga y la boca del casquillo se rellena con azufre fundido ó cualquiera otra materia á prueba de agua. Los alambres de cobre, al salir del casquillo, tienen una longitud suficiente para conectarlos con el circuito de la batería. (Lám. 11.)

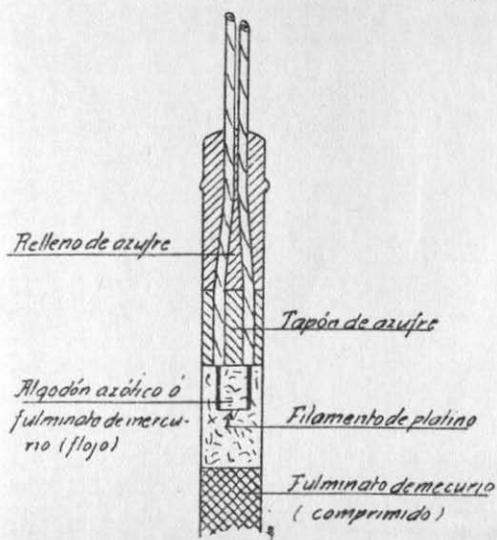
Las cargas de los detonadores eléctricos usadas en los Estados Unidos se encuentran en la Tabla siguiente:

Número	Grado comercial	Peso de la carga
		Gramos
Núm. 5	Fuerza simple.....	0.80
„ 6.....	„ doble.....	1.00
„ 7.....	„ triple	1.50
„ 3.....	„ cuádruple.....	2.00

El acto de efectuar el ataque de la carga y de cebarla, cuando se usan los detonadores eléctricos, es semejante al que se efectúa con los detonadores ordinarios.

El uso de los detonadores eléctricos en las minas *presenta una serie de ventajas si se comparan con el de la mecha ó la cañuela. Desde el punto de vista de la seguridad del personal*, es superior á los otros procedimientos, pues tiene la ventaja de que la explosión se produce en un instante rigurosamente determinado, lo que permite al personal buscar tranquilamente el lugar donde debe ocultarse, y hacer saltar el barreno en un instante escogido. Si hay una *falla*, se puede buscar, sin tomar más precaución que separar de la máquina eléctrica los alambres conductores. Aunque se debe siempre esperar un poco, porque algunas veces la falla proviene del explosivo mismo, como puede suceder en la dinamita helada. Otra de las ventajas de los detonadores eléctricos sobre las mechas, reside en la seguridad que ofrece la presencia del grisú. Además, cuando se hacen estallar varios barrenos, es imposible que la explosión de uno prepare para el siguiente un desprendimiento de grisú ó un torbellino de polvo. Todos los tiros se hacen sin que hayan variado las condiciones, y se pue-

LÁMINA 11



Detonador eléctrico de incandescencia

PLATE II

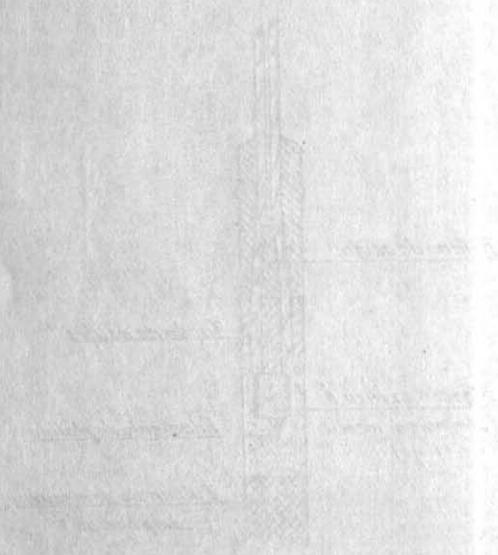


FIGURE 1

LÁMINA 12



Fig. 1.—Barreno bien cargado

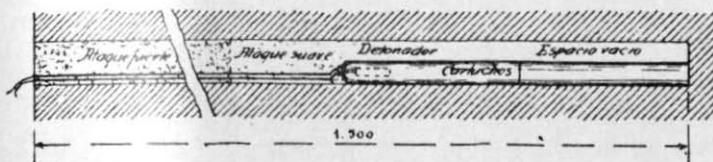


Fig. 2.—Espacio interpuesto entre el explosivo y las paredes de un barreno mal cargado

de saber, antes del tiro, si dichas condiciones son ó no favorables. El tiro por electricidad *no produce humo; es menos nocivo á la salud de los obreros, los cuales pueden volver al lugar donde fueron puestos los barrenos más pronto que cuando se usa la mecha.*

Cuando se desee hacer estallar simultáneamente varios barrenos, el uso de los detonadores eléctricos es indispensable.

COLOCACIÓN DE LA CARGA

Un explosivo da su mayor efecto cuando la carga llena completamente los lados del barreno, pues en el caso contrario el aire interpuesto entre el explosivo y la roca amortigua el efecto de la explosión, obrando como un muelle. Si el explosivo está envuelto en papel, debe romperse éste, pero no quitarse, para que con una presión moderada, la carga llegue hasta el fondo y quede en perfecto contacto con las paredes del barreno. Si la carga consta de varios cartuchos, deben tomarse las mismas precauciones, haciendo que queden en perfecto contacto, sin dejar entre ellos espacios vacíos ni interponer cuerpos extraños, especialmente en estado de polvo.

En la lámina 12, figura 2, puede verse una carga que ha sido colocada introduciendo los cartuchos en el barreno, sin comprimirlos. Después de atacado el barreno, ha quedado un espacio vacío lleno de aire. En la lámina 12, figura 1, se ve la disposición de un barreno bien cargado.

El detonador se coloca en el cartucho que se introduce al último, el cual es considerado como primero. Al comprimir este último debe evitarse desalojar al detonador de su posición, romper la mecha ó desnudar los alambres del detonador eléctrico. Los explosivos de la clase de los de nitrato de amonio ó de los nitrosustituídos, *si no son comprimidos debidamente, es muy fácil ó casi imposible hacerlos detonar, por cuya razón no se aconseja romper su envoltura.*

Para comprimir la carga se empleará un atacador de madera ó de bronce. *En ningún caso se usarán barras de hierro ó acero.*

Entre varios explosivos que, á igualdad de peso, produz-

can los mismos efectos, el que ocupe menos espacio será el más denso y producirá mayor efecto rompedor. De dos cartuchos de las mismas dimensiones, el que tenga más peso será el más denso. En general, se aconseja el uso de cargas concentradas; es decir, cargas de cortas cantidades de explosivos muy fuertes y de poco volumen, colocadas en el fondo del barreno. La dinamita goma es muy apropiada para este objeto.

Los mineros deben procurar que *el diámetro del cartucho difiera muy poco de el del barreno*, para que al cargar no sea necesario hacer mucha presión para llenar los lados de aquél.

No debe quitarse el papel de la envoltura de los cartuchos, porque pueden quedar partículas de dinamita, sobre todo si es pulverulenta, y aun nitroglicerina en la parte del barreno donde tiene que hacerse el ataque fuerte, lo que daría lugar á accidentes.

CEBAR

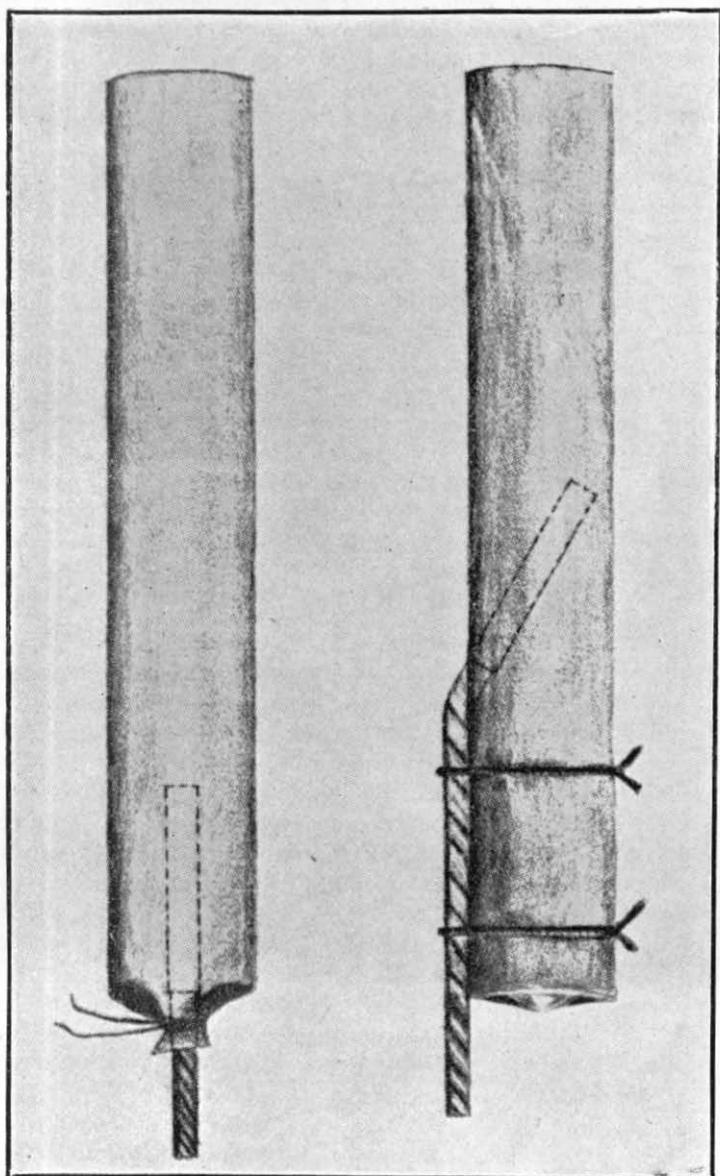
El acto de colocar el detonador en el cartucho se llama *cebar*; y al conjunto de la mecha y el casquillo, cuando se usa mecha, ó al detonador eléctrico, en el momento de ser aplicado al explosivo, se les llama *cebo*.

El cebo se aplica al cartucho que se coloca al último de la carga, que, como se ha dicho, se le designa como primero.

Hay dos maneras de cebar: una se efectúa abriendo los pliegues de la envoltura del cartucho en una de sus extremidades, haciendo una oquedad en la masa del explosivo con un lápiz ó algún instrumento de madera de forma semejante, é introduciendo en ella el detonador; el papel de la envoltura es plegado de nuevo sobre la mecha, cerca del casquillo, en el caso de emplearse aquélla, ó sobre el alambre, cuando se use un detonador eléctrico. El todo es afianzado con un hilo enredado, con la disposición que enseña la lámina 13, figura 1.

La otra manera de cebar consiste en perforar la envoltura y el explosivo, cerca de una de las extremidades del cartucho, haciendo una oquedad para introducir la ceba. La mecha ó el alambre del detonador eléctrico se aseguran con un hilo. (Véase la lámina 13, figura 2.)

LÁMINA 13





El primer procedimiento es el más usado, porque el cartucho se acomoda perfectamente al agujero. En el segundo caso el barrenado tiene que ser de mayor diámetro que el cartucho, y por lo tanto *quedará un espacio vacío entre el cartucho y las paredes del barrenado, lo que, como ya se ha dicho, causa una disminución del rendimiento de la fuerza del explosivo.*

En algunas minas acostumbran asegurar el detonador eléctrico enredando los alambres de éste contra el cartucho. Esta práctica es mala, porque al introducir el cartucho ó al comprimir la carga puede desnudarse alguno de los alambres y formarse cortos circuitos, lo que da lugar á las fallas.

Cuando se ceba con mecha *no debe introducirse profundamente el casquillo, porque puede suceder que el fuego de la mecha se comunique al explosivo y que se produzca una combustión ó una explosión incompleta, antes de que obre el detonador, lo que tiene por consecuencia la producción de gases venenosos y la disminución en el rendimiento del explosivo.*

EL ATAQUE

Después de colocada la carga, se debe poner encima de ella, hasta llenar el barrenado, una materia que sea incombustible, generalmente arcilla; *pero en ningún caso se atacará el barrenado con polvo de carbón, ya sea seco ó húmedo.* La primera capa de 10 á 15 centímetros que se ponga encima de la carga, se comprimirá sin violencia y teniendo cuidado de no desalojar el cebo ó sacar la mecha del casquillo. *El resto del barrenado se atacará fuertemente con un atacador de bronce, cuidando solamente de no romper la mecha ó desnudar los alambres del detonador eléctrico. Mientras más se comprima la materia con que sea atacado el barrenado, se obtendrá mayor rendimiento del explosivo y habrá menos probabilidades de una deflagración, y, por lo tanto, de una producción de gases venenosos.*

En algunas minas acostumbran emplear una mecha muy corta y hacer estallar la carga sin rellenar el barrenado, ó simplemente efectuándolo en una parte de él. Semejante práctica, además de ser muy peligrosa, produce gases venenosos y debe ser prohibida estrictamente.

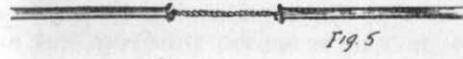
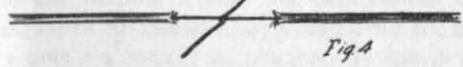
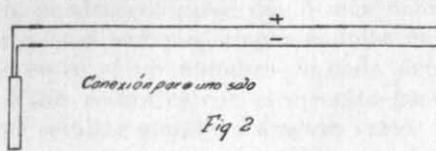
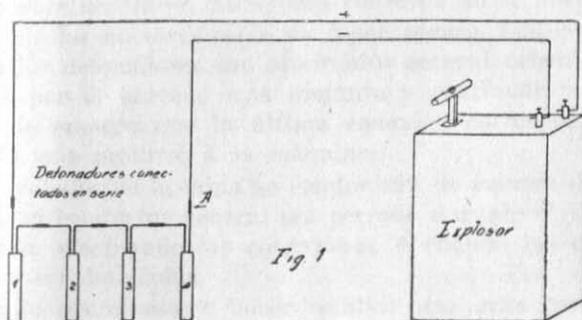
PEGAR FUEGO

En el capítulo anterior se ha explicado que para provocar la explosión de las cargas, en las minas, se siguen métodos adecuados á la naturaleza del explosivo. Para la pólvora negra bastará solamente la acción de una flama; pero para la detonación de los altos explosivos es necesario el choque, si se desea aprovechar su efecto máximo. Ya han sido descritos los elementos empleados para dar fuego á la pólvora negra, que son la cañuela y la mecha. La primera enciende con la flama de la lámpara ó vela del minero, ó calentando un alambre en la misma vela y aplicándolo al fósforo ó á la pólvora de la mecha. Para encender con facilidad la mecha, se corta en bisel su extremidad, con la hoja de una navaja, y luego el bisel se divide longitudinalmente en dos partes, con la misma hoja, procurando evitar que se desprenda la pólvora que constituye el alma de la mecha.

Algunos mineros acostumbran formar pequeños cartuchos de dinamita, la cual inflaman para pegar fuego á la mecha. Esta práctica es mala, porque la dinamita inflamada, con mucha facilidad hace explosión; *este es un hecho perfectamente comprobado; por lo tanto, debe prohibirse tal procedimiento.* Para violentar el acto de pegar fuego, puede ponerse en la abertura practicada en la extremidad de la mecha una pequeña cantidad de dinamita, para que al acercársele la flama de la vela comunique el fuego á la mecha.

Para conectar los alambres del detonador eléctrico con los del circuito que conduce la corriente que debe producir la explosión, se desnudarán sus extremidades en una longitud de dos centímetros, limpiando el alambre con lija ó la hoja de una navaja, para quitarle la resina. (Lám. 14, figura 3.) Cada alambre será conectado con uno de los conductores del circuito general. Nunca deben hacerse ambas conexiones frente á frente una de la otra, porque cuando son restirados los alambres del circuito general, pueden fácilmente juntarse en la parte descubierta de las conexiones, formar un corto circuito é impedir que estalle el de-

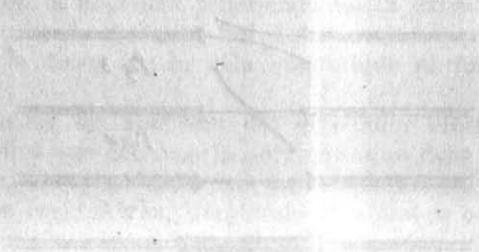
LÁMINA 14



Modo de hacer las conexiones como en A

TABLE I

Year	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Population	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
...



The data presented in the table and graph above illustrates the changes in the population and other variables over the period from 1950 to 1960. The population remained constant at 100 units until 1950, after which it began to rise, reaching approximately 150 units by 1960. The other variables also show significant fluctuations, with a notable peak in 1955 and a sharp decline in 1958.

tonador. La mejor precaución será cubrir las conexiones con una tela aisladora especial, que se encuentra en el comercio. *Solamente después de que los alambres de los detonadores eléctricos hayan sido ligados con el circuito general, se conectará éste con la máquina que debe producir la corriente necesaria. La última conexión no se hará sino hasta que los hombres estén en lugar seguro.* Las conexiones de los detonadores con el circuito general deberán empezarse por el barreno más distante y continuar en este orden de manera que la última conexión corresponda al barreno más próximo á la máquina.

Los trabajos de la mina se conducirán de manera de evitar que el conductor general sea cortado durante el tiempo que están efectuando las conexiones, ó cuando las cargas vayan á ser detonadas.

Cuando sea necesario hacer estallar una gran cantidad de explosivo, pueden colocarse dos ó más detonadores eléctricos en el mismo barreno, disponiéndolos en serie, es decir, uniendo entre sí un alambre de cada detonador y conectando los dos restantes con el circuito general.

Para hacer estallar simultáneamente varios barrenos, los detonadores serán dispuestos en serie, como lo indica la lámina 15, figura 1; y para hacer la conexión de los barrenos entre sí, se puede usar alambre aislado para conexiones, el cual es más ligero que el del circuito general. La disposición en serie hace que un alambre de cada detonador sea conectado á un alambre del siguiente, y así en seguida, quedando libres, por lo tanto, un alambre del primer detonador y uno del último. Todas las conexiones deben ser cubiertas con cinta aisladora, para asegurar un buen circuito. A medida que sea mayor el número de los detonadores conectados, mayor será el cuidado que se debe tener en que el circuito esté perfecto; porque si hay un corto circuito ó una mala conexión, la explosión fallará. La pérdida de tiempo y dinero, así como el peligro que originan las fallas, justifican una escrupulosa revisión del circuito antes de hacer pasar la corriente.

Los conductores del circuito general pueden ser de hierro ó de cobre. Se prefiere siempre el cobre, porque opone menos resistencia al paso de la corriente eléctrica.

Los hilos pueden usarse aislados ó desnudos. La necesidad del aislamiento depende del voltaje; pero sobre todo tiende á evitar los cortos circuitos, principalmente en las labores húmedas.

La unión entre sí de las extremidades de dos conductores se hará como lo demuestra la lámina 14, figura 4; y para conectar los alambres de los detonadores deben enlazarse los hilos en la forma señalada en la lámina 14, figuras 5 y 6.

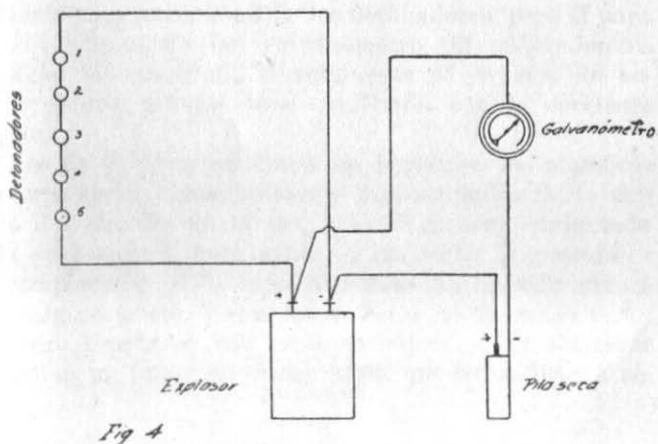
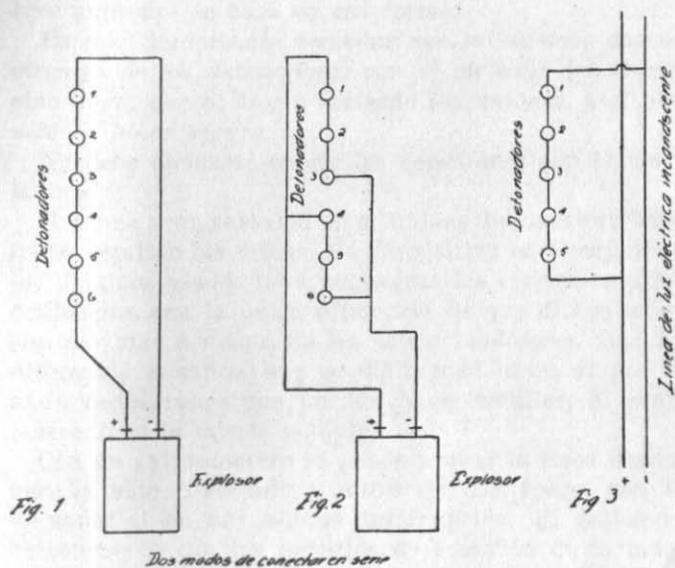
La corriente para provocar la explosión de los detonadores eléctricos puede obtenerse de las pilas eléctricas, de los circuitos de luz ó de los generadores conocidos con el nombre de *máquinas eléctricas*.

El empleo de las baterías secas para dar fuego á las minas ha sido prohibido en algunos países, porque debido á la facilidad con que los alambres del circuito pueden ponerse en contacto con los polos de las pilas, se producen con mucha frecuencia explosiones prematuras, tanto en los detonadores como en las cargas. Ultimamente, en los Estados Unidos, las expresadas pilas han sido provistas de unos contactos de seguridad, con muelle, que constituyen los polos de la batería.

Las baterías secas y algunas máquinas eléctricas son fácilmente transportables y el minero puede llevarlas al lugar de los trabajos, lo que le permite asegurarse de una explosión prematura ocasionada por otra persona. Estos elementos sólo son útiles cuando hay pocos detonadores en un circuito. El número de éstos y la longitud de alambres conductores con que puede funcionar una máquina ó batería debe conocerse de antemano, pues á menudo sucede que una batería no hace funcionar á los detonadores, porque no puede producir toda la corriente necesaria para vencer la resistencia de un largo circuito y un número elevado de detonadores. Un procedimiento sencillo para probar la fuerza de las baterías consiste en hacer pasar la corriente por una lámpara incandescente de capacidad conocida y observar el brillo de la luz que da la lámpara.

Cuando la corriente eléctrica se obtenga de un circuito de luz, las conexiones deben hacerse en paralelo (véase la lámina 15, figura 3), es decir, que un alambre de cada de-

LÁMINA 15



Modo de probar las conexiones antes de hacer funcionar el explorador

tonador es conectado con cada alambre del circuito. Si son varios los detonadores, solamente la conexión de los alambres extremos se hará en esa forma.

Es muy importante recordar que *no se debe conectar el circuito de los detonadores con el circuito del alumbrado, sino hasta que se hayan revisado las uniones, y el personal esté en lugar seguro.*

No debe olvidarse cubrir las conexiones con la cinta aisladora.

Hay una gran variedad de máquinas dinamoeléctricas para hacer estallar las minas. Su dispositivo es semejante al de los dinamos usados para engendrar las corrientes eléctricas ordinarias, con la única diferencia de que dichas máquinas son movidas á mano. Se les llama *explosores*. Las hay de diferentes tamaños, que se distinguen entre sí por el número de barrenos que pueden hacer estallar, el cual está marcado en la misma máquina.

Con un galvanómetro se puede probar la línea después de que ha sido conectada y antes de dar fuego, con objeto de saber si no hay alguna interrupción. El galvanómetro es conectado con los tornillos de conexión de la máquina, *donde ya estarán fijas las extremidades del circuito que se va á probar.* (Lám. 15, fig. 4.) La corriente producida por una débil pila seca, agregada al galvanómetro, no será bastante fuerte para hacer estallar los detonadores, pero sí para hacer mover la aguja del galvanómetro. *El galvanómetro nunca debe ser conectado directamente al circuito de barrenos cargados, porque éstos estallarán con la corriente de la pila.*

Después de que han estallado los barrenos, los alambres conductores serán inmediatamente desconectados de la máquina ó del circuito de la luz, y la línea será examinada en toda su longitud, para saber si las rocas desprendidas no la rompieron y si la capa aisladora no ha sido arrancada en alguna parte. Todos los defectos encontrados serán desde luego reparados con cinta aisladora y los alambres colocados en un lugar separado, hasta que se vuelvan á necesitar.

CAPITULO TERCERO

Minas de carbón

La atmósfera de las minas de carbón está compuesta de polvo de carbón y una mezcla de aire ordinario y de varios gases, entre los que predomina uno que se llama *metano*.

Al conjunto de los gases propios de la mina se le llama *grisú*. La mezcla de grisú con el aire ordinario es más ó menos explosiva ó inflamable según las proporciones de los componentes.

El máximum de sensibilidad y poder explosivo de la mezcla de aire y grisú tiene lugar cuando la proporción de metano es de $9\frac{1}{2}$ por ciento, es decir, cuando la cantidad de oxígeno contenida en el aire es suficiente para asegurar la combustión completa. La explosión de la mezcla de grisú y aire cesa de propagarse cuando la proporción de grisú desciende abajo del 5 por ciento y se eleva arriba de 14; pero aun entonces la mezcla no deja de ser peligrosa cuando se hace uso de los explosivos, pues bajo la acción de las flamas producidas por el explosivo, y en la proximidad de éstas, la mezcla pobre alcanza la temperatura de inflamación del grisú y el metano se combina con el oxígeno. El desprendimiento de calor producido por dicha combinación se manifiesta por un aumento de volumen de la flama, fenómeno idéntico al que se observa constantemente con las flamas de las lámparas. La flama puede así propagarse, aumentando constantemente de intensidad, hasta encontrar una mezcla explosiva ó que contenga polvo, y se producirá la explosión. Las mezclas de más de 14 por ciento presentan un doble peligro, pues por una parte, entre esta mezcla y las partes de la atmósfera de la mina que no contiene grisú, hay necesariamente una capa de gas explosivo; además, estas mezclas, muy ricas en grisú, pueden convertirse en explosivas á la llegada de una corriente de aire fresco.

Las mezclas de aire y polvo de carbón son inflamables y también explosivas. La facilidad de que se produzca alguno de los fenómenos ó los dos, depende de las distintas espe-

cies de carbón. Los polvos más inflamables son los del carbón que contiene de 22 á 23 por ciento de materias volátiles.

La presencia de una pequeña proporción de grisú en las mezclas de aire y polvos, hace á éstas más inflamables.

La presencia del polvo de carbón en la atmósfera cargada de grisú no tiene más influencia que la de aumentar la violencia y la sensibilidad de la ignición.

Experimentalmente, se ha deducido que la temperatura de inflamación de la mezcla de aire y grisú es de 650 grados, y que las mismas mezclas no se inflaman sino después de haber sido llevadas durante algunos segundos á una temperatura igual ó superior á la expresada. En la temperatura próxima á dicha cifra, el retardo de la inflamación puede llegar á diez segundos. El retardo disminuye á medida que aumenta la temperatura; y cuando ésta llega á 1,000 grados, la duración de aquél es casi insensible.

El retardo de la inflamación disminuye no solamente cuando la temperatura se eleva, sino cuando la presión crece; pues la inflamabilidad de la mezcla de grisú y aire crece con la presión y disminuye con ella. Bajo una presión de 520 milímetros de mercurio, no se puede inflamar en el eudiómetro, ni con fuertes chispas eléctricas, una mezcla de 7 por ciento de grisú; mientras que la misma mezcla da, bajo la presión de 760 milímetros, una explosión muy violenta. De donde se deduce que *el peligro de una explosión aumenta con la profundidad de la mina*, y que á una misma profundidad los cambios de presión de la atmósfera modifican el peligro.

Ninguna regla universal puede darse para arrancar el carbón de las minas por medio de los explosivos, pues debido al carácter del yacimiento y á las condiciones locales, para cada mina, y algunas veces en diferentes partes de la misma mina se tienen que emplear procedimientos distintos, que son determinados por la experiencia práctica y la observación. El emplazamiento de los barrenos, así como la dimensión de la carga, son de la mayor importancia.

La pólvora negra y la dinamita inflaman con gran facilidad las mezclas de aire y grisú; basta para ello unos cuan-

tos centigramos de la primera y algunos gramos de la segunda.

Las mezclas de polvo de carbón y aire, sin grisú, se inflaman con 80 gramos de pólvora ó dinamita.

El ataque ordinario efectuado encima de la carga, aumenta la seguridad, sobre todo si se usan explosivos rompedores, tales como la dinamita, pues con ellos la explosión se verifica, abajo de la cubierta impermeable del ataque, con una rapidez que es difícil que el grisú del exterior llegue á inflamarse.

Como á medida que aumenta la profundidad de las minas aumenta el peligro del grisú, se hace necesario emplear explosivos de mayor seguridad. Mucho se ha estudiado para resolver este problema; y hasta la fecha, aunque se ha conseguido bastante, no se ha llegado á una resolución completamente satisfactoria.

Desde el año de 1853 datan los primeros esfuerzos en este sentido, en cuya época se intentó utilizar la fuerza de expansión de la cal viva, la cual, cuando se moja con agua, aumenta dos veces y media su volumen, y hasta cinco veces cuando la calcinación se hace con cuidado.

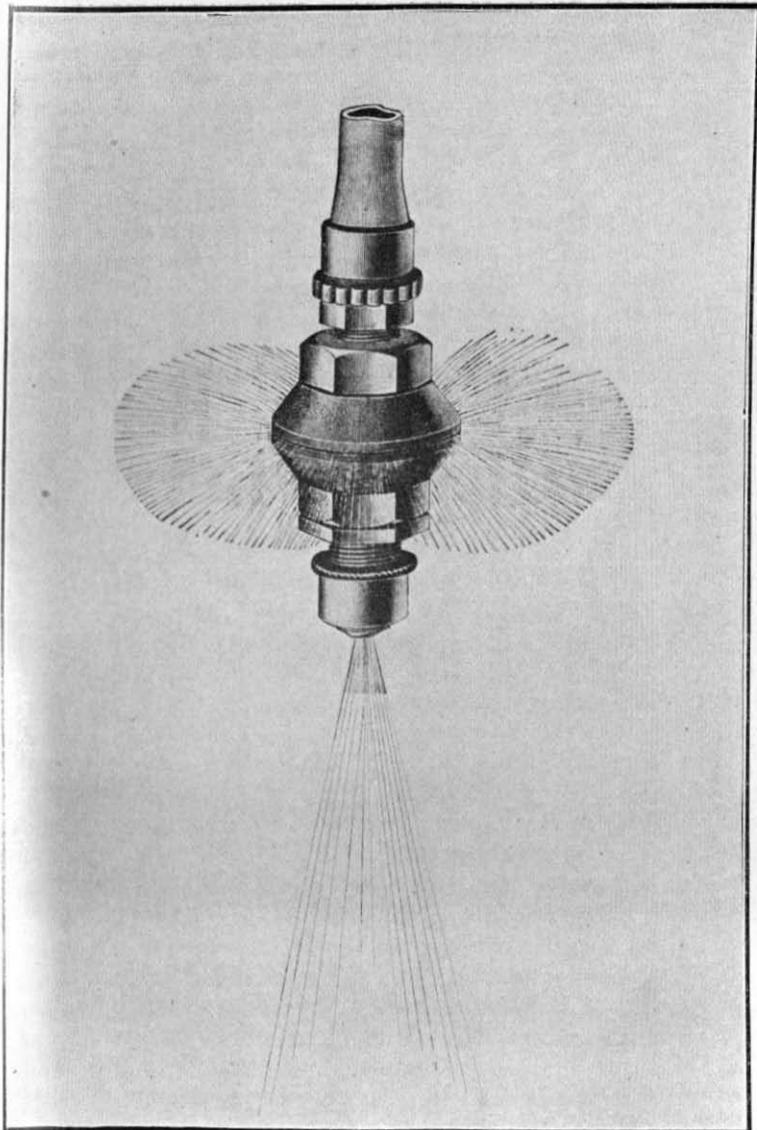
Actualmente la cal destinada á este objeto es comprimida en una prensa hidráulica, para obtener la mayor cantidad de materia en el menor volumen posible. A pesar de este nuevo recurso, la aplicación de la cal no ha tenido mucho éxito, porque á medida que las paredes de la roca ceden, la presión desciende rápidamente.

Desde la época citada han sido propuestos multitud de medios para arrancar el carbón sin el uso de los explosivos; pero han fracasado por deficiencia ó por su elevado costo.

Se ha estudiado también la manera de hacer inofensivo el uso de la dinamita y la pólvora negra en las minas de carbón, para cuyo fin han sido propuestos varios medios.

El año de 1878 se patentó un procedimiento destinado á apagar la flama que produce la explosión de la pólvora negra, colocando arriba de la carga un cartucho lleno de agua. Después se propuso colocar el cartucho en un vaso lleno de agua, para que aquél quedara completamente rodeado por el líquido. Estos dos procedimientos dieron re-

LÁMINA 16



sultados muy satisfactorios, y en general puede afirmarse que el empleo de la dinamita con un ataque de agua, bien estudiado y confeccionado, no debe causar inquietud; pero el peligro consiste en que la buena ejecución del trabajo depende del cuidado del obrero.

Ha sido propuesto también para impedir la explosión del grisú, humedecer la atmósfera de la mina por medio de una lluvia muy fina de agua, producida con un pulverizador en el momento de la explosión. En la lámina 15 se ve el detalle de un pulverizador propuesto por el profesor Meyer. Las experiencias efectuadas han enseñado que las explosiones de grisú *no pueden producirse en una lluvia muy fina de agua, sino por cargas de dinamita relativamente elevadas*; y si las explosiones llegan á verificarse, sólo se reducen á flamas de pequeñas dimensiones, lo cual demuestra que *el enfriamiento impide que la explosión se propague*, lo que se confirma con el hecho de que *las explosiones en las minas se detienen en las zonas húmedas de la explotación*. Este procedimiento solamente tiene el inconveniente de exigir para su aplicación un tubo de agua bajo presión. Oscar Guttman recomienda que se humedezca la atmósfera de las minas por zonas de 20 metros, para evitar que se propague la explosión que llegue á producirse. Podría también emplearse en zonas de corta extensión el vapor saturado, inmediatamente antes de hacer estallar los barrenos.

Es posible que, con el tiempo, *los explotadores de las minas de carbón lleguen á convencerse de que el medio más eficaz para evitar las catástrofes del grisú es humedecer la atmósfera de la mina*.

Se ha propuesto, asimismo, colocar inmediatamente arriba de la carga, en el barreno de la mina, cilindros poco resistentes conteniendo anhídrido carbónico, para apagar la flama de la explosión.

El ataque del barreno efectuado con cemento, para aislar la carga del exterior, constituye un medio más resistente que el ataque hecho con arcilla. Se puede admitir que el cemento, una vez endurecido, aumenta la seguridad en el empleo del explosivo. Pero este procedimiento tiene el inconveniente de necesitarse tiempo para que se endurezca el cemento.

Ya se han hecho también ensayos para apagar la flama de la explosión haciendo el ataque con una sal que contenga agua interpuesta en sus cristales. La idea que inspiró esta tentativa fué la de que las sales se descomponen absorbiendo calor. Pero sucede que la sal es proyectada intacta.

Desde el año de 1880 se inició la idea de preparar los explosivos para las minas de carbón, con sales que en el momento de la explosión producen un gran volumen de vapor de agua, el cual tiende á condensarse, y, por lo tanto, á disminuir la temperatura de explosión. Una de las sales que goza de estas propiedades es el nitrato de amonio, la cual constituye la base de la mayor parte de los explosivos llamados *de seguridad*, empleados en la época actual.

EXPLOSIVOS PERMITIDOS

Para investigar si el uso de un explosivo es peligroso en presencia del grisú, se construyen galerías de experimentación, las cuales consisten en un gran túnel de sección oval (Láms. 1, 17 y 18), construídas de madera ó hierro. El explosivo es detonado en un mortero y en una atmósfera de gas, imitando en lo posible las mismas condiciones de la mina.

El explosivo en estudio es probado, aumentando sucesivamente el peso de la carga desde 50 gramos. Para que el explosivo sea declarado *permitido*, es necesario que la mezcla gaseosa de la galería no estalle después de veinte explosiones. El peso máximo de un explosivo *permitido*, que puede usarse sin peligro, se conoce con el nombre de *carga límite*, más allá de la cual es peligroso el empleo del explosivo.

No debe entenderse que el uso de los explosivos *permitidos* garantiza de una manera absoluta la seguridad; pero debe tenerse presente que todo explosivo *que inflama ó detona el gas de la galería* de experimentación, infaliblemente *provoca una explosión en la mina*. Como las pruebas se hacen colocando al explosivo en las condiciones más favorables para que haga estallar el gas de la galería, se deduce que el explosivo que las resiste con éxito lleva muchas probabilidades de *seguridad*.

LÁMINA 17

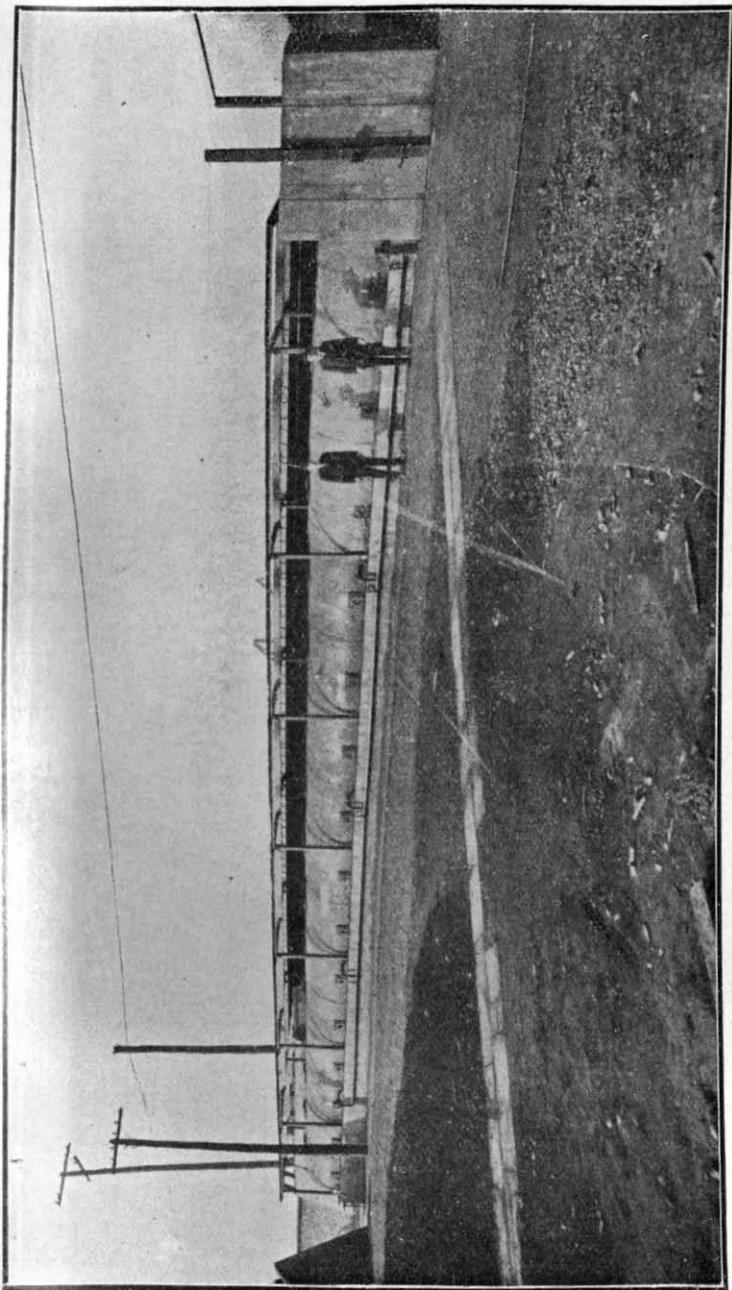
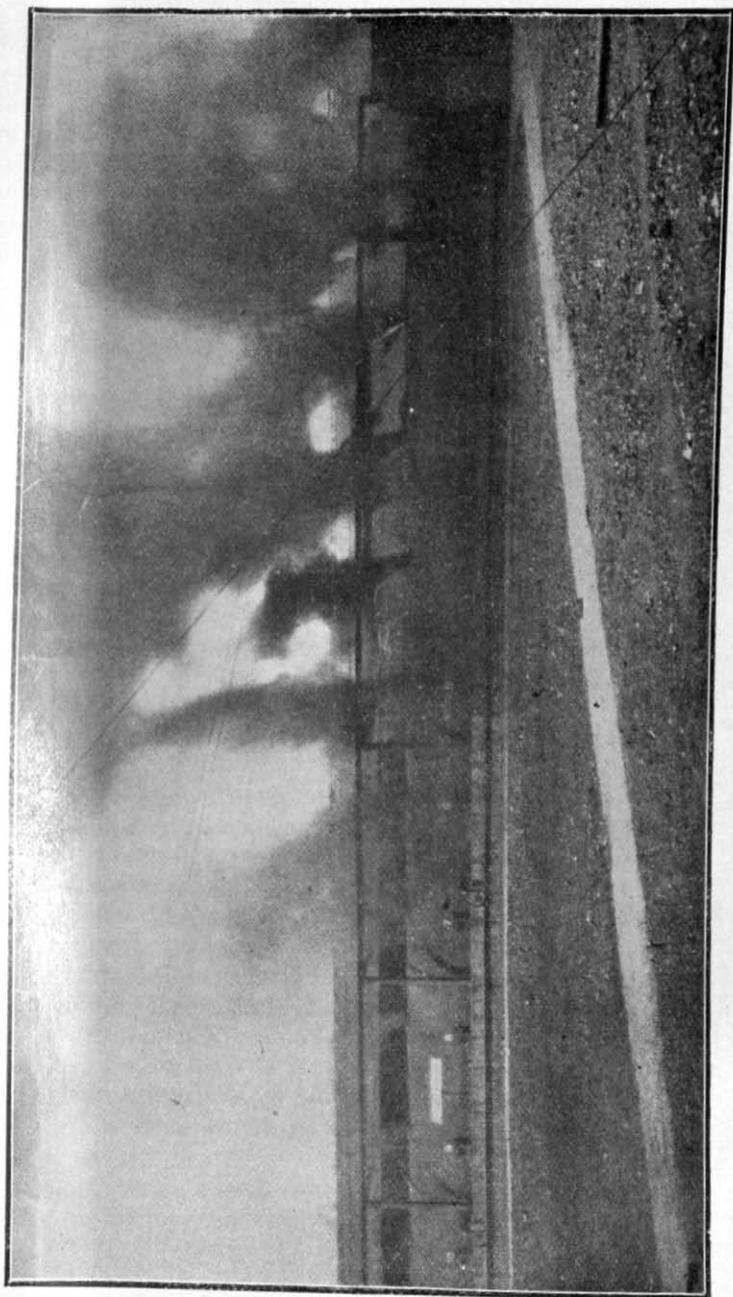


LÁMINA 18





Las Comisiones nombradas por algunos Gobiernos para estudiar experimentalmente en las galerías los explosivos destinados á las minas de carbón, han llegado á las siguientes conclusiones:

Los gases de la explosión se forman bruscamente y á alta presión; pero experimentan un enfriamiento considerable, porque efectúan un trabajo; por lo tanto, su temperatura puede ser superior á 650 grados, sin que haya peligro de explosión en las mezclas que contiene el grisú. Cuando los gases tienen una temperatura inferior á 2,200 grados, no provocan la inflamación de las mezclas de grisú. A dicha temperatura se le ha dado el nombre de *temperatura aparente de inflamación* de las mezclas de grisú y aire, bajo la influencia de los explosivos. De lo anterior se ha deducido que los explosivos ofrecen tantas más garantías cuanto que su temperatura de explosión es más baja. En Francia el único dato que sirve para apreciar la seguridad de un explosivo es su temperatura de explosión, calculada.

Debe tenerse entendido que *cuando se emplea una carga exagerada, se pueden inflamar las mezclas de grisú y aire, aunque la temperatura aparente de inflamación del explosivo usado sea inferior á 2,200 grados. Muchas de las catástrofes de las minas de carbón han sido originadas por cargar los barrenos con cantidades de explosivos superiores al peso de la CARGA LÍMITE señalada.*

Además de la temperatura de explosión, hay otras causas que modifican este fenómeno; por ejemplo, su velocidad, que, como es tan grande, comprime enérgicamente la atmósfera de las inmediaciones de la explosión.

Comprimiendo el aire á 60 atmósferas, su temperatura se eleva á 670 grados; á 100 atmósferas es de 820 grados, y á 200 atmósferas alcanza á 1,000 grados. Como los explosivos llamados *de seguridad*, encerrados en barreno, pueden desarrollar una presión de 6,000 á 8,000 atmósferas, se deduce que el gas de las minas puede ser comprimido á algunas centenas de atmósferas. La temperatura correspondiente á esta presión es más que suficiente para inflamar la mezcla de grisú.

La cantidad de energía que una explosión desarrolla por unidad de tiempo constituye su *poder rompedor*; por lo

tanto, el poder rompedor de un explosivo depende de su velocidad de explosión y de su potencia. Así, á medida que aumenta el efecto rompedor de un explosivo, será mayor la cantidad de trabajo ejercido bajo la forma de choque ó de rechazamiento por los gases de la explosión sobre la mezcla de grisú. En efecto, los explosivos para las minas de carbón son tanto más seguros cuanto menos rompedores.

Según el profesor Heisse, para limitar los peligros ocasionados por el grisú en los trabajos de las minas, *se debe fijar el máximo de las cargas permitidas y la longitud mínima del ataque*, por lo cual deben intervenir los reglamentos administrativos y las instrucciones de los explotadores.

Inglaterra es el lugar del mundo que produce mayor cantidad de carbón, y sus estadísticas enseñan, con grande elocuencia, el grado de seguridad tan satisfactorio que presenta el uso juicioso de los explosivos *permitidos*.

En la Tabla número 1 se encuentra la estadística de los accidentes ocurridos en las minas de carbón, en Inglaterra, durante los años de 1900 á 1904. En la Tabla número 2 se encuentra la lista de los explosivos *permitidos* correspondientes al año pasado, así como el consumo de cada explosivo y los accidentes que ocasionó. La Tabla número 3 contiene la lista de los explosivos permitidos en Estados Unidos.

De la inspección de las referidas Tablas se deduce la utilidad de las galerías de experimentación y la importancia del beneficio que produce el uso de los explosivos que han sido estudiados. La Tabla número 1 enseña que, durante cinco años, solamente hubo en toda Inglaterra trece explosiones de grisú, con un total de nueve muertos y veintiséis heridos. La Tabla número 2 indica que, á un consumo de ocho millones y medio de libras de explosivos permitidos, correspondieron solamente ocho explosiones, en las que resultaron únicamente dos personas heridas.

TABLA 1

**Explosiones de grisú causadas en Inglaterra
por los explosivos
durante los años de 1900 á 1904**

Año	Nombre del explosivo	Explosión		Muertos.	Heridos.	Explosiones que no fueron perjudiciales.
		Fatal	No fatal			
1900	Amvis .....	.....	1	.....	2	
1901	Roburita	1	.....	4		
1902	Bulldog especial.....	1	2	1	9	3
1902	Amvis	1	.....	2		
1902	Saxonita .....	.....	1	.....	5	1
1903	Bobinita.....	.....	1	.....	1	
1903	Bobinita ó Bulldog especial....	.....	1	.....	1	
1903	Ammonita.....	.....	1	.....	1	
1904	Stowita y Bobinita	1	.....	1	2	
1904	Bobinita.....	1	1	1	5	4
1904	Ammonita.....	.....	.....	.....	.....	1
	Sumas.....	5	8	9	26	9

NOTA.—Esta Tabla fué tomada del “Report to the Right Hon A. Akers-Douglas, M. P.; His Majesty’s principal Secretary of State for the Home Department 1905.”

TABLA 2

Lista de los principales explosivos "Permitidos" empleados en Inglaterra durante el año de 1909, con expresión de los accidentes que ocurrieron en su uso.

Nombre del explosivo	Cantidad usada	Número de accidentes	Muertos	Heridos
	Libras			
	—			
Bobinita.....	1.118 459	6	.....	2
Arkita.....	750 718			
Monobel.....	739 982			
Ammonita.....	554 371			
Samsonita.....	506 991			
Saxonita.....	504 146			
Rippita.....	485 058	1		
Roburita.....	478 823			
Westfalita.....	444 770			
Bellita.....	443 181			
Carbonita.....	431 721			
Stowita.....	258 822			
Pólvora Faversham.....	227 564			
Ammonal.....	214 543			
Albionita.....	202 769			
Escellita.....	176 235			
Rexita.....	167 164	1		
Abbeita.....	120 106			
Permenita.....	119 992			
Pólvora Cornish.....	99 079			
Pólvora Negro.....	62 566			
Pólvora Santa Helena.....	60 552			
Caklita.....	45 699			
Kolax.....	42 835			
Celtita.....	38 639			
Amvis.....	34 564			
Geloxita.....	30 527			
Steelita.....	29 840			
Tutol.....	16 668			
Fraccturita.....	16 382			
Normanita.....	15 178			
Dominita.....	13 754			
Minita.....	9 576			
Cambrita.....	9 435			
Aphosita.....	7 600			
Swalita.....	7 505			
Otros varios.....	17 118			
Total.....	8.502 232	8	.....	2

NOTA.— Los datos contenidos en esta Tabla fueron tomados del "34 report of His Majesty's Inspectors of explosives." Londres.

TABLA 3

Lista de los explosivos "Permitidos" en los Estados Unidos. Octubre 1º de 1909

Ætma coal powder A.	Carbonite número 1 L. F.
Ætma coal powder A. A.	Carbonite número 2 L. F.
Ætma coal powder B.	Coalite número 1.
Ætma coal powder C.	Coalite número 2 D.
Bituminita número 1.	Coal especial número 1.
Black Diamond número 3.	Coal especial número 2.
Black Diamond número 4.	Collier dynamite número 2.
Carbonite número 1.	Collier dynamite número 4.
Carbonite número 2.	Collier dynamite número 5.
Carbonite número 3.	

La "carga límite" de estos explosivos son 680 gramos.^a Deben usarse con detonadores ordinarios número 6 ó detonador eléctrico de fuerza doble.

La mayor parte de los explosivos *permitidos* contienen en su composición nitrato de amonio, nitroglicerina y un combustible. Y su fórmula de composición es calculada de una manera tal, que en los gases producidos por la explosión no haya oxígeno libre que se combine con el grisú, y que el explosivo no sea de descomposición muy rápida, para que los gases de la explosión se enfríen antes de ponerse en contacto con la atmósfera de la mina; lo que tiene por consecuencia que la flama sea de poca longitud y de corta duración, y que el carbón sea desprendido sin ser pulverizado, siempre que se haya empleado una carga moderada y bien colocada. Condiciones que no se realizan con los explosivos ordinarios, tales como la dinamita, cuyo uso es extraordinariamente peligroso en las minas de carbón, *y debe ser severamente prohibido.*

Los explosivos *permitidos* autorizados actualmente en México, son los reconocidos oficialmente por los Gobiernos de Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Francia y Bélgica, con sus respectivas características industriales, como son la *carga límite* y el detonador apropiado.

La carbonita y la grisutina son los explosivos que se em-

plean de preferencia en las minas de la República. La mayor parte de ellos se importan del extranjero. En México se elabora una carbonita, cuya fórmula de fabricación es la siguiente:

Nitroglicerina.....	25
Nitrato de sosa.....	32.5
Harina de madera.....	22
Harina de trigo.....	20
Carbonato de sosa.....	0.5

A continuación se encuentra una Tabla que contiene las características de la carbonita número 1 y de la número 2, obtenidas por Mr. C. E. Bichel, inventor de la carbonita y Director de la Carbonita Explosives Company Limited, Hamburgo.

Características y composición de la carbonita		
COMPOSICION	Carbonita número 1	Carbonita número 2
Nitroglicerina.....	25	30
Nitrato de sosa.....	30.5	24.5
Harina de trigo ó arroz.....	37	38
Humedad.....	2.5	2.5
Bicromato de potasa.....	5	5
CARACTERISTICAS		
Carga límite.....	1,000 gramos.	900 gramos.
Detonador con que debe usarse.....	Número 6 (un gramo).	Número 6 (un gramo.)
Temperatura de explosión calculada. Número de calorías por kilogramo de explosivo.....	1.666 grados. 536	1.639 grados. 602
Longitud de la flama producida por 100 gramos de explosivo.....	0 ^m .45	0 ^m .48
Duración de la flama por 100 gramos de explosivo.....	0.47 mls. de se- gundo.	0.53 mls. de se- gundo.

CARACTERÍSTICAS	Carbonita número 1	Carbonita número 2
Volumen de roca carbonífera arrancada por la carga límite. Diámetro del cartucho 271 ^{mm}	1 m ³	1 m ³ .407
Dilatación producida en el cilindro de plomo.....	240 cm ³ .	258 cm. ³

NOTA.—La mayor parte de los datos de esta Tabla fueron tomados de la obra "Testing Explosives" by C. E. Bichel.

VENTILACIÓN DE LAS MINAS

Los productos gaseosos engendrados por la explosión de las materias explosivas de buena calidad, son generalmente ácido carbónico, vapor de agua, ázoe y una pequeña cantidad de oxígeno.

El ácido carbónico ó gas carbónico, aunque no es, por decirlo así, venenoso como el óxido de carbono, no es respirable. Una atmósfera conteniendo un 30 por ciento de ácido carbónico, mata al hombre por asfixia, porque la sangre que llega á los pulmones después de haber recorrido el organismo, y que va cargada de dicho gas, no puede desembarazarse de él; y regresando al organismo en este estado, no se verificarán las funciones de la vida.

El gas carbónico produce sobre la piel una sensación de calor. Penetra al organismo animal no solamente por las vías respiratorias, sino también por la piel. Son bien conocidos los numerosos accidentes causados por el gas carbónico que emiten las cubas de fermentación y los hornos de cal.

El vapor de agua dificulta la respiración, cuando satura el aire.

El ázoe es un gas inerte, también impropio para la respiración, aunque forma el 75 por ciento de los gases que constituyen el aire atmosférico.

El oxígeno es el gas que mantiene la vida.

Cuando un explosivo es de mala calidad ó se ha descompuesto, ya sea por la acción del tiempo ú otra causa, y cuan-

do su explosión se provoca con un detonador débil, la composición de los gases de la explosión es muy variada, y se ha comprobado que casi todos son venenosos, predominando entre ellos el óxido de carbono.

El óxido de carbono es un gas muy venenoso. Una proporción de 5 por ciento de óxido de carbono en el aire basta para matar al hombre. Las personas que respiran un aire viciado por el óxido de carbono experimentan dolor de cabeza, vértigos, síncope, y finalmente la asfixia. Este envenenamiento se produce porque el gas se combina con los glóbulos de la sangre, impidiéndoles tomar el oxígeno necesario para el organismo.

Cuando un barreno es cargado excesivamente, en relación con la calidad del explosivo y la dureza de la roca, las paredes de aquél ceden antes de que el fenómeno de la explosión se haya verificado completamente, y se producen gases venenosos.

Cuando se usa la mecha, la atmósfera de la mina también se carga con los productos de la combustión de ésta, los cuales contienen el humo formado por las partículas de carbón no quemado y gases venenosos, entre los que se encuentra también el óxido de carbono. Además, como la combustión de la mecha se efectúa á expensas del oxígeno de la atmósfera de la mina, el efecto de dicha combustión es doblemente nocivo, porque consume oxígeno, que es el gas que sirve para la vida, y produce humo y gases nocivos.

De lo anteriormente expuesto se deduce: *Primero, la necesidad de ventilar las minas, aunque se usen explosivos de buena calidad. Segundo, la influencia nociva de la mecha. Tercero, que no deben usarse explosivos alterados, ya sea por el tiempo ó cualquiera otra causa. Cuarto, que debe emplearse una cantidad de explosivo limitada, de acuerdo con la naturaleza de la roca, evitando las cargas exageradas. Quinto, que deben emplearse detonadores adecuados al explosivo que se use y á la cantidad colocada en cada barreno.*

CAPITULO CUARTO

Almacenaje

Los explosivos nunca se deben almacenar con otras mercancías, ni mucho menos con materias inflamables, como alcohol, aguarrás, petróleo, etc.

Las cajas que contengan explosivos nunca deben ser arrastradas ni rodadas, sino que se removerán á brazo.

En la parte exterior de los almacenes de los explosivos debe haber un letrero escrito con caracteres muy visibles, que diga: "Almacén de Explosivos." "Se prohíbe disparar armas y fumar."

En un radio de un kilómetro de un almacén, vehículo ó depósito de explosivos, no deben dispararse armas de ninguna especie; porque si un proyectil llega á tocar á los explosivos, seguramente los hará detonar.

También debe evitarse que los explosivos almacenados sean sometidos á temperaturas elevadas, porque á la vez que aumenta su sensibilidad, se pueden descomponer y llegar á inflamarse ó estallar espontáneamente; además, los gases que producen los explosivos descompuestos en el momento de estallar en las minas, son venenosos. Por lo tanto, los explosivos deben almacenarse en lugares frescos. La temperatura interior de los almacenes no debe exceder de 40 grados centígrados.

Los rayos directos del sol descomponen á los explosivos nitrados en la misma forma y con las mismas consecuencias que lo efectúa el calor; pero su acción es más activa.

Los explosivos deben guardarse en lugares secos, porque por la acción de la humedad, la nitroglicerina tiende á separarse del absorbente, á cuyo fenómeno se le llama *exudación*. Como la nitroglicerina queda en estado libre, ofrece los peligros de su estado líquido. En los explosivos preparados con nitrato de potasa ó sosa, y especialmente con nitrato de amonio, estas sales absorben la humedad del aire, se disuelven y se separan de la masa general del explosivo, cuyos efectos dinámicos disminuyen considerablemente.

La mayor parte de los explosivos se descomponen por la acción del tiempo; por lo tanto, *no deben ser almacenados indefinidamente, sino que deben usarse lo más pronto posible*, después de su fabricación.

Los almacenes para los explosivos se construirán de materiales ligeros, para que, en el caso de una explosión, puedan ser reducidos á pequeños fragmentos. Se recomienda el adobe y el cemento armado, *pero no la piedra ni el ladrillo*. Deberán ser interiormente ventilados y protegidos de la acción directa de los rayos solares. Los techos deben ser, á la vez que impermeables y ligeros, malos conductores del calor, es decir, que no sean susceptibles de calentarse ó enfriarse excesivamente. La lámina de hierro galvanizado puede usarse, pero á condición de poner un cielo de madera en el interior del almacén, y establecer una circulación de aire entre el cielo y la lámina. Las puertas de los almacenes deberán abrirse hacia afuera. Las cajas de los explosivos no deberán sobreponerse á una altura mayor de dos metros, para que los hombres puedan tomarlos sin necesidad de escalera ó algún dispositivo por el estilo. En los almacenes donde haya explosivos, *por ningún motivo y en ningún caso deben guardarse detonadores, pues éstos deben estar aparte en un lugar seco. Tampoco deben guardarse materiales combustibles ó inflamables*.

Los almacenes sólo deben abrirse de día. Estarán rodeados de parapetos de tierra hasta una altura de dos metros arriba de su parte más elevada.

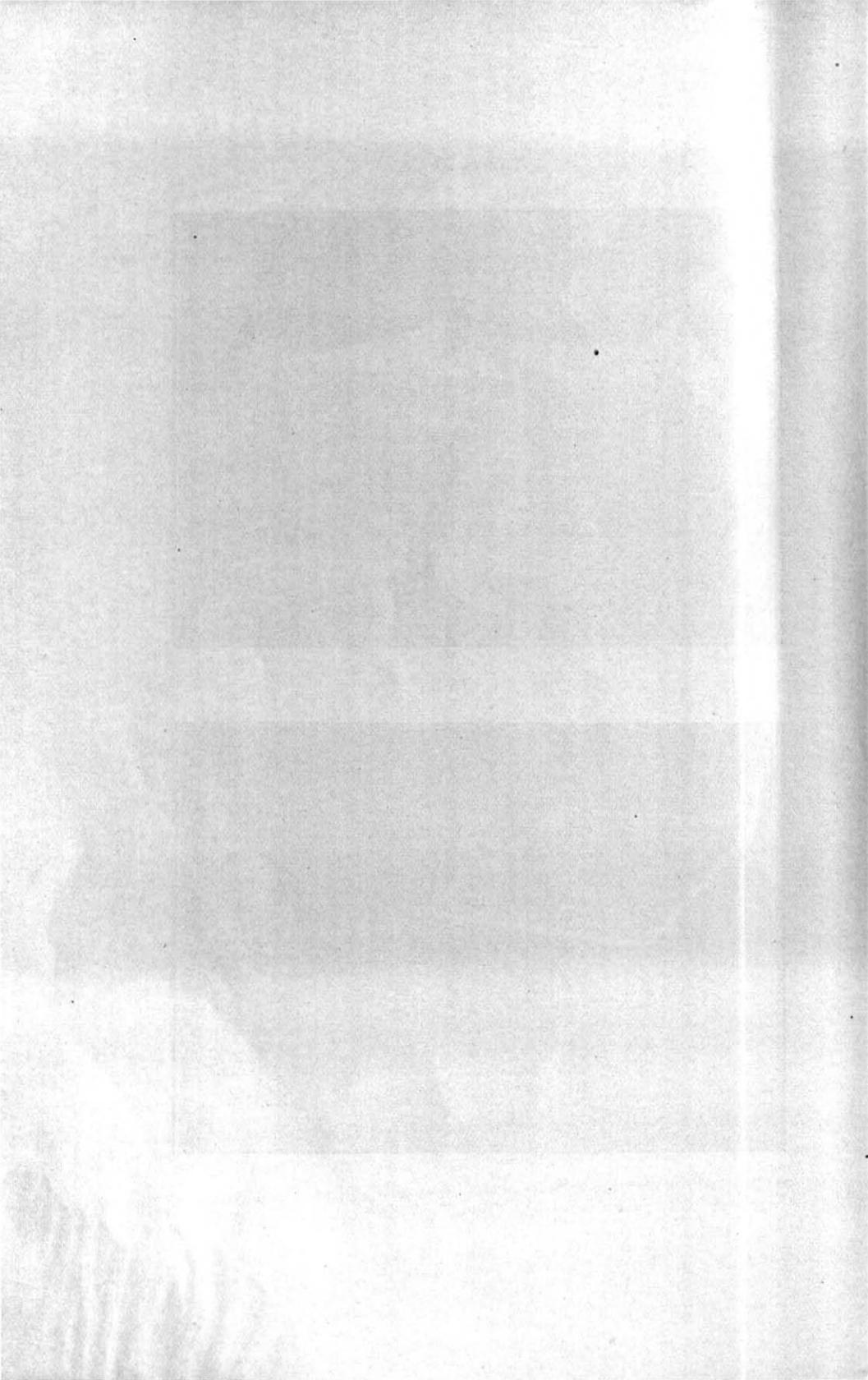
A inmediaciones de cada almacén de explosivos debe haber constantemente una persona encargada de su vigilancia.

Para desempacar los explosivos deben tomarse algunas precauciones. Las cajas ó empaques nunca deben golpearse; se abrirán con cuidado. Nunca se emplearán utensilios de hierro, sino de bronce. Las cajas clavadas se abrirán con un cincel de bronce, semejante al indicado en la lámina 19, *levantando un poco la tapa con el cincel, oprimiéndola después, para dejar libre la cabeza del clavo, y sacando éste con la uña del cincel*. (Lám. 20.)

Nunca deben abrirse las cajas de los explosivos en el interior de los almacenes.







TRANSPORTE

No deben transportarse en vehículos de ninguna clase *la nitroglicerina libre, las dinamitas exudadas, los cartuchos cebados ni los detonadores no empacados.*

Nunca deben transportarse en el mismo vehículo explosivos y detonadores.

No deben ocuparse en el transporte ó embarque de los explosivos á personas cuyas facultades mentales estén alteradas por el alcohol ó cualquiera otra causa.

En el transporte por carros, y durante las maniobras de embarque y desembarque, deben evitarse los choques y golpes de las cajas.

En los carros, las cajas no deben colocarse de canto, sino asentadas.

Los carros que transporten explosivos deberán cubrirse con toldos impermeables, para preservarlas de la acción del sol y de la lluvia.

Los explosivos no deben transportarse con otras mercancías, especialmente materias combustibles ó inflamables.

El fondo de los carros que transporten explosivos deberá estar cubierto con aspillera.

El transporte de explosivos solamente debe hacerse de día, exceptuándose el de ferrocarriles. No debe permitirse fumar á los arrieros y carreros encargados de transportar explosivos. Los lugares que se escojan en el camino para los altos y para pernoctar, deberán estar alejados de los poblados. Las linternas que se empleen para alumbrado *deberán estar alimentadas con petróleo, gasolina ni ningún aceite mineral.*

Cuando el transporte de explosivos se haga en varios carros, éstos deben marchar separados por distancias no menores de cien metros.

Se debe evitar el paso por los poblados á vehículos ó animales cargados con explosivos; pero cuando sea indispensable, se escogerán las calles más apartadas.

Los tiros de los carros no deben tomar otro aire que el del paso.

Las cargas de los explosivos transportados á lomo de mula

deben cubrirse con telas impermeables, porque el sol y la lluvia descomponen á los explosivos, alterando sus propiedades y haciendo peligroso su manejo y uso.

REGLAS GENERALES

Del número tan considerable de cuerpos explosivos inventados hasta hoy, sólo unos cuantos han obtenido un lugar en el mercado del mundo, y el resto no han sido aceptados por diferentes causas, entre las que se pueden citar la extremada sensibilidad al choque ó á la fricción, la producción de una grande flama ó la generación de gases venenosos durante la explosión; la extremada rapidez ó la relativa lentitud en la descomposición explosiva; la poca sensibilidad á la acción del detonador; y, por último, su elevado costo.

Los defectos anteriormente citados son solamente relativos, pues su influencia depende de las condiciones en que se use el explosivo. Así, en los trabajos á cielo abierto no hay inconveniente en usar explosivos de flama larga ó que produzcan gases nocivos. Si se trata de obtener la roca reducida á pedazos pequeños, se empleará un explosivo de descomposición muy viva (rompedor); y si se necesita obtener grandes blocks, se usarán explosivos de descomposición lenta.

Como en las minas la atmósfera está confinada, necesiándose una ventilación artificial para proteger la salud del personal que trabaja en ellas, *no se deberán usar los explosivos que produzcan gases venenosos.*

La dinamita de los cartuchos cuya envoltura haya sido abierta ó rota por cualquier causa, debe manejarse con cuidado, porque probablemente ha absorbido la humedad de la atmósfera y puede haberse exudado la nitroglicerina, siendo susceptible de untarse en las paredes del barrenó y hacer explosión durante la carga ó el ataque.

Durante el tiempo de la ejecución de la carga en el barrenó, debe tenerse cuidado de que los explosivos no queden próximos á flamas descubiertas, tales como las de las velas, y que no queden expuestos á las chispas que producen los choques del metal contra las rocas ó contra otro metal, pues

el descuido de estas precauciones ha causado muchos accidentes.

Las explosiones prematuras y retardadas, generalmente tienen lugar cuando se usan, para dar fuego, la mecha ó la cañuela, cuyas irregularidades son debidas, como se ha dicho ya, á la calidad del artículo ó á alguna avería producida al cargar ó atacar el barreno. Los retardos rara vez se producen con los detonadores eléctricos. Se recomienda especialmente á los mineros que, en caso de un retardo, *no regresen al sitio sino después de media hora.*

En el caso de una falla, no debe practicarse otro barreno. *á menos de 50 centímetros de aquel que falló.*

Ya se ha dicho que en las minas de carbón *sólo deben emplearse los explosivos PERMITIDOS*; pero durante los trabajos preliminares, apertura de tiros, socavones, etc., pueden usarse explosivos ordinarios. Cuando se encuentren los mantos de carbón, se emplearán explosivos *permitidos*, en casos en que los hombres deban permanecer dentro de la mina.

Deben señalarse horas fijas para pegar fuego á los cartuchos dentro de las minas de carbón, procurando que todo el personal de la mina se encuentre fuera de ella, con excepción de los pegadores y gaseros.

Si durante la explotación de una mina de carbón se encuentra alguna parte de roca, deben usarse los explosivos *permitidos*, porque también hay allí gases inflamables.

En la apertura de tiros y remoción de rocas por medio de los explosivos, se seguirán los métodos generales ya descritos. Tanto en estos casos como en los demás trabajos de minas, es de aconsejarse el uso de detonadores eléctricos, pues su seguridad compensa la diferencia de su costo.

Existe en algunas personas *la idea de que no es necesario atacar en el barreno las cargas de altos explosivos, porque su descomposición es muy viva. Tal idea es completamente errónea, y su falsedad ha sido demostrada por las experiencias efectuadas en las galerías de experimentación, de que se ha hablado ya.* Se ha observado que *las mayores presiones se obtienen cuando los explosivos son encerrados en el menor espacio posible.* Por lo tanto, una vez que las cargas han sido colocadas en el barreno, *deberán ser ence-*

rradas con materiales que proporcionen la más perfecta obturación, los cuales se atacarán fuertemente, llenando el barreno hasta la boca.

Para hacer estallar los altos explosivos nunca debén usarse detonadores, ya sean eléctricos ú ordinarios, cuya carga fulminante tenga un peso menor de 0^{gr}.80. El mayor rendimiento del explosivo compensa la diferencia de costo del detonador.

En la apertura de los tiros, cuando la tierra superficial del suelo ha sido removida y quedan descubiertas las primeras capas de las rocas, se hace necesario el uso de los explosivos. Como en estos lugares la ventilación es deficiente, el minero tiene que esperar á que se despejen los humos de cada disparo para poder acercarse. Para ganar tiempo, se aconseja detonar á la vez varios barrenos. Para esta clase de trabajo debe usarse la dinamita. Cuando las rocas sean muy duras, se empleará dinamita gelinita del 60 á 75 por ciento de nitroglicerina; en las menos duras, las del 50 por ciento. Para las rocas calcáreas se recomienda la dinamita del 40 por ciento. En la tierra dura ó arena compacta la del 30 á 20 por ciento.

En los casos en que una veta suave requiera el uso de un explosivo más fuerte que la pólvora negra y menos que la dinamita, se recomienda la pólvora granulada que contiene 5 por ciento de nitroglicerina, á la cual *se le dará fuego con un cebo de dinamita*. Esta pólvora se vende en México con el nombre de *pólvora Judson*. *Fuera de este caso excepcional, nunca debe cargarse un barreno con explosivos de distinta clase.*

En algunos trabajos, el fondo del barreno puede ser excavado con dinamita, antes de poner la carga de pólvora negra; pero entonces *no debe introducirse la pólvora sin cerciorarse de que la dinamita no dejó alguna partícula encendida.*

Las demoliciones de muros deben hacerse con dinamita fuerte.

En los casos en que se necesite de un explosivo fuerte, pero de descomposición no muy viva, pueden usarse las dinamitas con base de nitrato de amonio, de las cuales se venden de varias fuerzas. Estas dinamitas requieren deto-

nadores más fuertes que los ordinarios, y deben guardarse en lugares muy secos, porque fácilmente pueden tomar la humedad de la atmósfera.

En las minas muy húmedas y donde la ventilación es deficiente, se recomienda el uso de las dinamitas gelinitas, pues resisten mejor el efecto nocivo de la humedad y producen menor cantidad de gases; pero en cambio, necesitan detonadores más fuertes y son susceptibles de descomponerse durante su almacenaje en los climas cálidos.

El procedimiento más económico y más seguro para hacer estallar varios barrenos al mismo tiempo, es, indudablemente, el uso de los detonadores eléctricos. El antiguo método de dar fuego por medio de la mecha es peligroso é inseguro. En las minas en que se usa la mecha, frecuentemente se presentan casos de fallas, de explosiones incompletas ó deflagraciones, y en no pocas ocasiones ocurren accidentes; además, su combustión consume el oxígeno del aire, cargándolo de óxido de carbono y otros gases venenosos. En las labores poco ventiladas, la combustión de la mecha hace al aire irrespirable por un período de tiempo muy considerable. Por las razones expuestas en el curso de esta Cartilla, es de recomendarse la abolición de la mecha en los trabajos de las minas.

Nunca debe intentarse extraer de los barrenos la dinamita ó los detonadores que hubieren fallado, sino que se les pondrá un nuevo detonador y se hará estallar la carga.

Ninguna persona inexperta debe intentar preparar materias explosivas, pues la ignorancia de cualquier detalle ó el menor descuido han segado muchas vidas y causado considerables daños en la propiedad.

En todas las manipulaciones con las materias explosivas debe tenerse presente la siguiente máxima expuesta por el Profesor Cundill: "No hay que olvidar que los explosivos están destinados á hacer explosión."

DESTRUCCIÓN DE LOS EXPLOSIVOS

Para destruir la pólvora negra, lo mejor es arrojarla en alguna corriente de agua, cuando la disolución del salitre no perjudique á los hombres ó á los animales; de lo contra-

rio, se hace uso de barriles ó depósitos de agua, donde se disuelve el salitre agitando la pólvora. Si no hay agua ó la pólvora contiene nitroglicerina, se le dispondrá en reguero, poniéndole fuego en una de sus extremidades por medio de la mecha.

Si se trata de cartuchos de dinamita, se les quita primero el papel y después se les coloca unos á continuación de los otros. Se rocían con parafina fundida que no esté muy caliente. Después se enciende una de las extremidades del cordón de cartuchos, por medio de una mecha. Como puede producirse una explosión, es conveniente emplear una mecha larga y que el operador se coloque en lugar seguro. Los cartuchos se deben disponer de manera que el viento aleje la flama del explosivo, pues de lo contrario la inflamación será muy rápida y se producirá una explosión.

No se deben destruir de una sola vez más de dos kilos de dinamita. Si la cantidad que se debe destruir es mayor, el resto debe alejarse á bastante distancia (200 metros) del lugar destinado para la experiencia, porque la explosión puede propagarse á la dinamita no inflamada.

La operación debe hacerse, en cuanto sea posible, en suelo blando, para evitar las proyecciones en caso de una explosión.

Para destruir la dinamita helada debe obrarse con más precaución, porque la deflagración se transforma en explosión muy fácilmente.

En ningún caso se debe emplear el agua para destruir la dinamita, porque queda intacta la nitroglicerina y pueden producirse accidentes.

Con las carbonitas se debe operar lo mismo que con las dinamitas.

Los explosivos de nitrato de amonio, cuando no contengan nitroglicerina ni cuerpos venenosos, pueden ser puestos en agua; de lo contrario, se les coloca en reguero, en pequeños pedazos, y se les inflama con mecha.

Los detonadores se destruyen haciéndolos detonar con una mecha ó echándolos en una solución de ácido clorhídrico en 50 por ciento de agua. Los vapores que se desprenden son venenosos y no deben aspirarse.