

109  
28/11



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**FACULTAD DE INGENIERIA**



**LOS EXPLOSIVOS EN LA CONSTRUCCION PESADA**

**TRABAJO ESCRITO**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO CIVIL**

**P r e s e n t a :**

**HUMBERTO MANUEL MALDONADO COLIN**



**México, D. F.**

**1985**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

	INTRODUCCION .....	1
1.-	HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS .....	2
	1.- Clasificación general de los explosivos .....	4
11.-	CARACTERISTICAS DE LOS EXPLOSIVOS.....	5
	1.- Propiedades de los explosivos .....	6
11.A )	CLASIFICACION DE ROCAS .....	7
	1.- Definición y tipos de rocas .....	7
	2.- Tipos de rocas de acuerdo a su clase.....	9
	3.- Propiedades técnicas de las rocas.....	10
	4.- Índice de la dureza de algunas rocas, en la escala de Mo. hs..	12
	5.- Clasificación de densidad y velocidad sónica aproximadas.....	13
111.-	EXPLOSIVOS EN EL MERCADO.....	14
	1.- Pólvora negra.....	14
	1.a) Pólvora negra para voladuras.....	15
	2 La Dinamita.....	17
	2.a) Descripción de las dinamitas Dupont, S.A.....	18
	3 Agentes explosivos.....	22
	4.- Hidrogeles o explosivos licuados.....	26
	5.- Sistemas de iniciación .....	37
	5.a) No Eléctricos . .....	38
	5.b) Eléctricos.....	40
	5.c) Máquinas explosoras.....	45
	5.d) Instrumentos de prueba .....	46
	6.- Conexión de los circuitos de voladuras.....	48
	7.- El cebado .....	49
IV.-	TEORIA DE LAS VOLADURAS. ....	56
	1.- Valores típicos de impedancia acústica para algunos materia- les de interes .....	58
	2.- Determinación de la frontera de un barreno. ....	62

3.- Cálculo de la cantidad de explosivos de un barreno.....	64
4.- Cálculo de la carga explosiva (Nomenclatura).....	67
5.- Fórmulas básicas para voladuras de bancos.....	70
7.- Ejemplo de cálculo de una carga explosiva.....	76
8.- Cálculo de una voladura por el método sueco (OVERBURDEN).....	80
9.- Ejemplo de cálculo de ajuste para un barreno.....	81
10.- Recomendaciones prácticas para voladuras de bancos.....	90
V. - EJEMPLO DE UN DISEÑO PRACTICO DE VOLADURA .....	94
1.- Arreglos típicos de plantilla de barrenación .....	102
V.A.) Equipo de barrenación.....	104
1.- Compresores .....	105
2.- Perforadoras .....	105
3.- Tablas de rendimiento del equipo de perforación .....	108
C O N C L U C I O N E S .....	111
SIEMPRE Y NUNCAS ( ADOPTADO POR EL INSTITUTO DE FABRICANTES DE EXPLO SIVOS, FEBRERO 1, 1964 ).....	112
1.- Reglas para el polvorín de explosivos.....	122
* B I B L I O G R A F I A .....	124

## I N T R O D U C C I O N .

Desde tiempos muy remotos, en que el hombre empezó a evolucionar como tal y modificar su habiudad, buscó distintas alternativas que le facilitaran, la tarea de modificar su medio ambiente, de una manera más acelerada y práctica. Es así como empezó la utilización de los explosivos, tales -- como la pólvora, que su primer uso se le atribuye a los chinos, que la --- usaban como componente en los juegos artificiales, más tarde se le daría - uso en armas de fuego.

La aplicación de explosivos como herramientas del hombre para desarrollar trabajos que le facilitarían su vida diaria, tardó bastante en desarrollarse, no obstante un comienzo lento y difícil en la evolución de los explosivos, así como las características de éstas y los métodos para su utilización.

Los explosivos han venido a ser factor de un gran auge en el progreso de la humanidad, para alcanzar fines constructivos como lo son: La explotación de recursos minerales y localización de materias primas y combustibles (como el petróleo), así como en la construcción de grandes obras de Ingeniería ejemplo de éstas son las gigantescas obras hidráulicas, para la generación de energía eléctrica, y sistemas de riego.

Así también enormes sistemas carreteros que son la base de la Infra-estructura para el progreso de un País.

Es por esto que éste trabajo pretende ser una recopilación somera sobre qué son los explosivos y la aplicación de los mismos.

## "HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS"

### EXPLOSIVOS

#### 1a.- DEFINICION

Por explosivos se entienden aquellas sustancias de poca estabilidad química, que al incendiarse o detonar son capaces de producir una gran cantidad de energía, la que producirá una explosión. Si está confiada se aprovecha para separar la roca del banco.

Los explosivos que comunmente se utilizan en operaciones comerciales de voladura son, con algunas excepciones, mezcla de sólidos, o de sólidos y líquidos, que son capaces de una descomposición rápida y violenta, dando por resultado una conversión a grandes volúmenes de gas. La descomposición de un alto explosivo, tal como la dinamita, se efectúa con una gran rapidez en tanto que, en el caso de un bajo explosivo, tal como la pólvora negra se verifica mucho más lentamente la acción, simulando una combustión o quemado rápido.

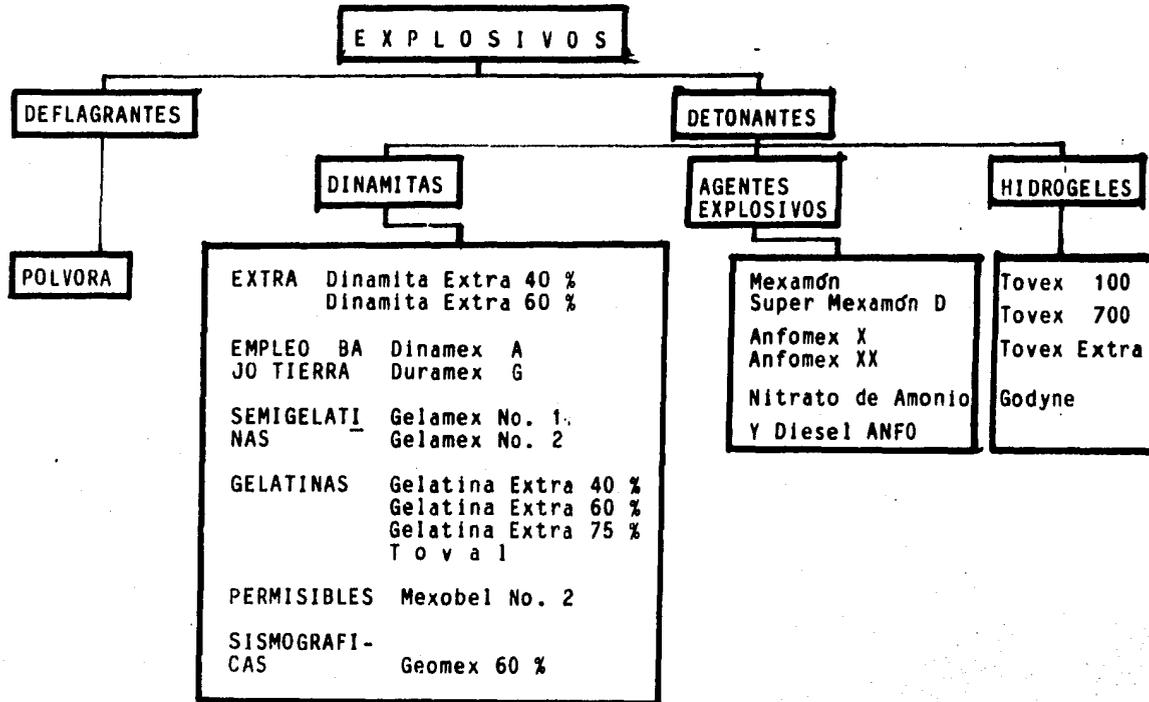
#### 1b.- BREVE RESEÑA HISTORICA DE LOS EXPLOSIVOS

Probablemente nunca se conozca al inventor de la pólvora. Su primer uso se ha atribuido a los chinos, los hindúes y a los árabes. Sin embargo, los escritos de Roger Bacon, en Inglaterra durante el siglo XIII, contienen instrucciones para la preparación de la pólvora negra (1) Durante tres siglos después de Bacon, se dejó sin explorar la capacidad de la pólvora negra para efectuar trabajo útil. Año de 1242.

- |      |   |
|------|---|
| 1689 | Se usa pólvora negra en las minas de CORNWALLS, INGLATE <u>RRA</u> .  |
| 1802 | ELEUTHERE IRENNE DU PONT , inicia la fabricación comercial de pólvora negra en América .<br>75 % Nitrato de Potasio<br>15 % Carbón<br>10 % Azufre |
| 1831 | WILLIAM BICKFORD, inventa en Inglaterra la mecha de seguridad (Núcleo continuo de pólvora envuelto por un tejido de cañamo, rayón y asfalto)      |
| 1846 | ASCANIO SOBRERO, un profesor de la Universidad de Turín en Italia descubre la Nitroglicerina.   |

- 1857 LAMMONT DU PONT, introduce una mejora de gran importancia técnica y económica. En lugar del muy costoso Nitrato de Potasio, utilizó el nitrato de sodio chileno que era mucho más -- barato.
- 1858 ALFRED NOBEL, diseña el primer fulminante razonablemente seguro y eficiente: una cápsula de estaño (posteriormente de cobre) llena con fulminante de mercurio
- 1866 ALFRED NOBEL, mezcla la nitroglicerina con un absorbente (tierra de infusorios Kieselgur) formando una sustancia sólida a la acción de un fulminante pero relativamente insensible a un golpe ordinario.
- 75 % Nitroglicerina  
25 % Tierra porosa (que no toma parte en la explosión).
- 1867 JOHAN NORRBIN Y J.V. OHLSSON, patentan el uso del nitrato de amonio con varios sensibilizadores y la nitroglicerina .
- 1870 JAMES HOWDEN, un químico de San Francisco, Cal. mejoró la dinamita sustituyendo la tierra porosa por una mezcla de azúcar carbonato de magnesio y nitrato de potasio, dando resultado un explosivo mejor y más potente.
- 1875 ALFRED NOBEL, disolvió algodón colodión (nitrocelulosa) en la nitroglicerina, esto dio como resultado una masa gelatinosa - más poderosa que la dinamita original ( es la antecesora de todas las dinamitas gelatinas)
- 1876 JULIUS SMITH inventa el primer estopín con alambre de punta - y de baja tensión.
- 1880 Se sustituye el azúcar con pulpa de madera como absorbente, - ( REPAUNO CHEMICAL COMPANY)
- 1902 Se inicia la producción comercial de estopines eléctricos.
- 1926 Se reemplaza el fulminante de mercurio por tetril como carga base en las cápsulas fulminantes.
- 1935 Aparece el primer agente explosivo.
- 1942 DU PONT, inicia la investigación sobre los hidrogeles.
- 1955 Se inicia la utilización del nitrato de amonio mezclado con aceite combustible como explosivo.
- 1957 Se comercializa la utilización de los hidrogeles.
- 1970 DU PONT, inicia el desarrollo de sus hidrogeles en cartuchos de pequeño diámetro.
- 1974 DU PONT, anuncia su decisión de reemplazar las dinamitas por los hidrogeles TOVEX.

# CLASIFICACION GENERAL DE LOS EXPLOSIVOS



Fuente Dupont, S. A.

CARACTERISTICAS DE LOS EXPLOSIVOS

	EXPLOSIVO	POTENCIA	VELOCIDAD M/SEG	RESISTENCIA AL AGUA	GASES TÓXICOS	DENSIDAD GR/CC	APLICACIONES
EXTRAS	Dinamita extra 40%	40%	3,100	Regular	Muchos		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajos al aire libre</li> <li>- Roca de mediana dureza</li> <li>- Aconsejable para moncos.</li> <li>- Su resistencia al agua es escasa</li> </ul>
	Dinamita extra 60%	60%	3,700	Regular	Muchos	1.29	
BAJO TIERRA	Dinamex A	60%	3,000	Buena	Muy pocos	1.23	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajos de descapote</li> <li>- Terrenos de media dureza</li> <li>- Para carga de columna</li> <li>- Explotación del material suave.</li> <li>- Para Smooth blasting.</li> </ul>
	Duramex G	25%	2,700	Ninguna	Pocos	1.00	
SERIE GE LATINAS	Gelamex No. 1	60%	4,000	Muy buena	Muy pocos	1.28	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excavaciones subterráneas</li> <li>- Para materiales de mediana a no excesiva dureza</li> <li>- Gran versatilidad</li> </ul>
	Gelamex No. 2	45%	3,800	Buena	Muy pocos	1.16	
GELATINAS	Gelatina extra 40%	40%	4,400	Excelente	Muy pocos	1.57	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apropriadadas para usarse bajo tierra ó en trabajos de superficie en las más adversas condiciones de humedad</li> <li>- Uso de rocas muy duras</li> <li>- Bajo cualquier tipo de condiciones</li> </ul>
	Gelatina extra 60%	60%	4,700	Excelente	Muy pocos	1.44	
	Gelatina extra 75%	75%	5,000	Excelente	Muy pocos	1.39	
	Tonal	75%	4,000	Excelente	Muy pocos	1.60	
P.	Maxotel No. 2	60%	2,700	Regular	Muy pocos		- Para minas de carbón
SISA.	Geomex 60%	60%	6,000	Excelente	Muchos	1.47	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñada para exploración sísmológica</li> <li>- Soporta presiones hidrostática,argas exposiciones en agua</li> </ul>
MAYORES EXPLOSIVOS	Mezclón						
	Super Mezclón D	60%	3,000	Regular	Pocos	0.68-0.75	
	Anfoam X						
	Anfoam XX						
MAYORES EXPLOSIVOS	Tovux 100	40%	3800-4100	Excelente	Muy pocos	1.10	Diam. de 7/8" a 1 1/4"
	Tovux 700	60%	4,300	Excelente	Muy pocos	1.20	Diam. de 1 3/4" a 3"
	Tovux Extra		5,500	Excelente	Pocos	1.35	Diam. de 4" a 8" Requiere del "Gatonex"

## PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS

Entre las principales propiedades de los explosivos se encuentran las siguientes:

POTENCIA. - Es el contenido de energía de un explosivo que, a su vez, constituye la fuerza y poder que desarrolla y el trabajo que es capaz de efectuar.

DENSIDAD. - En la mayoría de los agentes explosivos y explosivos de gran diámetro, la densidad se compara con la del agua y se expresa en gramos por centímetro cúbico. Generalmente, la densidad variará desde un mínimo de aproximadamente 0.4 grs/cm<sup>3</sup>, a un máximo de 2 gr/cm<sup>3</sup>.

SENSIBILIDAD. = La sensibilidad de un explosivo o de un agente explosivo es una medición de su capacidad de propagación.

VELOCIDAD .- La velocidad es una medida de la rapidez con que viaja la onda de detonación a través de una columna de explosivos, los datos de velocidad se refieren a una columna de un diámetro de 1 1/4 -- pulgada.

RESISTENCIA AL AGUA. - Es la capacidad de un explosivo para resistir los efectos del agua.

RESISTENCIA A LA CONGELACION. - Capacidad de un explosivo para resistir bajas temperaturas sin congelarse.

INFLAMABILIDAD. - Es la facilidad con la que un explosivo puede incendiarse.

EMANACIONES. - Gases que se obtienen como resultado de la detonación de explosivos y agentes explosivos comerciales, son principalmente dióxido de carbono, nitrógeno y vapor, éstos no son tóxicos (en el sentido ordinario). Además se producen otros gases venenosos, incluyendo el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno.

SENSITIVIDAD. - Es la medida de la habilidad de iniciación como son las pruebas de caída y fricción.

## CLASIFICACION DE ROCAS

### Definición y tipos.

En un sentido amplio, las rocas son agregados de minerales, las principales excepciones son los productos de descomposición orgánica, como el carbón de piedra, los vidrios volcánicos y la obsidiana.

Para el "Ingeniero" el término roca significa firme y coherente, o sustancias consolidadas que normalmente no se pueden excavar valiéndose únicamente de métodos manuales.

Con relación a su origen, las rocas se agrupan en tres grandes clases en: Igneas, sedimentarias y metamórficas.

### ROCAS IGNEAS

A las rocas ígneas comúnmente se les llama roca primaria. Son rocas que se han solidificado de una masa fundida llamada magma dentro de la tierra (rocas intrusivas), o de lava cuando han sido expulsada sobre la superficie de la tierra (rocas extrusivas) Las rocas ígneas deben la variación de sus características importantes a las diferencias de composición química de la masa fundida original y a diferencias de las condiciones físicas en las que la masa fundida solidifica.

### CLASIFICACION DE LAS ROCAS IGNEAS

La composición química y la textura se utiliza para clasificar las rocas ígneas.

#### Detalles principales de las rocas IGNEAS:

- a).- Estructura fluidal.- Obsidiana, y las rocas extrusivas de grano fino.
- b).- Estructura vesicular ó escoriáceas.- En rocas extrusivas ígneas.
- c).- Estructura laminar o escamosa.-- Puede encontrarse en algunas rocas ígneas de grano grueso.
- d).- Estructura columnar.- Se encuentra esta forma estructural comúnmente en las intrusiones basálticas.

## ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias, también conocidas como rocas estratificadas son de origen secundario. Están formadas por masas en forma de capa de sedimento, que han endurecido por cementación, compactación o recristalización incipiente. El material inorgánico que entra en la composición de la mayor parte de las rocas sedimentarias proviene de la desintegración y descomposición de rocas preexistentes (ígneas, sedimentarias y metamórficas).

Para analizar su contenido mineral, las rocas sedimentarias se dividen en tres principales : Arena, arcilla y cal.

Los tipos de arena y arcilla son principalmente clásticos. Los tipos calizos incluyen precipitados y carbonatos de calcio de origen orgánico .

### DETALLES PRINCIPALES DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Un detalle universalmente prevalente de las rocas sedimentarias es su estratificación, indicada por las diferencias de composición, textura, dureza, color, dispuestos en bandas aproximadamente paralelas. Estos estratos pueden ser horizontales, o casi horizontales, como fueron depositados originalmente, los fósiles, que son restos o impresiones de animales y plantas, no son detalles estructurales, pero son importantes para la identificación en el campo de las rocas sedimentarias.

### LAS ROCAS METAMORFICAS

Las rocas metamórficas son las que se forman de rocas ígneas o sedimentarias preexistentes, como resultado de un ajuste forzoso de éstas rocas a medios diferentes de aquellos en que originalmente se formaron. Este ajuste puede consistir en la formación de la roca, de nuevas estructuras, texturas o minerales o de todos ellos.

### CLASIFICACION DE LAS ROCAS METAMORFICAS

Las rocas metamórficas, en función de su estructura primaria, se dividen fácilmente en dos grupos foliadas y no foliadas. Las rocas metamórficas foliadas presentan una estructura primaria orientada en capas como resultado de la presión diferencial a la que fueron sujetadas. Las rocas metamórficas no foliadas o macizas no presentan los detalles estructurales primarios. El metamorfismo se ha limitado aparentemente al proceso de recristalización sin el efecto de la presión diferencial.

Tipos de roca.- En las tablas siguientes se listan las rocas de -  
acuerdo a su clase, de plásticas a frágiles o quebradizas.

CLASE A

Yeso  
Pizarra muy suave  
Arcilla  
Roca desintegrada

CLASE B

Caliza Suave  
Pizarras Suaves  
Caliza Carbonífera  
Calcita  
Roca Medio Desintegrada

CLASE C

Caliza de Mediana dureza  
Arenisca - suave  
Pizarra de Mediana Dureza  
Pizarra Arenisca  
Caliza semi-silicosa

CLASE D

Caliza dura  
Pizarra Dura  
Pizarra Bituminosa  
Caliza Cristalina  
Caliza Silicosa

CLASE E

Granito suave  
Hematita  
Roca Sílica Estratificada  
Mica, Esquistos  
Silica en Roca

CLASE F

Cuarzo  
Cuarcita  
Conglomerado de Cuarzo  
Marmol  
Granito de Mediana Dureza  
Arenisca - Dura

CLASE G

Granito Duro  
Cuarcita de Grano fino  
Silico Dura  
Tactita

Las clases anteriores de roca pueden generalmente subdividirse en -  
plásticas (A-C) y frágiles (D-G). En la clasificación anterior se han des-  
considerado algunos factores como la solidez y la elasticidad.  
Como un ejemplo, la caliza cristalina no es plástica, pero es elástica, y  
en consecuencia requiere de un explosivo más lento.

## PROPIEDADES TECNICAS DE LAS ROCAS

Si se expone a la intemperie un tiempo suficientemente largo, la roca más durable y más dura se descompone, por los agentes físicos y químicos en un material suelto, sin consolidación o suelo, por lo tanto, las propiedades físicas de una roca dependen en gran parte del grado de intemperismo. En las rocas frescas, que no han estado expuestas a la intemperie, las propiedades físicas se afectan por las propiedades de los componentes minerales, el grado en el que los minerales están unidos entre sí, el tamaño y disposición de los granos que producen las estructuras orientadas y la foliación, y el grado de fracturación, fisuración y estratificación de la masa de roca, las propiedades físicas son las menos variables en las rocas ígneas excluyendo los efectos de la fracturación. Las rocas sedimentarias, por otra parte, son tan variables, que es difícil definir las propiedades físicas que pueden variar entre límites amplios. Se pueden establecer el promedio de las propiedades para las muestras sanas o inalteradas, de los tipos más comunes de roca, pero en la práctica cada depósito tiene que valorizarse individualmente.

Algunas de las propiedades importantes de las rocas que tienen significación en la Ingeniería son el peso, porosidad, resistencia y dureza la durabilidad y la tenacidad.

Las rocas más pesadas son las ígneas oscuras y las rocas metamórficas, como el basalto, gabbro y algunos esquistos, que tienen un peso específico promedio de 2.9 a 3.2. Las demás rocas densas, compactas, como el granito, la pizarra, el mármol y algunas calizas, tienen un peso específico de aproximadamente 2.5 a 2.8. Las ligeras rocas sedimentarias y las volcánicas, como la tiza, la toba y la pomez son generalmente tan ligeras que flotan en el agua, en general, las rocas más fuertes son las más densas, y las más débiles son las más porosas.

La porosidad del granito y rocas ígneas semejantes y la mayor parte de las rocas metamórficas es baja, generalmente menor del 1%. El basalto es semejantemente denso, pero algunas zonas pueden tener muchas cavidades pequeñas (vesiculares) y en otras pueden ser extremadamente vesicular.

La porosidad de la caliza varía de 0.5 a 15 % y en los tipos raros, como la coquina, hasta 25 % . La porosidad de la arenisca es típicamente elevada, variando del 5 al 25 % .

Entre las rocas más fuertes y más duras están las cuarcitas, las rocas ígneas como el granito y el basalto, el neis sano, y algunos esquistos, se pueden obtener resistencias a la compresión de 1,054.65 a 2,109 Km/cm<sup>2</sup> o más. Algunas de las areniscas más duras o densas y las calizas silíceas se aproximan a estas resistencias. La mayor parte de las calizas, mármoles, dolomitas, y areniscas, sin embargo, tienen una dureza y resistencia intermedias, con resistencias a la compresión de unos ---- 175.77 a 1,054.65 o 1,406.20 kg/cm<sup>2</sup> .

Entre las rocas más débiles y más blandas están las tobas, la pizarra, la tiza, la arenisca blanda, las sales y el yeso.

Las rocas más blandas se cortan fácilmente con herramienta de mano.

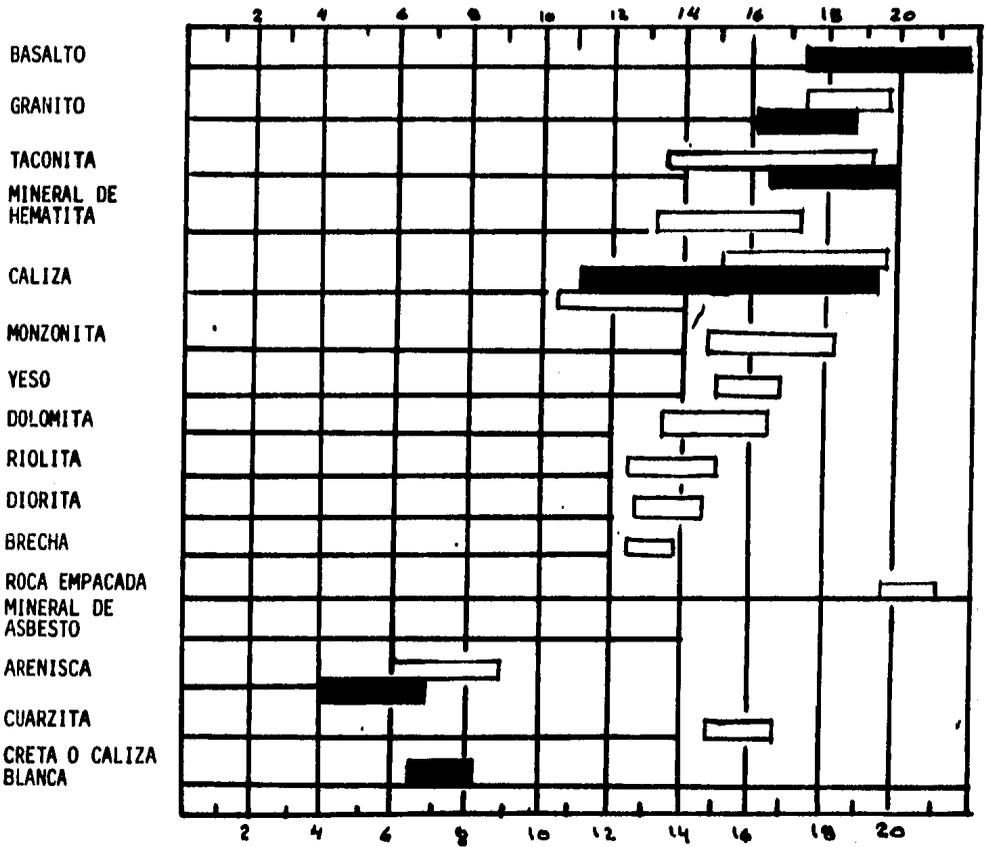
La mayor parte de las calizas y los mármoles se pueden aserrar.

Las areniscas, las rocas ígneas, y las metamórficas compuestas de cuarzo y otros minerales duros no se pueden aserrar ni cortar fácilmente. Las rocas más durables son las ígneas y las cuarcitas y neises macizos, pero no resistentes al fuego el cual las agrieta y desconcha. De estas rocas, las variedades de grano fino, como el basalto, son más tenaces generalmente y se comportan mejor bajo el efecto del desgaste que las -- variedades de grano grueso. Las rocas metamórficas foliadas y laminadas, como el esquisto y la pizarra, son duras. Pero se exfolian con facilidad y se fracturan cuando se desgastan. En general, las calizas y las areniscas son moderadamente tenaces cuando se someten a fuerzas de desgaste. La caliza y la arenisca son cemento calizo se corren cuando el agua o la atmosfera contienen ácidos. La tiza y algunas tobas son blandas y fáciles de manejar en la construcción, pero endurecen por exposición. Las arcillas laminares son débiles, y tienden a ablandarse cuando están mojadas, y se desintegran rápidamente cuando están expuestas a la intemperie.

INDICE DE LA DUREZA DE ALGUNAS ROCAS, REFERIDA A LA ESCALA DE MOHS.

ROCAS O MINERAL	INDICE DE DUREZA
Diamante	10.0
Cuarzo	7.0
Basalto	7.0
Hortstano	6.5 ROCAS DURAS
Feldespató	6.2
Gneises	6.2
Esquisitos	5.0
Magnetita	4.2
Granito	4.0
Areniscas	3.8 ROCAS MEDIAS
Dolomitas	3.7
Rocas calizas	3.3
Pizarra	3.1
Lutitas	3.1
Calcita	3.0 ROCAS SUAVES
Antracitas	3.0
Mármol	3.0
Carbón bituminoso	2.5
Mica	2.3 ROCAS MUY
Yeso	2.0 SUAVE
Talco	1.0

VELOCIDAD SONICA DE LA ROCA  
(x 10<sup>3</sup> ft./seg.)



Otra literatura  
 Fuente Dupont

### III. EXPLOSIVOS EN EL MERCADO.

#### 1.- POLVORA NEGRA

Las pólvoras negras son "bajos explosivos" o deflagrantes y ésta - clasificación las separa de los "altos explosivos" o detonantes, tales - como la dinamita. Las pólvoras están compuestas de mezclas muy íntimas de azufre, carbón y un nitrato que puede ser de potasio, o de sodio.

Las pólvoras se queman progresivamente a través de un período relati- vamente sostenido, en contraste con los explosivos detonantes los cuales se descomponen muy rápidamente.

Las pólvoras negras son los más lentos de todos los explosivos. Tie- nen una acción de empuje y de corte que produce un material grande y de fragmentos firmes. Su acción se deriva de un relativamente lento desarro- llo de presión de gas, de tal modo que deben cargarse cuidadosamente y - confinarse mucho. Los bordos de una barrenación deben estar bien balan- ceados ya que tienden a ceder en los puntos débiles.

Las pólvoras negras se fabrican en dos formas: en granos finos y en granos gruesos.

En el pasado, la pólvora negra fue el único agente utilizado en vola- duras. Hace mucho tiempo que ha sido rápidamente desplazada por las di- namitas en las voladuras generales, aunque todavía se emplea la pólvora negra para aplicaciones específicas en donde son deseables acciones len- tas de empuje. La acción propelente de la pólvora negra es una caracte- rística importante en ciertos tipos de voladuras ya que puede utilizarse para alcanzar y regular el desplazamiento. por ejemplo en el minado y -- extracción de piedra sólida para escolleras, piedras para edificios y - granito para monumentos.

La pólvora negra se deflagra con una llama caliente. Debido a esto el Gobierno Federal y el de varios Estados han puesto en vigor leyes que restringen su uso en minas de carbón subterráneas. Las personas que deci- den utilizar pólvora negra en minas subterráneas deben familiarizarse - con todas las Leyes Federales y Estatales pertinentes.

Las pólvoras negras tienen un amplio campo de usos muy especiales y de posibles aplicaciones como fuentes de calor, elevadas temperaturas, -- presiones, y volúmenes de gas para diferentes efectos de energía, ya sea mecánica o térmica. Mucha de la pólvora negra fabricada en la actualidad se utiliza en mucha de seguridad, en dispositivos militares en los que la

llama caliente de la pólvora negra se emplea para encender sustancias tales como combustibles y otros propelentes. En muchas aplicaciones militares, las pólvoras negras no tienen sustituto. La velocidad de quemado de las pólvoras negras puede regularse ampliamente para mechas y otros dispositivos.

Las pólvoras negras también tienen uso en la pirotecnia y todavía se fabrica pólvora negra para armas de fuego deportivas.

### PROPIEDADES

SENSIBILIDAD.- Todas las pólvoras negras son relativamente insensibles al choque, a la fricción y a la electricidad estática; sin embargo, cualquier tratamiento que produzca una chispa o calor de suficiente temperatura y cantidad (encenderá la pólvora negra.)

IGNICION .- Las pólvoras negras se encienden instantáneamente alrededor de 300 ° C. No deben estar expuestas por largo tiempo a temperaturas superiores a 100° C. La ignición puede efectuarse por cualquier llama, chispa, alambre eléctrico o superficie caliente, y por accesorios para voladura tales como encendedores eléctricos, estopines eléctricos y cordón detonante.

VELOCIDAD.- Las pólvoras negras tienen velocidades que se han valuado en algunas ocasiones desde 170.68 m/seg. para granulaciones muy gruesas hasta 630 m/seg para granulaciones más finas.

GASES.- Cuando explotan las pólvoras negras producen considerables cantidades de humo y otros gases. Entre los últimos está el altamente tóxico monóxido de carbono, que se forma en grandes cantidades. -- Por lo tanto, las propiedades de los gases de la pólvora negra están clasificadas como "pobres" y debe proporcionarse ventilación adecuada para que se pueda utilizar con seguridad bajo tierra o en otros lugares confinados.

### POLVORA NEGRA PARA VOLADURAS

La pólvora negra para voladuras es un material granular empacado a granel y en recipientes metálicos.

Existen dos tipos de pólvora negra para voladuras. La pólvora negra para voladuras "A" que contiene nitrato de potasio, y la pólvora para voladuras "B" que contiene nitrato de sodio en lugar de la sal de potasio.

En ambas pólvoras, los ingredientes son azufre y carbón. Debido al tipo de nitrato utilizado, la pólvora para voladuras "A" es considerablemente más rápida, un poco más fuerte y algo menos higroscópica que la pólvora para voladuras "B".

La velocidad de quemado de la pólvora negra para voladuras está -- controlada por el tamaño del grano ya que entre más fina sea la granulación, más rápida será la pólvora.

USOS.- Además de su uso en la mecha de seguridad, la principal -- aplicación no militar de la pólvora para voladuras "A" está en la obtención de piedra para construcción.. También se usa en fuegos artificiales.

La pólvora para voladuras "B" se emplea principalmente en operaciones de despalme de carbón y en minas subterráneas que no son gaseosas. Otros empleos incluye la monerfa de arcilla y pizarra.

Las pólvoras de grano grueso son productos diseñados principalmente para voladuras en barrenos de diámetro pequeño, en tanto que las pólvoras de granos menores son explosivos que se utilizan a granel para voladuras más grandes.

Las pólvoras de grano grueso son más convenientes en su uso y más seguras para manejar que las pólvoras de grano más pequeño, ya que existe menor peligro producido por los derrames. El papel de envoltura en las cajas de fibra en la que los cartuchos están empacados, un recipiente no conductor que reduce a un mínimo los riesgos del manejo de pólvora en operaciones donde se utiliza equipo eléctrico.

#### DESTRUCCION

La pólvora , puede destruirse colocándola en agua y tirando el agua en un lugar del residuo. Esto puede efectuarse excavando un pozo en terreno poroso, colocando la pólvora dentro de él y disolviendo el nitrato con copiosas cantidades de agua. A continuación puede cubrirse el residuo con tierra.

## LA DINAMITA

La dinamita son explosivos que se descomponen por detonación, en un proceso extremadamente rápido, casi instantáneo, que naturalmente ocasiona que el efecto de estos explosivos sea igualmente rápido y violento.

Al seleccionar una dinamita para una finalidad determinada, deben tenerse en cuenta muchos factores. Las consideraciones más importantes deben versar sobre el material que va a volarse, su densidad, dureza, estructura, etc., el grado de fragmentación que se desea, la humedad ó sequedad de los barrenos, la cantidad de ventilación(en trabajos subterráneos). En cada voladura se presenta una combinación de estas condiciones, de aquí que deba -- seleccionarse una dinamita que reúna las propiedades adecuadas y que este - empacada correctamente.

Existe en el mercado varios tipos de dinamita y cada tipo se subdivide en diversas clases, difieren de los demás en una ó más de sus características ó propiedades que se verán más adelante.

Las dinamitas tienen diversas velocidades, desde 1200 hasta 7000 metros por segundo. A medida que aumenta la velocidad el explosivo produce un efecto mayor de rompimiento. La fuerza y la densidad influyen también en dicho efecto, de manera que las tres propiedades deben considerarse al hacer la selección final, de un explosivo.

Resistencia al Agua.- Los explosivos violentos difieren mucho en cuanto a su resistencia al agua. Las gelatinas son prácticamente impermeables - Alguna de las dinamitas amoniacaes de gran densidad tienen bastante resistencia al agua, mientras que las dinamitas amoniacaes de baja densidad y - las llamadas "permisibles" o "permitidas" tienen muy poca o ninguna resistencia.

Inflamabilidad.- En el caso de las dinamitas varía desde algunos tipos que se incendian con facilidad y se queman violentamente, a otros que no sufren combustión a no ser que se les aplique directamente o continuamente - alguna flama exterior.

Emanaciones.- Nunca deben confundirse los gases de las emanaciones que ya se explicaron con el humo de la explosión.

Empacado.- La dinamita se empaca en México en cajas de cartón laminado que contiene 25 Kg. netos. Dentro de la caja, el explosivo se empaca en una bolsa de polietileno que la protege de la humedad.

## DESCRIPCION DE LAS DINAMITAS DUPONT, S. A.

Dinamita regulares, este tipo de dinamita contiene nitroglicerina con el único material que es en sí un explosivo y se fabrican en una serie de grados, con potencias variables de 30 % y 60 %. Las dinamitas más usadas son las de 50 % y 60 % de potencia.

### DINAMITA EXTRA

Es una dinamita amoniacal con potencia desde 20 % hasta 60 %, viene en cajas de 25 Kg. netos. Se utiliza en donde el material por romperse es de dureza mediana. Se fabrica en 40 % y 60 % de potencia.

### DINAMITA EXTRA GRANULADA

Está formulada para tener máxima fluidez en donde sea deseable vaciar dinamita.

Debido a las características de fluidez y de baja velocidad de las dinamitas granuladas, éstas son particularmente adecuadas para la producción de escolleras.

### TOVAL 2

Es una dinamita amoniacal que puede utilizarse en sitios en donde las condiciones no son lo suficientemente severas para justificar explosivos de mayor precio. Tiene una densidad de 1.60 gr/c.c , una gran resistencia al agua y produce muy pocos gases tóxicos.

### DINAMITA EXTRA DUPONT

Estas dinamitas son explosivos al nitrato de amonio, sensibilizadas con nitroglicerina, pero con una potencia en peso constante en toda la serie. En la serie de alta velocidad existen 8 densidades diferentes denominadas por las letras A a la H y en la 2a. serie, 7 densidades denotadas -- por la letras A-1 hasta G-L. La 2a serie difiere en la velocidad de detonación menor. Tanto la dinamita Extra Dupont de alta como de baja velocidad se utilizan extensamente en el minado de materiales suaves, calizo, yeso sal, arcilla y materiales similares.

### GELATINA

La base explosiva de la dinamita gelatina es una gelatina formada por algodón azótico y nitroglicerina. La nitroglicerina gelatinizada puede variar en consistencia desde un líquido viscoso y espeso hasta una sustancia maciza con apariencia de hule.

Es insoluble en agua y tiende a proporcionar resistencia al agua en otros materiales a los que cubre o forma parte de ellos. Bajo el nombre de gelatina Dupont se vende una serie de grados que contienen algodón azótico y nitroglicerina como único ingrediente explosivo, y tienen diferentes potencias que varían desde 20 % hasta 90 %. Estos grados están clasificados como gelatinas regulares y corresponden a las dinamitas regulares en los grupos gelatinosos.

Estos explosivos son densos, plásticos cohesivos y altamente resistentes al agua.

Cuando un explosivo gelatina está confinado a barrenos alcanzan altas velocidades de detonación, dando por resultado una acción rápida y fragmentadora. Esta alta velocidad combinada con su alta densidad hacen de los diferentes grados de las gelatinas, un explosivo muy efectivo en trabajo fácil y duro y en las operaciones en donde se desea un máximo efecto de fragmentación.

Las gelatinas no son muy usadas como explosivos de amplio uso en general debido a su elevado costo.

#### GELATINA 100 %

Es esencialmente nitroglicerina gelatinizada con diferente algodón azótico para producir una masa gelatinosa de consistencia de hule.

Se utiliza principalmente en disparos de barrenos profundos y para cortar el acero.

#### GELAMEX No. 1 Y GELAMEX No. 2

Son una serie de dinamitas semigelatinas que combinan la economía de las dinamitas extra, con la resistencia al agua y la cohesividad proporcionada por la nitroglicerina gelatinizada. Producen muy pocos gases tóxicos.

#### GELATINA ESPECIAL

Difieren de las gelatinas regulares en que una porción de la potencia es producida por el nitrato de amonio.

#### GELATINA EXTRA 60 %

Apropiada para usarse en donde el material es difícil de romperse, tiene una velocidad de 4,700 m/seg. y una densidad de 1.44 grs/c.c.

Para que un explosivo sea considerado dentro del rango de uso permisible debe cumplirse con los siguientes requisitos:

- 1.- Que el explosivo sea en todos aspectos similar a la muestra señalada por el fabricante para su evaluación.
- 2.- Que se dispare con un estopín eléctrico de potencia no menor a la -- número seis.
- 3.- Que se almacene en polvorines superficiales bajo condiciones adecuadas y por no más de 48 hrs. bajo tierra.
- 4.- Que el explosivo esté adecuadamente confinado en un barreno retacado con un taco no combustible.
- 5.- Que la carga no se dispare en presencia de un porcentaje peligroso de gas.
- 6.- Que la cantidad utilizada no exceda 0.5 kg. al dispararse.

MEXOBEL No. 2 ( Permisibles de alta velocidad)

Apropiado para minas de carbón con una cantidad mínima de gases tóxicos y una resistencia regular al agua .

Existe otro grado de baja velocidad llamado Mexomit

GEOMEX 60 %

Diseñada para explosión sísmica con una velocidad de 6000 m/seg. que es de las más altas alcanzadas por las dinamitas y una densidad de 1.47 grs/c.c. así como una gran resistencia al agua, tiene el inconveniente de - producir muchos gases tóxicos.

NUMERO DE CARTUCHOS POR CAJA DE 25 KGS. NETOS.  
 (Estas cifras tienen un margen de variación de 3 %)

CLASES DE DINAMITA	2.22 x 20.32	2.857 x 20.32	5.08 x 40.64	5.71 x 40.64	6.35 x 40.64	7.62 x 40.64	12.70 x 40.64
	Cms. 7/8 x 8"	Cms. 1 1/8 x 8"	Cms. 2 x 16 "	Cms. 2 1/4 x 16 "	Cms. 2 1/2 x 16"	Cms. 3 x 16"	Cms. 5 x 16"
Dinamita extra 40 %	242	151	18 - 20	20	14	10	-
Dinamita extra 60 %	242	151	18 - 20	20	14	10	-
Toval	-	-	14 - 15	-	11	7	3
Gelatina extra 30 %	193	123	-	14	12	7	
Gelatina extra 40 %	196	126	14 - 15	14	12	7	
Gelatina extra 60 %	207	135	16	15	12	9	
Gelatina extra 75 %	216	143	16	16	12	9	
"Gelamex" No. 1	236	150	18	21	15	11	
"Gelamex" No. 2	261	165	20	21	15	11	
"Mexobel" No. 2		201	-	25	20	14	
"Duramex" G	309	204	-	25	20	14	
"Dinamex" A	264	171	-				
Geomex sin cople 60 %				16		8 - 9	

"Geomex" con cople 60 % en 2 1/2 x 24" - 10 cartuchos (tubo de plástico)

Granulado 1 bolsa de 25 Kgs.

Fuente : Dupont, S. A.

## AGENTES EXPLOSIVOS

Un agente explosivo comercial es un compuesto o mezcla química insensible, que no contiene ingredientes explosivos y que pueda hacerse detonar cuando se inicia con un cebo explosivo de alta potencia.

Generalmente existen dos grupos especiales de compuestos insensibles a la cápsula que hacen disponibles a este tipo de producto en un amplio -- rango de densidad con un contenido de energía variable y con diferente resistencia al agua.

El primer grupo está clasificado como materiales oxidantes debido a -- que no contienen altos explosivos y se conocen como nitrocarbano-nitratos.

En el segundo grupo están los que contienen altos explosivos sin nitro glicerina.

Las ventajas ofrecidas por estos compuestos o mezclas sin nitroglicerina, sin duda las más importantes son la seguridad en el manejo, uso y su bajo costo. Otras ventajas importantes de estos dos grupos son: Empaque -- en recipientes metálicos sellados de tal modo que su resistencia al agua -- es ilimitada, no producen dolores de cabeza debido a su empaque y a la -- falta de nitroglicerina, no se congelan y son de más confiabilidad y acción en el disparo.

Los diferentes grados de agentes explosivos se dividen en categorías de uso general: Tipos encartuchados, sismográficos, los grados que se -- pueden vaciar a granel y los que actúan como cebos.

## SUPER MEXAMON D

Super Mexamon D reúne las características principales de los agentes explosivos: seguridad, economía y la eliminación de los malestares físicos producidos por las Dinamitas. Conjunta las propiedades principales de trabajo de la dinamitas: potencia y velocidad, pero con dos ventajas: - baja densidad, que permite ahorros substanciales superiores, al hacer posible la mejor distribución de la carga explosiva en el barreno. Además un mínimo de gases tóxicos que lo hace indicado para uso subterráneo.

### PROPIEDADES

Potencia: equivalente a dinamita extra 65 % densidad vaciado en el barreno 0.65 gms/c.c.. Densidad soplado neumaticamente 0.75 gms/c.c. (a ---- 4.20 kg/cm<sup>2</sup>  $\sigma$  60 Lbs./pulg<sup>2</sup>.) Velocidad: 3,800 mts/seg (12,500 pies /seg) aproximadamente.

### USOS

Super Mexamon'D proporciona buena fragmentación en roca de mediana dureza. Super Mexamon'D está diseñado para uso en minas bajo tierra, fluye perfectamente con cargadores neumáticos y se compacta perfectamente aún en barrenaciones de contra - pozo.

Super Mexamon'D es del todo recomendable para ser empleado a cielo - abierto, fluye con toda facilidad en barrenos inclinados.

### VENTAJAS

- 1.- VERSATILIDAD.- Super Mexamon'D puede usarse tanto en minas bajo tierra como en operaciones a cielo abierto.
- 2.- POTENCIA.- La velocidad de Super Mexamon'D y la energía que desarrolla por su gran volumen de gases de expansión lo equiparon en potencia a la dinamita extra 65 %
- 3.- DISTRIBUCION DE LA CARGA.- Super Mexamon'D por su baja densidad permite la mejor distribución del explosivo en el barreno y en consecuencia, una mejor fragmentación .

- 4.- NO REQUIERE MEZCLAS ADICIONALES.- Super Mexamon'D es un agente explosivo cuidadosamente formulado e integralmente elaborado, - listo para cargarse directamente de la bolsa, tal como se empa-ca. Resultado: economía, no hay desperdicio.
- 5.- SENSIBILIDAD.- Super Mexamon'D ha demostrado ser más sensible a la onda de detonación que cualquier mezcla de nitrato de amonio y aceite Diesel o combustible.
- 6.- NO ES ACEITOSO.- Super Mexamon'D por su elaboración integral, o frece la máxima comodidad al usuario, está libre de migraciones y evaporaciones.
- 7.- RESULTADOS REPRODUCIBLES: Con Super Mexamón 'D los resultados - obtenibles, voladuras tras voladuras, son constantes y reproducibles siempre y cuando se cebe apropiadamente. Los resultados constantes no son posibles en las mezclas de nitrato de amonio o fertilizantes con combustibles, debido a las tantas variantes que intervienen en su preparación.
- 8.- SEGURIDAD.- Super Mexamon'D no contiene nitroglicerina.
- 9.- ECONOMIAS.- Super Mexamon'D puede en muchos casos sustituir --- ventajosamente a las dinamitas, más altas en precio.

#### INICIACION

El iniciador o cebo recomendado para detonar el Super Mexamon'D debe ser un explosivo potente y violento, tal como:

- 1) Gelatina Extra 60 %
- 2) Gelamex No. 1.
- 3) Dinamita Extra 60 %

El cebo de iniciación debe constituir un 15 % aproximadamente, en peso, del total de la carga explosiva en el barreno. En barrenos largos es recomendable usar más de un cebo de iniciación y carbón detonantes "Prima cord" o "E-Cord" a lo largo del barreno, distribuyendo los cebos a intervalos máximos de 5 metros, es decir, debe distribuirse el cebo total a intervalos a lo largo del barreno dejando siempre en el fondo la mayor cantidad del cebo iniciador .

#### ALMACENAMIENTO

Super Mexamón 'D debe almacenarse considerándolo para el caso, como dinamita, es aconsejable dar rotación a las existencias almacenadas, usando siempre primero el material más antiguo.

## CARGA

En operaciones a cielos abiertos, Super Mexamon 'D puede cargarse por gravedad, vaciado. LA tabla a continuación muestra aproximadamente los kilos por metros lineales de barrenos de varios diámetros.

DIAMETRO BARRENO CMS.(PULGS.)	KG. POR METRO LINEAL DE BARRENO
2.54 (1)	0.329
5.08 (8)	1.318
7.62 (3)	2.984
10.16(4 )	5.270
12.70 (5)	8.234
15.24 (6)	11.857

## EMPAQUE

Super Mexamon 'D se envasa en bolsa de papel multicapas con forro interior de polietileno. Cada saco contiene 25 kg. netos.

## AGENTES EXPLOSIVOS GRANULADOS

Los agentes explosivos granulados han tenido auge en las voladoras comerciales principalmente por razones económicas y de seguridad, así como también por la facilidad de su cargado. No solo son menos costosos que los explosivos y los agentes explosivos convencionales, sino que también permiten mayores economías en la operación de cargado.

Los agentes explosivos granulados se utilizan como carga de columna principal y para suplementar a los productos encartuchados llenando el espacio anular entre la pared del barreno y el cartucho. Son de menor densidad que los propios encartuchados o enlatados, y por lo tanto tienen menor potencia en volumen, el hecho es que llenan completamente dando como resultado una aceptable densidad de carga en el barreno.

Los productos granulados se encuentran disponibles en el mercado con densidades que varían de 0.45 grs/cm<sup>3</sup> hasta 1.15 grs/cm<sup>3</sup>. los más comunes caen en el rango de 0.85 a 1.00 veamos los más comunes.

### EXPLOSIVOS LICUADOS O HIDROGELES

Ningunos otros explosivos comerciales han sido tan ampliamente aceptados en un periodo tan corto o han tenido un avance tan rápido en el desarrollo como los explosivos licuados. Debido principalmente a que ofrecen ciertas ventajas sobre los explosivos que son los siguientes:

- 1.- Alta densidad y alta potencia de volumen
- 2.- Alto grado de resistencia al agua
- 3.- Economía
- 4.- Alta densidad de cargado al desplazar el aire o el agua y el llenado completamente del barreno
- 5.- Facilidad de manejo y cargado
- 6.- Confiabilidad.

Los explosivos licuados actuales generalmente tienen un contenido de agua del 10 hasta el 30 % y pueden contener cualquiera de una amplia variedad de sensibilizadores.

Los explosivos licuados de la clase Tovex han demostrado su eficiencia en resultados obtenidos en el campo, los explosivos licuados Tovex tienen características de seguridad de los agentes explosivos, pero están clasificados como explosivos, ya que contienen eficientes sensibilizadores explosivos.

"TOVEX" El tovox fue el primer explosivo licuado, sensibilizado con TNT. se encuentra en el mercado en diámetros de 3 a 8 plgs. El tovox tiene una densidad de 1.4 y ha demostrado ser una eficiente carga de fondo en muchas operaciones, ha probado también ser efectivo como carga de columna. Todos los explosivos licuados se hacen menos fluidos a bajas temperaturas El tovox tiene buena resistencia a la congelación durante el invierno, y posee una excelente vida de almacenamiento durante el tiempo de calor.

"SUPER TOVEX" Es una modificación del "Tovex" con más densidad y mayor energía. El super tovox se encuentra en el mercado en paquetes similares al Tovex, pero en diámetros de 3 a 8 plg.

TOVEX EXTRA.- precursor de los explosivos licuados (hidrogeles) de la línea TOVEX, ha establecido normas especiales en la ejecución de voladuras. Está diseñado principalmente para uso en barrenaciones de diámetro grande. Sin su envoltura, TOVEX EXTRA, se asienta, convenientemente, aumentando la densidad de carga o del barreno y además, manteniendo su excelente resistencia al agua. Proporciona ótimos rendimientos, eficiencia y seguridad. Es idealmente adecuado para volar roca o mineral duro, sólido y masivo en canteras, tajos a cielo abierto y en la construcción. Se usa con frecuencia como carga de fondo en voladuras difíciles y para ampliar las plantillas de barrenación, optimizando los costos unitarios de perforación.

#### VENTAJAS

SEGURIDAD- TOVEX EXTRA ofrece al usuario una máxima seguridad por su menor sensibilidad al impacto, al golpe y al fuego.

RESISTENCIA AL AGUA.- Aún la envoltura, satisface plenamente el requisito de una carga de fondo. Puede usarse en todas condiciones de humedad.

CONGELACION- Diseñado para soportar los cambios de temperaturas extremas, sin afectar su comportamiento ni sus características de seguridad.

REDUCCION DE COSTOS DE BARRENACION- El incremento de kilos de explosivos por metro lineal de barreno, permite la ampliación de las plantillas de barrenación con resultados de menores costos de voladura.

ELIMINACION DE PATAS - TOVEX EXTRA usado como carga de fondo, desarrolla máximas presiones y esfuerzos en la roca, suficiente para los trabajos más difíciles.

**PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES**

	Diám. de Cartucho		Núm. de Cartuchos por caja de 25 Kg.
	CEMS.	PLGS.	
Densidad: 1.35 g/c.c.	10.2	4	4
Velocidad: 5:500 m/seg.	12.5	5	3
Resistencia al agua: excelente, aun sin envoltura	15.0	6	2
	20.0	8	1

**EMPAQUE**

TOVEX EXTRA se empaqueta en bolsas de tubo flexible de polietileno y mylar en las medidas arriba indicadas y dentro de cajas de cartón con 25 kgs. netos.

TOVEX 100 Es un hidrogel (explosivo licuado) de diámetro pequeño sensible al fulminate, diseñado para usos tanto subterráneos (excepto minas de carbón) como a cielo abierto en barrenos desde 25 mm (1") hasta 50 mm (2") de diámetro. Excelente para plasteo y moneos.

**PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES**

**COMPORTAMIENTO:** Adecuada densidad, velocidad y alta energía.

**CUENTA DE CARTUCHOS:** Los cartuchos son de tubo de polietileno y mylar -- (película poliestérica) de 203 mm (8") de longitud optativamente pueden ordenarse también en 305 y 406 mm (12" y 16"). Se empaquetan en cajas de cartón de alta resistencia con 25 kgs. netos.

NUMERO DE CARTUCHOS PARA CAJA DE 25 KGS.

DIAMETRO	LONGITUD DE CARTUCHO		
	203 mm (8")	305 mm (12")	406 mm (16")
22 mm (7/8")	275	206	138
32 mm (1 1/4")	144	95	72

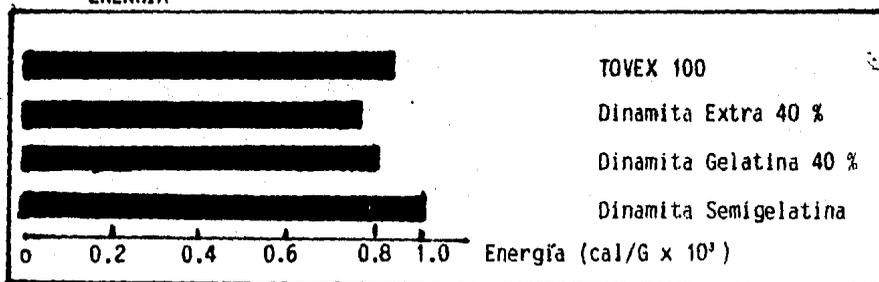
GASES TOXICOS: Míñimos, clase 1

REQUISITOS DE CEBADO:

Un fulminate ordinario No. 6 por las características de ruptura del material de la envoltura, para introducir el detonador dentro del cartucho, se recomienda hacer la perforación en un extremo frontal junto al cierre metálico. No se recomienda perforar lateralmente el cartucho. Es indispensable asegurar que en el manejo del cartucho cebado, el detonador no se salga del cartucho.

DENSIDAD: 1.10 gms/c.c.

ENERGIA



VELOCIDAD

DIAMETRO	M/SEG	PIES/SEG
22 mm (7/8")	3880	12700
32 mm (1 1/4")	4190	13700

RESISTENCIA AL AGUA: Excelente, sin envoltura, sumergido en agua, mantiene sus óptimas velocidades y energía.

## VENTAJAS:

1.- CARGADO: TOVEX 100 es sensible a la cápsula. Se ceba y se carga de madera similar a las dinamitas. Su habilidad de compactación proporciona el máximo acoplamiento al barreno a la máxima densidad de carga. Basta un leve empuje del atacador para llenar el barreno.

2.- PLASTEADO Y MONEO: superiormente efectivo para ambas operaciones. Excelente plasticidad y adherencia.

3.- GASES TOXICOS Y HUMOS:  
Mínimos, clase 1 .

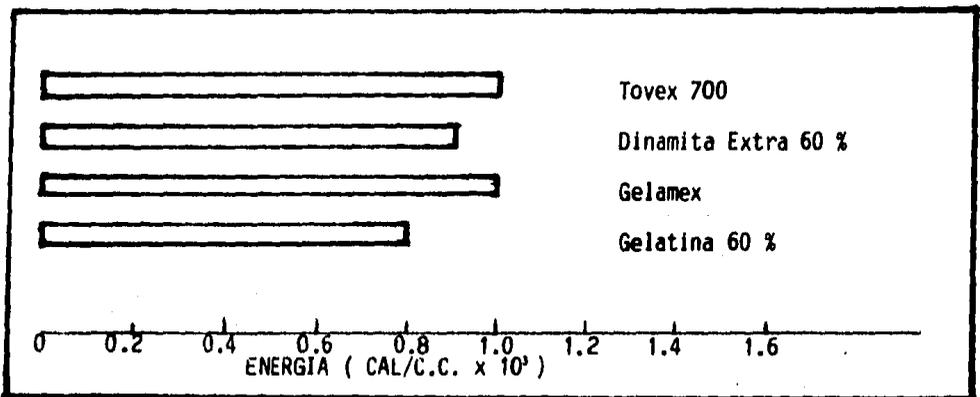
4.- PROPAGACION ENTRE BARRENOS:  
Los hidrogeles TOVEX están diseñados para minimizar la propagación entre barrenos. Todo sistema de retardo para aumentar la fragmentación y para reducir la vibración funcionará apropiadamente .

TOVEX 700 es un hidrogel (explosivo licuado) sensible al fulminate. Su diseño está particularmente dirigido para los diámetros de barrenación intermedios desde 50 mm (2") hasta 150 mm (6") . De gran versatilidad, tiene las características y propiedades requeridas para todo tipo de voladuras de roca y minerales de dura a mediana dureza en minas subterráneas, tajos abiertos, canteras y construcciones en general. Muy eficaz en plasteos, con superior plasticidad, consistencia y adherencia.

## PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES

DENSIDAD: 1.20 gms/c.c.

## ENERGIA



VELOCIDAD: 4800 m/seg (15750 p/seg)

GASEOS TOXICOS: MInimos (clase I )

RESISTENCIA AL AGUA: Excelente

CUENTA DE CARTUCHOS:

---

DIAMETRO DEL CARTUCHO		NUMS. DE CARTUCHOS POR CAJA DE 25 KGS.
MM	PLGS.	
44	1 3/4	33
50	2	25
57	2 1/4	21
64	2 1/2	16
76	3	12

---

El cartucho es de polietileno y mylar, la longitud de los cartuchos - es de 406 mm (16plgs.)

REQUISITOS DEL CEBADO:

Un fulminante ordinario No. 6 ( una vuelta y un nudo de Primacord' reforzado de 50 gramos, equivalen para el caso con este producto a un fulminate No. 6 )

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

TOVEX 700 es compatible con los altos explosivos (dinamitas y agentes explosivos) Es incompatible con los accesorios detonadores (fulminantes, estopines secos, frescos y bien ventilados, puede conservarse durante un - año.

USO

TOVEX 700 ES Sensible al fulminante. Para iniciarse no necesita ser cebado. Es un extraordinario producto como carga de fondo, carga de columna, como cebo iniciador de otros explosivos a agentes explosivos y como - explosivos para plasteos.

## VENTAJAS

- 1.- SENSIBLE AL FULMINATE. No requiere cebo suplementario.
- 2.- VERSATILIDAD Adecuado para uso en barrenaciones de diámetro ( desde 50 mm hasta 150 mm) en operaciones subterráneas y de superficie. Excelente para plasteo.
- 3.- CARGA La variedad de diámetro en que es obtenible permite gran flexibilidad al diseño de voladuras y al cargado de barrenos.
- 4.- GASES TOXICOS.- Mínima producción de gases tóxicos y humo.
- 5.- SEGURIDAD INCREMENTADA. Menos sensibilidad al impacto, al golpe y al fuego.
- 6.- RESISTENCIA AL AGUA.- Excelente. Superior a la de los explosivos tradicionales.
- 7.- PROPAGACION ENTRE BARRENOS.- Está diseñado para minimizar la propagación entre barrenos en plantillas normales: por lo tanto todo diseño de retardo con el fin de mejorar la fragmentación y de reducir la vibración funcionará más apropiadamente.

## CEBADO

Para cebar el hidrogel (explosivo licuado) TOVEX ' EXTRA, se recomienda usar cebos detonantes Dupont de alta presión, Detomex' En barrenos de 12.5 cm (5") o mayores debe usarse el Detomex 1, y para barrenos menores el Detomex 3 .

Se recomienda colocar un cebo a cada 6 metros y utilizar un mínimo de 2 cebos por barreno, según los problemas del cargado, podrán requerirse cebos adicionales.

La preparación del cebo para una columna de TOVEX EXTRA debe hacerse colocando un Detomex ( con el dispositivo iniciador) hundido dentro del hidrogel ( explosivo licuado) para un cebado el fondo.

La unidad cebada colocada al fondo del barreno, debe asegurarse que quede en contacto con la carga principal. Para un cebado múltiple, la colocación de los cebos adicionales se hace simplemente deslizando los cebos Detomex' por el cordón detonante y seguidos de un cartucho de TOVEX' EXTRA.

## CARGADO

Los mejores resultados se obtienen cuando el TOVEX ' EXTRA llena totalmente la sección transversal del barreno. Esto se logra cortando a lo largo su cubierta de polietileno y Mylar antes de dejarlo caer dentro del barreno.

Dependiendo de la relación entre los diámetros del cartucho y del barreno, una larga caída del explosivo hasta el nivel del agua puede ocasionar un taponamiento. Una mayor diferencia entre los diámetros y -- una mayor distancia de la caída tienden a empeorar esta condición. En casos extremos se recomienda bajar los cartuchos hasta el nivel del agua o bien razgar la involtura, sacar el producto y cortarlo en trozos menores.

El cargado dentro de agua debe hacerse lenta y uniformemente para permitir que las bolsas se sumerjan y pasen a través del agua sin la interferencia de otra bolsa. En barrenos secos, la carga puede hacerse con la rapidez que las condiciones permitan.

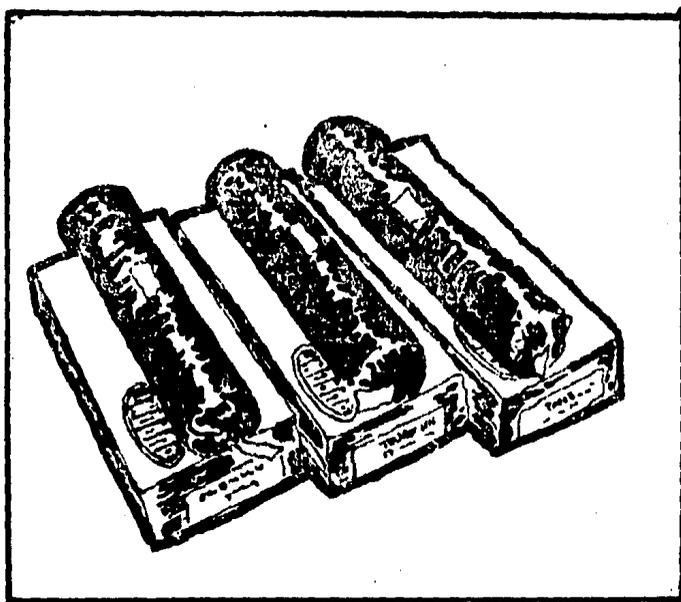
## ALMACENAMIENTO

Los hidrogeles (explosivos licuados) deben almacenarse en polvorines conforme a los Reglamentos Oficiales.

"POURVEX EXTRA Este producto tiene una energía medida mayor que la del "Pourvex" y ofrece por lo tanto, las ventajas de un mayor patrón de barrenación con resultados de voladura comparables en muchas formaciones. El "Pourvex Extra" debe utilizarse principalmente en barrenos de pequeños diámetros de 3 a 5 plgs. o como una carga anular alrededor de productos - encartuchados, debido a su poca capacidad para soportar pesados tacos - en barrenos de diámetro mayor. El Pourvex extra tiene excelentes cualidades de vaciado, haciéndolo, por lo tanto, un producto eficiente para cargar barrenos de pequeño diámetro. El Pourvex extra debe manejarse como una carga vaciada y empaquetada en tubos gruesos de polietileno de 5 plg x 30 Lbs. y de 8 plg. x 60 Lbs. sirve como carga de lata energía en barrenos mojados y secos.



Agente explosivo granulado Nitrato de Amonio



Agente explosivo Licuados Tovex.

"TOVAN EXTRA".- este es un explosivo licuado economico para uso como carga de columna en roca dura, o como carga interior en roca fácil o moderada.

Operacion de carga en explosivos mediante camión. Este servicio de carga de explosivos licuados mediante camión en áreas donde el volumen sea suficiente para justificar el costo del equipo de cargado y las instalaciones de apoyo ofrece muchas ventajas al consumido como las siguientes:

- 1.- Procedimiento de cargado simplificado
- 2.- Reducción en el número de personal de la cuadrilla de cargado
- 3.- Economía
- 4.- Elevada rapidez de carga
- 5.- Fácil entrega de explosivos a barrenos de difícil acceso
- 6.- Máxima densidad de cargado en el barreno de lo que frecuentemente significa una futura expansión de los patrones de barrenación.

DETOMEX Cebo de alta presión detonante, conjunta en el explosivo que lo compone, la alta densidad y velocidad necesarias para desarrollar dentro del barreno la presión máxima requerida para un cebado óptimo.

DETOMEX.- Está diseñado para proporcionar la acción cebante en la iniciación de productos insensibles a los fulminates.

#### USO

DETOMEX.- Es recomendable para cebar agentes explosivos a base de nitrato y agentes explosivos licuados envasados y a granel.

#### VENTAJAS

1.- Máxima eficiencia de cebado: DETOMEX cebo de alta presión detonante, ofrece la mayor seguridad para que los productos insensibles a los fulminantes desarrollen su máxima energía.

2.- SEGURIDAD DETOMEX.- es menos sensible a la concusión y a la fricción que los cebos a base de dinamita.

3.- DISEÑO De forma cilíndrica, su mayor pesos y longitud facilita la labor de carga, especialmente en barrenos con agua. Su diseño proporciona mayores presiones en los extremos para obtener máxima eficiencia - en el cebado.

4.- COMODIDAD Fácil acoplamiento del DETOMEX, a la línea del "Prímacord" mediante el agujero longitudinal de cada cebo.

5/- NO PROVOCA MOLESTIAS FISICAS: DETOMEX, no contiene ingrediente que cause jaquecas u otros malestares físicos. Esta cualidad es especialmente atractiva para las cuadrillas de pobladores.

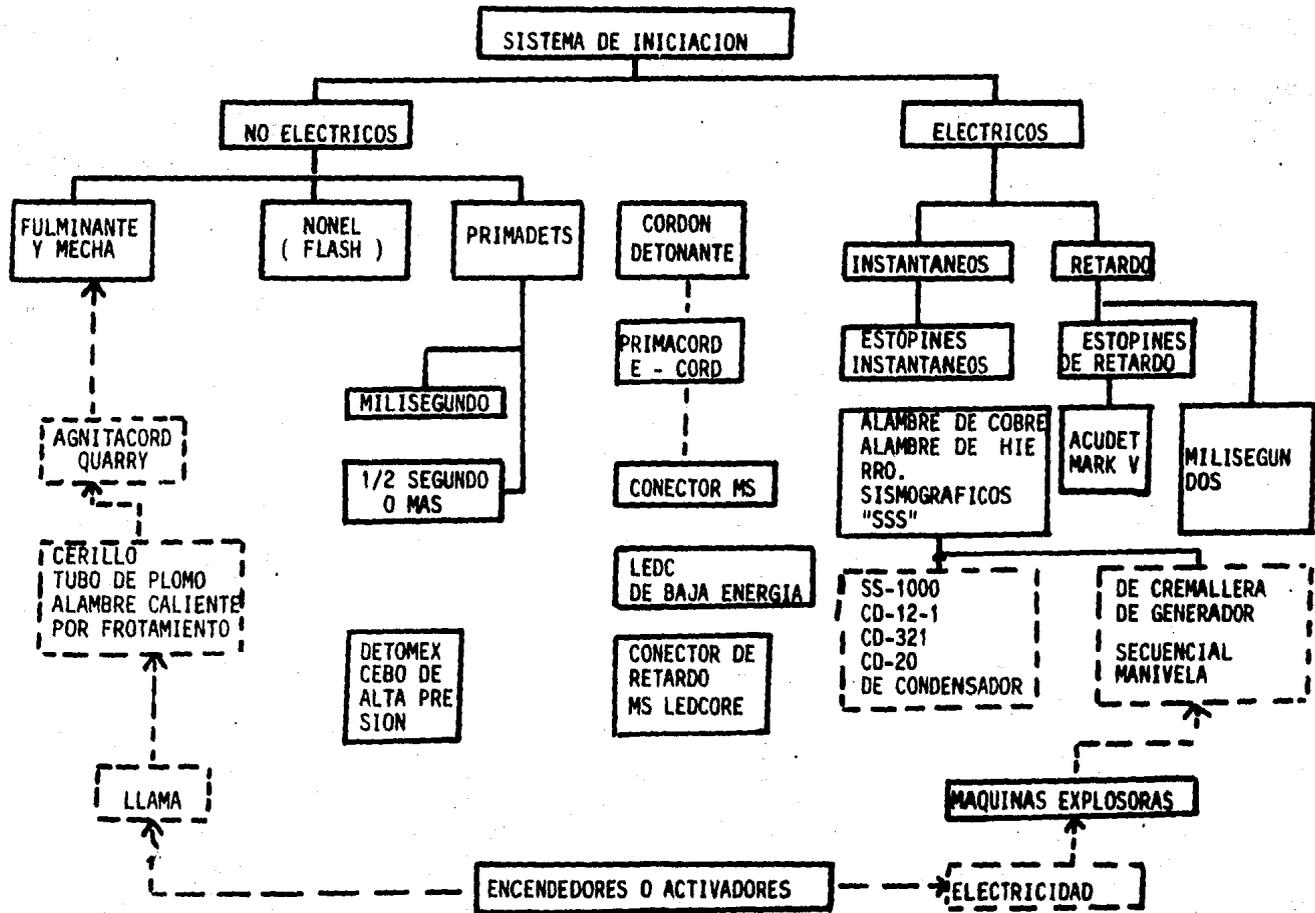
6.- LARGO ALMACENAMIENTO: DETOMEX, está exento de ingredientes li-  
quidos y por ello puede soportar largos períodos de almacenamiento sin -  
deterioro.

#### ALMACENAJE

Aunque DETOMEX, es muy insensible a la percusión y a la fricción, es un explosivo. Debe por lo tanto almacenarse como tal conforme a los Reglamentos Oficiales en polvorines limpios, secos bien ventilados, frescos, - adecuadamente construídos, a prueba de incendios, bien protegidos y asegurados cuando no estén en uso.

#### CARACTERISTICAS

TIPO	VELOCIDAD DETONACION.		RESISTENCIA AL AGUA Y ACEITE	DIMENSIONES DIAM. Y LONG. mms.	EMPAQUE NUM. PZA. POR CAJA DE 22 KGS. NETOS.
	m/seg.	pies/seg.			
Detomex 1	7,300	24,000	Absoluta	64 x 84	50
Detomex 2	7,300	24,000	Absoluta	50 x 100	75
Detomex 3	7,300	24,000	Absoluta	38 x 105	150



Fuentes Dupont, S. A.

## DISPOSITIVOS NO ELECTRICOS PARA INICIACION.

Entre dispositivos no eléctricos de iniciación.

Los más importantes fulminantes regulares y accesorios.

2.- Cordón detonante de alta energía y sus accesorios

3.- Cordón detonante de baja energía y sus accesorios.

4.- Los fulminantes son detonadores que consisten en tubos ó casquillos cerrados en un extremo y que contienen una carga de explosivos de gran sensibilidad, están diseñados para disparar por medio del fuego o chispa producidas por el quemado de la mecha de seguridad.

## MECHA DE SEGURIDAD

Es el medio a través del cual se transporta la flama en una forma - continúa con objeto de hacer estallar el fulminante, ó como en la ignición de pólvora de voladuras.

La mecha de seguridad está formada por un tren de pólvora negra de nitrato de potasio y se encuentra cubierta con capas de cinta, textiles y materiales impermeabilizantes.

La mecha de seguridad tiene una velocidad de ignición aproximadamente 120 seg/yarda y alrededor de 90 seg/yarda. Las mechas de seguridad - pueden encenderse con cerillos para encender una sola mecha, ignitocord tiene la apariencia de un cordón y se quema a todo lo largo con una flama exterior en la zona de quemado. La flama es corta, muy caliente, y ofrece un medio para encender una serie de mechas de seguridad en la rotación - deseada, con el tiempo de encendido en el frente no mayor que el necesario, para encender una mecha.

El Ignitocord viene con dos velocidades de quemado: a saber de 26 a 33 seg/m y de 52 a 65 seg/m.

El ignitocord se conecta a la mecha de seguridad por medio de un dispositivo metálico llamado conector ignitocord,

Quarricord es otro tipo de cordón encendedor diseñado principalmente para disparar un gran número de cargas en disparos secundarios.

## MECHA DETONANTE

Puede describirse simplemente como un cordón redondo y flexible, - que tiene un núcleo central de alto explosivo.

Su objetivo es iniciar cargas de altos explosivos mediante su núcleo explosivo, Estas mechas deben iniciarse mediante un fulminante regular ó un reforzador adecuado.

PRIMACORD.- Es un cordón detonante, tiene núcleo de alto explosivo de - tetranitrato de Pentaeritritol (PENT) posee una elevada velocidad de detonación aproximadamente 6,400 m/seg. la Iza, con aquella es suficiente - para hacer detonar altos explosivos que estén colocados a lo largo del -- centro del barreno, si se sujeta al primer cartucho cargado en el barreno actúa, como agente de cebado a través de toda la longitud de la columna - de explosivos.

El Primacord, se usa principalmente para disparos múltiples de barrenos grandes en la superficie, ya sean verticales u horizontales. Es ilimitado el número de barrenos que pueden dispararse en esa forma.

Conectores Ms. Estos son dispositivos de retardo no eléctricos de -- pequeño intervalo (milesegundos) utilizados para retardar voladuras iniciales en la superficie con cordón, detonante. Los conectores Ms, se producen en cuatro intervalos de retardo, cada uno identificado por el color de plástico Ms. - 5 (5 milisegundos), Ms.-9 (9 milisegundos) color verde- Ms-17 (17 milisegundos) color azul amarillo y Ms - 25 (25 milisegundos) color rojo.

### CORDON DETONANTE DE BAJA ENERGIA (LEDC)

El cordón detonante de baja energía se desarrollo para resolver problemas con el ruido y la vibración en lugares que se encuentran rodeados de casas cercanas, las canteras que se explotan a cielo abierto.

Juegos de retardo Ms LEDCORE. Su función iniciación en el fondo del barreno mediante detonadores no eléctricos.

Reforzadores.- (Boosters) Los reforzadores son tubos que contienen altos explosivos, se utilizan para aumentar la intensidad de la explosión producida por los detonadores ó por el cordón detonante. Existen reforzadores para trabajos en agua. Consiste en casquillos metálicos de aproxima

damente 4 1/2 plg. de longitud y 5/8 plg. de diámetro. Estos casquillos están parcialmente llenos con un explosivo denso y muy insensible que tiene un pequeño cilindro metálico dentro del explosivo.

#### DISPOSITIVOS ELECTRICOS DE INICIACION

Es comunmente llamado estopín básicamente consiste en un casquillo metálico dentro del cual se alojan las cargas explosivas consistentes en: una carga base de alto explosivo, una carga de cebo y una carga de ignición, dentro de la cual se coloca un elemento eléctrico de ignición. Este elemento es un pequeño tramo de alambre de alta resistencia que se suelda a los extremos de los alambres formando un puente. En el extremo del casquillo está firmemente sujeto un tapón de hule que forma un cierre hermético y que mantiene ambos alambres firmes en su posición, cuando se hace pasar suficiente energía eléctrica a través del sistema, el puente se calienta lo necesario para encender la carga de ignición, lo que a su vez provoca la detonación de la carga de cebo y ésta la de la carga base.

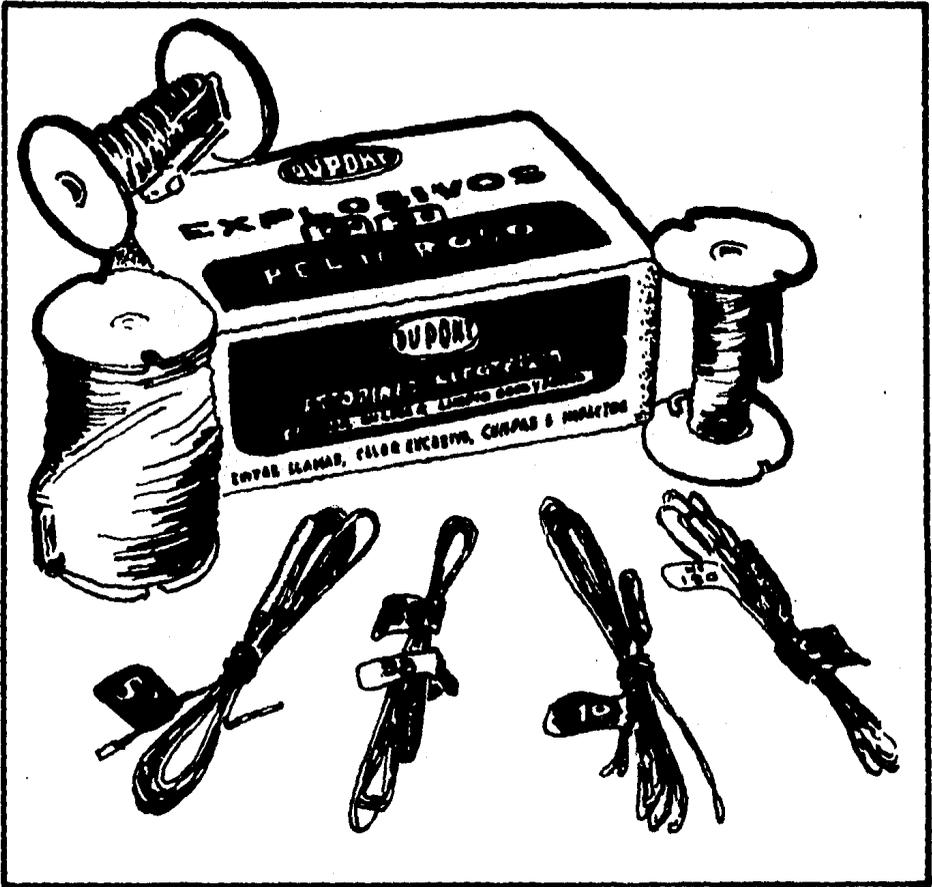
Es importante que los estopines eléctricos se protejan contra la electricidad extraña, la que puede ocasionar un disparo accidental, una forma de protección es el uso de un dispositivo de corto circuito (shunt o derivador) colocado en los extremos libres de los alambres de tal modo que impida el flujo indeseado de corriente a través del circuito, el derivador consiste de una hoja de aluminio forrada con celofán y enrollado sobre los extremos desnudas de los alambres, para máxima protección, el derivador no debe quitarse del estopín hasta conectar los alambres al circuito de voladura.

En los estopines eléctricos de retardo se interpone entre la carga de ignición y la carga de cebo un elemento de retardo, éste elemento requiere de un cuarto tiempo para quemarse, lo que proporciona un intervalo de retardo predeterminado entre la aplicación de la corriente eléctrica y la detonación del estopín.

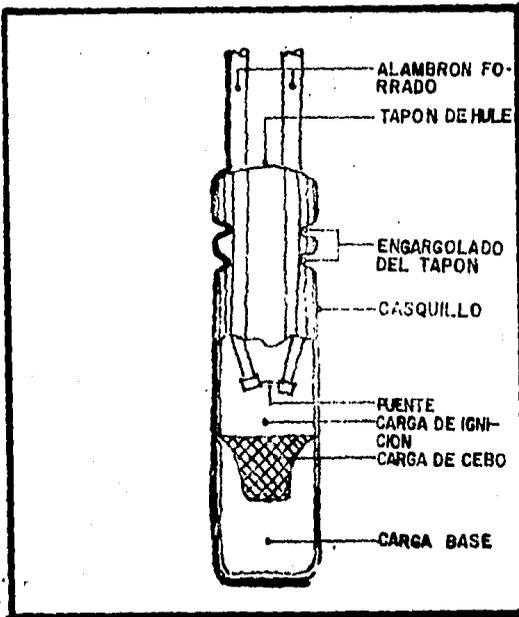
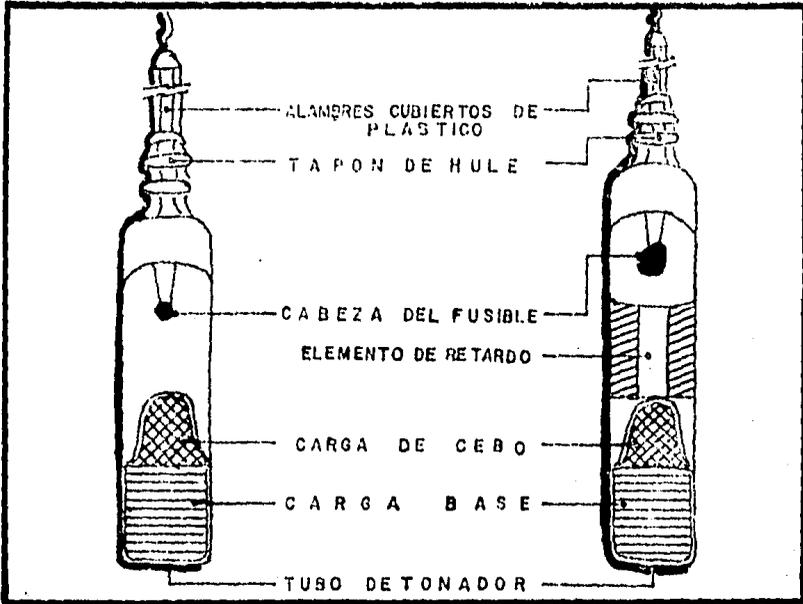
#### A).- ESTOPINES ELECTRICOS INSTANTANEOS.

##### a).- ESTOPINES ELECTRICOS INSTANTANEOS CON ALAMBRES DE COBRE.

Para uso general, se fabrican con casquillos de aluminio y alambres de cobre con fundas de color rojo y amarillo



Dispositivos eléctricos de iniciación.



b).- ESTOPINES ELECTRICOS INSTANTANEOS CON ALAMBRE DE HIERRO

Se usan en minas subterráneas de carbón.- El casquillo es de bronce y los alambres de hierro, uno forrado en color blanco y otro en color naranja, - lo que permite distinguirlos del carbón. Estos estopines se fabrican con casquillos de aluminio y alambres de hierro con fundas de color negro y - naranja para utilizarse en las minas de sal.

c).- ESTOPINES ELECTRICOS SISMOGRAFICOS "SSS"

Es un estopín eléctrico de precisión. Tiene alambres de cobre calibre No. 20, aislados con plástico, para disparos múltiples de barrenos poco - profundos, existen los estopines "SSS" con dos alambres sencillos calibre No. 22 .

B.- ESTOPINES ELECTRICOS DE RETARDO:

Están diseñados para detonar a un período predeterminado después de aplicar energía eléctrica al sistema de ignición, éste período de retardo se determina durante el proceso de fabricación mediante la cantidad y ca racterísticas de quemado del explosivo de retardo.

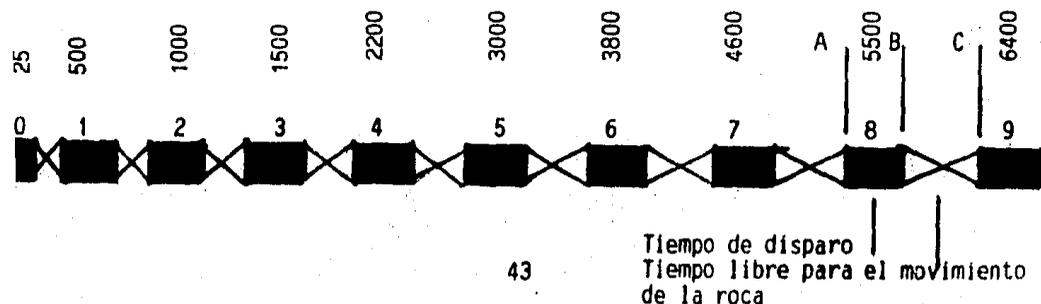
EMPAQUE: 50 Piezas por caja.

Se fabrican en una serie de 15 períodos regulares de retardo, que - están numerados por su orden de disparo desde el cero hasta el 14, en la cual la superposición de disparos queda eliminada, proporcionando un in - tervalo de tiempo definido entre períodos sucesivos.

TIEMPOS DE DISPARO

El tiempo de disparo de los estopines eléctricos de retardo Dupont Acudet' Mark V se ilustra en la grafica siguiente.

RETARDO NOMINAL EN MILISEGUNDOS



Los estopines están diseñados para disparar en rotación, con suficiente tiempo entre sí, para permitir el movimiento de la roca.

Este es el tipo de estopín utilizado ampliamente en las excavaciones subterráneas y en la construcción de tuneles.

Los estopines Acudet Mark V. constan de un casquillo de aluminio - de longitud variable dependiendo del período de retardo. Los alambres se pueden proporcionar en cobre o en fierro y son de las longitudes y - características mostradas en la siguiente tabla:

RESISTENCIA DE LOS RETARDOS "ACUDET" MARK V. (EN OHMS)

Longitud de alambre (metros)	3.00	5.00
Cobre	1.68	2.06
Fierro	1.88	2.30

b).- ESTOPINES DE RETARDO DE MILISEGUNDOS.- Se fabrican 10 retardos mucho menores que los de la serie Acudet Mark V, y ubicados entre el cero y el N<sup>o</sup>. 1, de dicha serie.

Los tipos de retardo son:

Tiempo de disparo nominal

1	_____	MS-25
2	_____	MS-50
3	_____	MS-75
4	_____	MS-100
5	_____	MS-125
6	_____	MS-150
7	_____	MS-175
8	_____	MS-200
9	_____	MS-250
10	_____	MS-300

Se usan principalmente en disparos de una o más líneas de barrenos de pequeño diámetro preferentemente a cielo abierto;

Tiene las siguientes ventajas sobre los disparos con intervalos largos:

- 1.-Mejor fragmentación
- 2.-Reducción de los chicolones
- 3.- Menor concusión y vibración
- 4.- Lanzamiento controlado
- 5.- Menor número de barreno cortado

c).- Estopines de retardo para minas de carbón.- Son una serie especial de estopines milisegundos diseñados para su uso en minas de carbón.

Vienen en casquillos de bronce y alambres de hierro.

Intervalos de Retardo	Retardo	color de los Alambres	Longitud Estandar
1	25 MS	BLANCOS	
2	100 MS	ROSAS	6 a 20 PIES
3	175 MS	AZULES	1.80 m. A 6.00 M.

**MAQUINAS EXPLOSORAS:** Se utilizan para disparar los estopines eléctricos, se fabrican en dos tipos:

A).- Tipo de descarga de condensador (CD) tienen una batería como - fuente de energía para cargar uno o más condensadores (capacitores) los que posteriormente descargan la energía el circuito y voladura cuando se cierra el interruptor de disparo ("fire"). Este tipo de máquina posee una capacidad de disparo de estopines excepcionalmente para su tamaño y peso, y se le considera como el medio de disparo más confiable hasta ahora conocido.

**MAQUINAS EXPLOSORAS SS-1000** - La energía para su operación se obtiene de 6 baterías de 1.5 volts. de tamaño de lámpara de mano, es resistente a - la humedad y almacenamiento. Está diseñada para operar desde 40 °F hasta + 120 °F. un medidor fácil de leer, indica cuando la máquina está lista para disparar.

MAQUINA EXPLOSORA CD-12-1, Es la más pequeña de las máquinas de descarga de condensador y se utiliza en operaciones donde solamente se necesita disparar una pequeña cantidad de estopines.

MAQUINA EXPLOSORA CD-321.- Difiere de la máquina CD-12-1, en que es de carga continua, es decir, los condensadores siempre están cargados ya que encuentran conectados directamente a las terminales de la batería. - Esto aumenta la vida útil de los condensadores, después del disparo se recargan automáticamente.

MAQUINA EXPLOSORA PERMISIBLE CD-20. Se utiliza en minas de carbón - el máximo número de estopines eléctricos de milisegundos (no instantáneo) permitido: en una serie de 20 con una resistencia máxima de circuito de 150 OHMS.

B).- TIPO DE GENERADOR: Estas máquinas son de cremallera y han sido las convencionales durante muchos años.

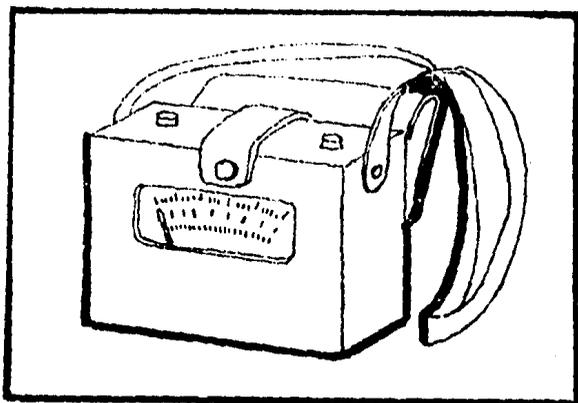
Están diseñadas de tal manera que no fluye corriente hasta que la barra de torsión o la de cremallera llega al final de su viaje.

Las máquinas de tipo de generador se han clasificado por el número de estopines eléctricos instantáneos, de alambre de cobre de 30 pies de largo, que pueden disparar en serie, bajo ciertas condiciones, pueden también utilizarse para disparar series en paralelo, pero nunca para disparar estopines en paralelo directo.

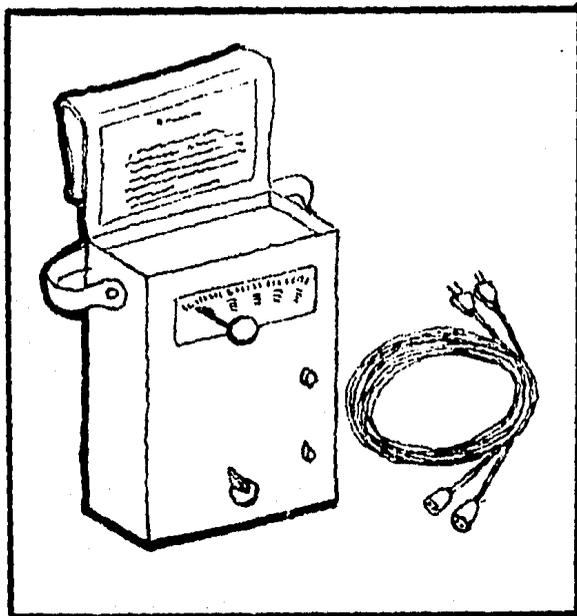
#### INSTRUMENTO DE PRUEBA

Permiten al poblador probar los estopines eléctricos uno por uno y en conjunto después para determinar si está o no cerrada una serie del circuito y para localizar alambres y conexiones rotas. El uso de estos instrumentos no sólo ahorra tiempo en los disparos eléctricos, sino que además incrementa la seguridad de la operación al reducir la posibilidad de falla.

- Galvanómetro de voladuras- Permite probar los estopines eléctricos uno por uno y en conjunto también determina si esta o no cerrada una serie del circuito y para localizar alambres y conexiones rotas.



- Voltímetro de Voladuras - Es para fines varios, diseñado para dar al usuario un modo de efectuar muchas de las revisiones y mediciones requeridas para voladuras seguras y eficientes. Se puede utilizar para mediciones de resistencias en el circuito de voladuras y para detectar errores o defectos en la conexión del circuito.



## CONEXIONES MAS COMUNES EN LOS CIRCUITOS DE VOLADURA

Circuitos en serie.- Proporciona una sola trayectoria para la corriente a través de cada estopín del circuito.

Una ventaja de circuito en serie es que puede revisarse rapidamente con un galvanómetro y detectar cualquier falla en el circuito.

Circuito en paralelo.- Se conecta un alambre de cada estopín a un lado del circuito de voladura, y el otro alambre del estopín al otro lado del circuito.

Circuitos en series Paralelas.- Este método es una combinación de los circuitos previamente descritos, y consiste en unir dos o más series de estopines eléctricos conectándolos en paralelo.

En las figuras siguientes están mostrados dichos circuitos.

Fig. 1

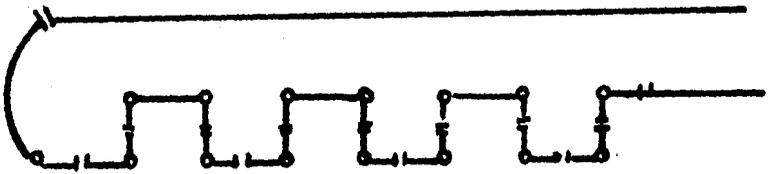


Fig. 2

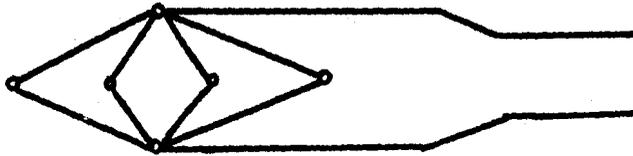
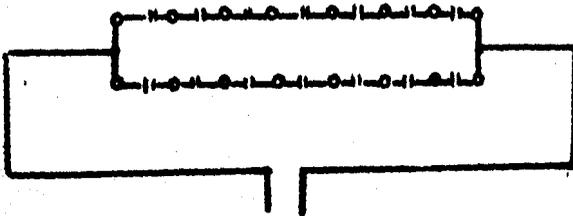


Fig. 3



## EL CEBADO

Es aquella porción de la carga que contiene el dispositivo detonante de disparo y que sirve para iniciar la carga de explosivos ó agentes explosivos, con los que está en contacto.

EL CEBO LO FORMA LA UNION INTIMA DE:

UN EXPLOSIVO	CON UN DETONADOR
= Cartucho de dinamita	- Estopines eléctricos - fulminantes regulares y mecha de seguridad
= CEBO HDP (alta presión detonante)	- Cordón detonante - Unidades de retardo ledcore.

Todos los cebos deben cumplir con las siguientes especificaciones:

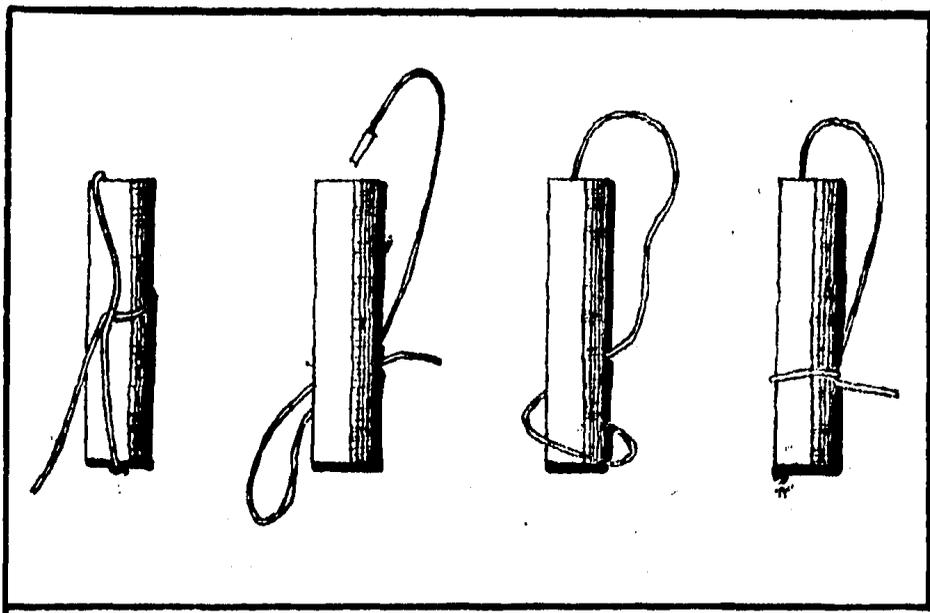
- a).- Que el detonador no pueda separarse del cartucho explosivo.
- b).- El detonador debe estar en posición más segura y efectiva en el interior del cartucho explosivo.
- c).- El detonador debe insertarse bien en el centro del cartucho, y que dar tanto como sea posible a lo largo del eje longitudinal del cartucho.
- d).- El cebo debe ser resistente al agua.  
Todos los métodos de preparación de cartucho de dinamita requieren de uno ó más agujeros a través del cartucho de cebo para insertar el detonante, es esencial para este fin usar un punzón especial de madera, bronce, aluminio u otro material que no produzca chispa.

## A. CEBOS DE CARTUCHOS DE EXPLOSIVOS CON ESTOPINES ELECTRICOS.

Forma de preparar el cebo

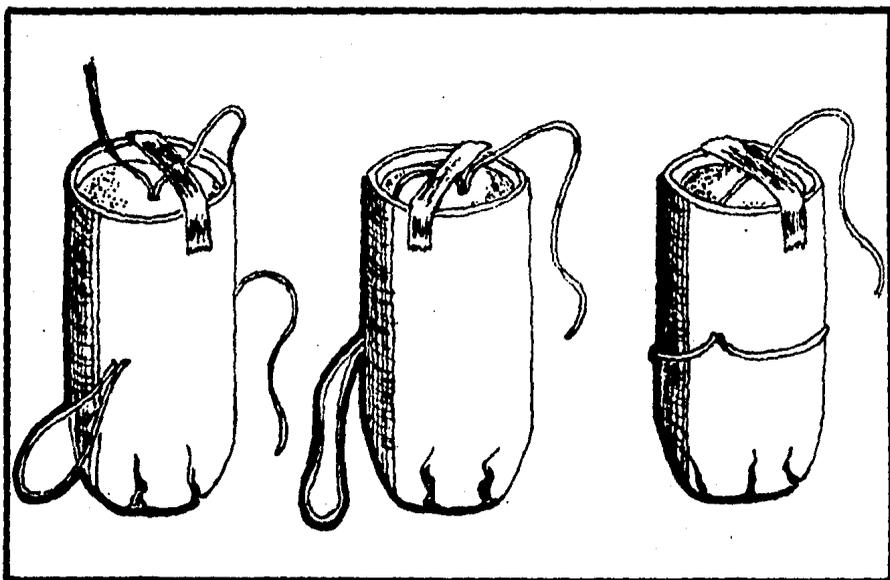
En cartuchos de diámetro pequeño

Se perfora un agujero de profundidad adecuada a lo largo del eje longitudinal del cartucho, se inserta el detonador, y se hace una media lazada con el alambre alrededor del cartucho, si es deseable que el cebo cuelgue verticalmente, por ejemplo, durante el cargado de un barreno difícil, esto puede lograrse empleando medias lazadas sencillas hechas con los alambres individuales colocados en lados opuestos, cerca de la parte superior del cartucho. Este cebo por lo general satisfactorio cuando se coloca en el barreno con el fulminante apuntando hacia la boca del mismo, pero cuando se pone con el fulminante apuntando hacia el fondo del barreno, siempre existe la posibilidad de que un tirón sobre los alambres afloje la lazada y permita que el fulminante se salga del cartucho. En algunas operaciones se utilizan dobles lazadas para reducir al mínimo esta posibilidad.



A.2).- En cartuchos de diámetro grande

Se perfora un agujero en una dirección inclinada partiendo del centro del extremo del cartucho, de tal modo que salga por el lado del cartucho a unos 15 ó 25 cms. del extremo, los alambres del estopón se doblan, y se hacen pasar a través de este agujero inclinado, y después rodean al cartucho, se perfora un segundo agujero directo en el extremo del cartucho, un poco fuera del centro y de varias pulgadas de profundidad. El fulminante se inserta hasta el fondo de este agujero y finalmente el alambre restante se jala hasta apretar el cartucho, éste es un buen cebo, ya que el fulminante está bien colocado, los alambres no se sobrepone en ningún punto y todo el cebo cuelga verticalmente para un cargado fácil en un barreno vertical.

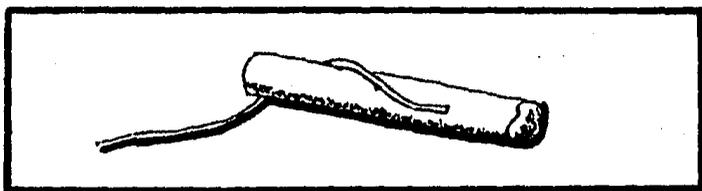


B).- CEBOS DE CARTUCHOS DE EXPLOSIVOS CON FULMINANTES REGULARES Y MECHA DE SEGURIDAD.

a) Preparación del cebo

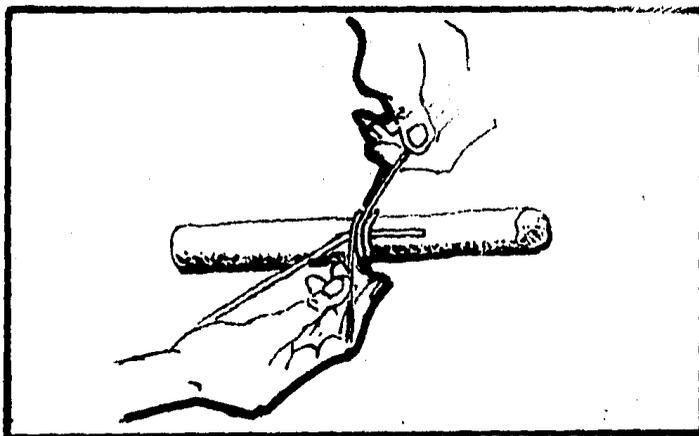
a.1.) Cebo "enlazado"

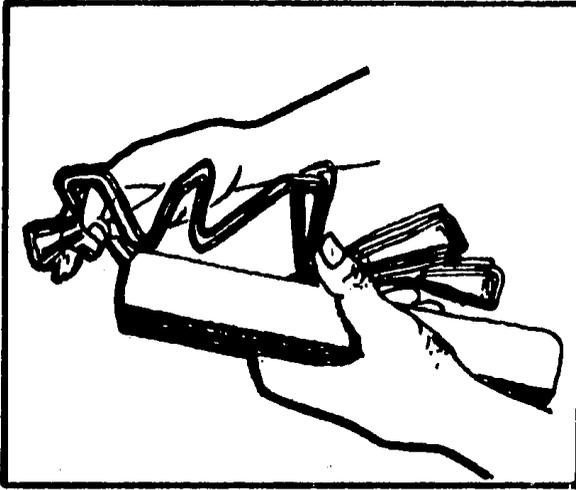
Se prepara perforando un agujero inclinado para en él introducir el fulminante, y otro agujero inclinado también pero atravezando el cartucho para alojar la mecha, tal y como se ilustra en la siguiente fig.



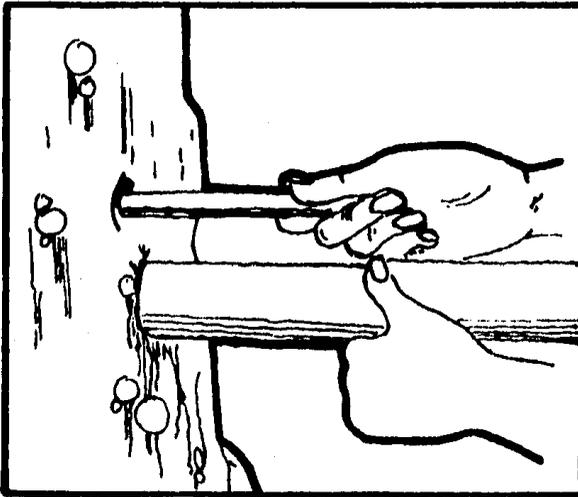
a.2).- Cebo "Amarrado"

Se perfora un agujero diagonal para alojar el detonante y se sujeta la mecha al cartucho con un amarre de hilo de cáñamo.



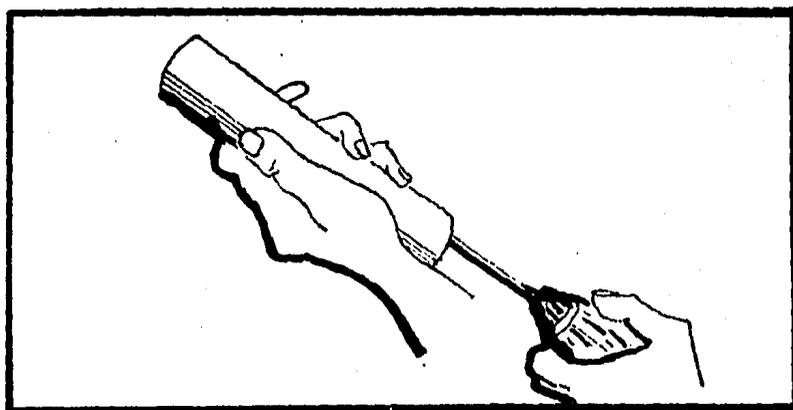
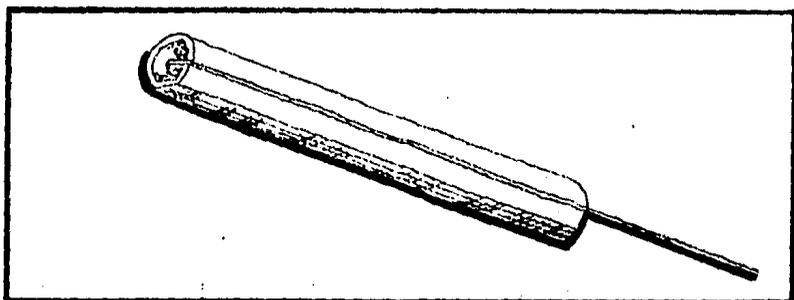


CEBANDO UN CARTUCHO DE TOVEX



CARGANDO EN UNA OPERACION SUBTERRANEA

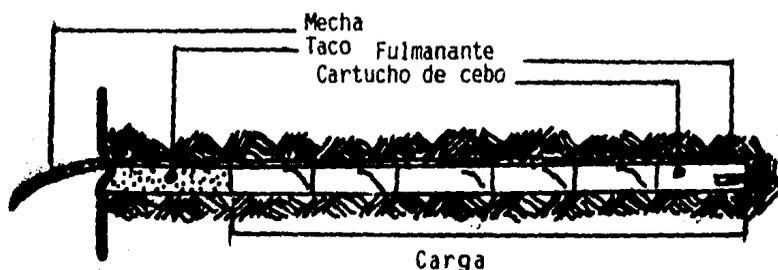
CEBO INVERSO.- El agujero para introducir el fulminante se perfora a lo largo del eje longitudinal del cartucho, se inserta éste y se cambia de dirección la mecha a pegarla exteriormente el cartucho.



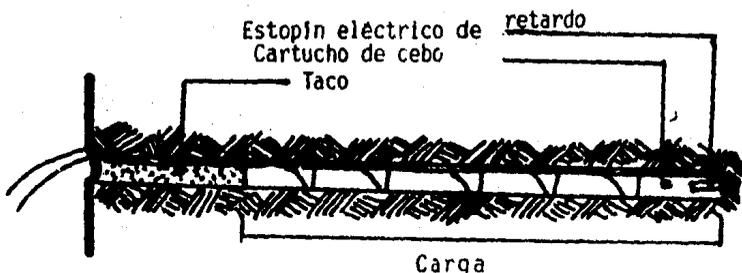
Perforación de un cartucho de dinamita con punzón de madera.

## LOCALIZACION DEL CEBO DENTRO DEL BARRENO

Un cebo de dinamita preparado con fulminante y mecha puede colocarse en los barrenos como se muestra en la sig. fig. para disparos múltiples ó en rotación en barrenos secos ó en barrenos mojados siempre que se utilicen mechas con plásticos.



### Cebo de dinamita preparado con estopín eléctrico



Se prefiere esta localización del cebo debido a que con ella se elimina prácticamente la presencia de cartuchos enteros o restos de ellos en los fuques del disparo, por lo tanto, se reduce el peligro de barrenar en dinamita viva en las operaciones subsiguientes.

Otra razón es que los estopines eléctricos de retardo se utilizan en disparos en rotación, método de voladura en donde siempre existe la posibilidad de barrenos robados.

## TEORIA DE LAS VOLADURAS

Cuando se desea hacer una voladura correctamente, influyen ciertos parámetros como la elección del explosivo, el método de aplicación más indicado para cada clase de trabajo acorde con el material que desea volar el lugar donde se va efectuar, etc. aplicando todo esto correctamente nos llevará a la obtención de una máxima eficiencia lo cual se traducirá en un menor costo de la obra.

Se ha comprobado que los resultados óptimos en voladuras se adquieren a través de la experiencia. Pero para eso primero veamos un análisis de la teoría de la fuerza explosiva corriente, puesto que la fuerza explosiva puede definirse en función del calor de explosión, por físicos, brisancia por militares y fuerzas compactas por aquellas interesadas en concentrar una máxima cantidad de energía explosiva en un espacio pequeño, la aplicación específica debe conocerse antes de realizar un estudio de la fuerza explosiva.

Proceso de detonación.- Para analizar los diversos métodos para calcular, o medir una fuerza debemos nosotros primero comprender los procesos físicos y químicos en una detonación. Las características definitivas de la reacción química en una detonación es que es iniciada y resiste a la vez una onda supersónica de choque avanzando a través de explosivo.

El proceso de detonación se describe bastante adecuadamente en la teoría hidrodinámica de la detonación establecida por los científicos antes de 1900. Algunos puntos de esta teoría se explican esquemáticamente en las figuras 1 y 2 los que muestran una detonación en un sistema homogéneo de una carga cilíndrica. Otro factor importante en la interacción entre la masa confinante y las cargas explosivas alargadas, depende de la velocidad del sonido en la masa confinante. Si la velocidad de detonación es subsónica con respecto al medio confinante, como sucede a veces en voladuras de roca, no se genera ninguna onda de choque en el medio confinante y la energía se disipa a un promedio relativamente por la presión viajando a la velocidad del sonido.

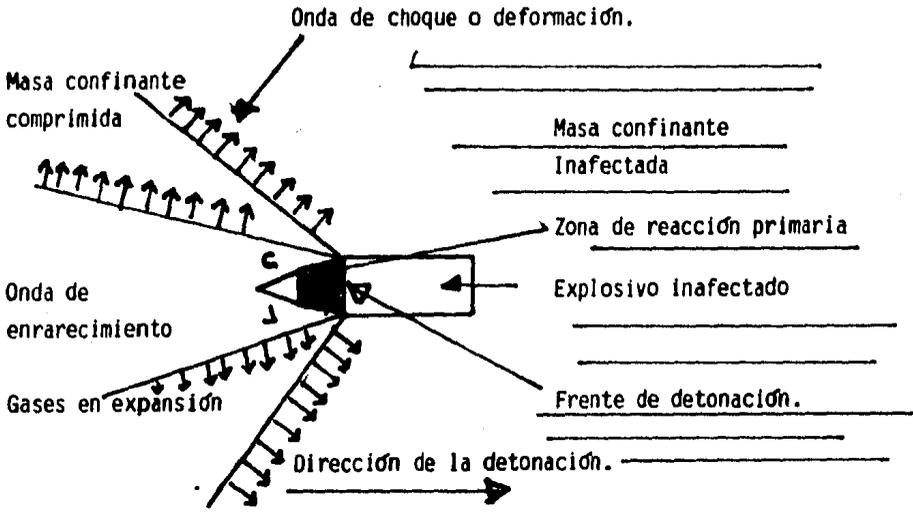


Fig. 1.- La detonación en estado uniforme en una masa confinante compresible aire, agua, roca, pierde su energía rápidamente. La presión y la temperatura decaen abruptamente.

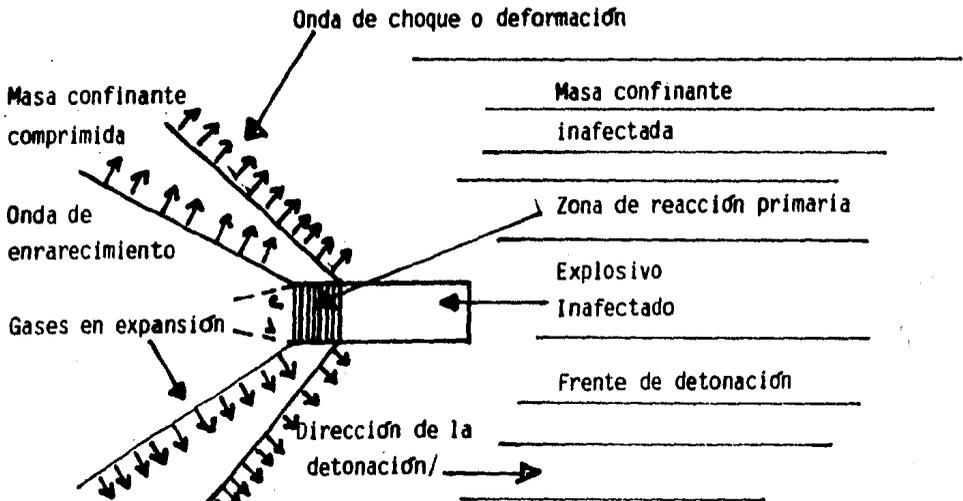


Fig. 2.- En masas confinantes incompresibles la onda de enrarecimiento es débil, permite un tiempo máximo de reacción a altas temperaturas y presión.

VALORES TÍPICOS DE IMPEDENCIA ACÚSTICA PARA ALGUNOS MATERIALES DE INTERÉS.

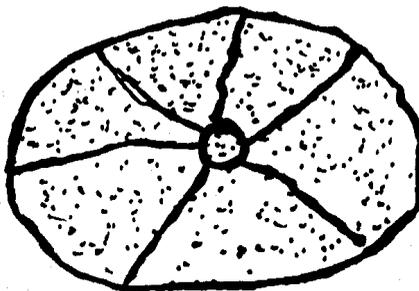
<u>MATERIAL</u>	<u>VELOCIDAD SONIDO</u> mts/seg.	<u>IMPEDENCIA ACÚSTICA</u> gr/cm <sup>2</sup> - seg.
Aire	345	40
Agua	1,500	0.15 x 10 <sup>6</sup>
Concreto	3,000	1 x 10 <sup>6</sup>
Granito	6,000	1.1 x 10 <sup>6</sup>
Acero	5,000	4 x 10 <sup>6</sup>

Muchas rocas naturales caen dentro de éste rango como se vee en la clasificación de rocas.

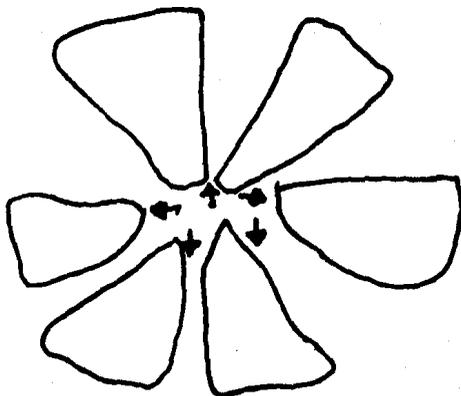
Veamos ahora el proceso destructivo del explosivo al ser detonada - una carga explosiva dentro de un barreno.

El proceso destructivo del explosivo se lleva a cabo en 2 etapas a saber:

La primera consiste en un agrietamiento en forma radial al barreno producido por la onda de choque, siendo la longitud de las grietas función del tipo de explosivo, cantidad y características de las rocas.



La segunda etapa.- Consiste en la expansión de los gases, los cuales al introducirse en las grietas formadas por las ondas de choques, producen un efecto de cuña que tiende a separar las fracciones, de roca, - ver dibujos, si la línea de grietas logra salir a la periferia, se produce el efecto mencionado, pero si las grietas no llegan al exterior los gases escapan por el propio barreno sin efectuar ninguna acción exterior dib. 2

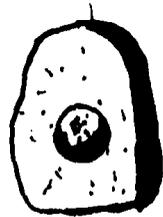
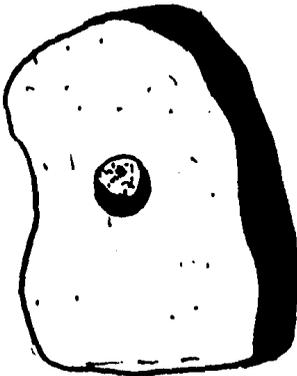


Factores que afectan la separación de los barrenos en una plantilla de barrenación.

En el diseño de la separación entre barrenos, existen tres factores que afectan directamente el cálculo y que son:

- A).- La relación de carga expresada en  $\text{kgs/M}^3$
- B).- El diámetro del barreno en Cms.
- C).- La densidad del explosivo  $\text{Kg/M}^3$ .

Veamos el factor A, La relación entre el volumen de roca por tronar y la cantidad de explosivo utilizado. (ver dibujo).



Caso 1 Roca muy grande: Volumen roca = 100 M<sup>3</sup>  
 cantidad de explosivo igual a 1 Kg.

Relación Kg. de explosivo  $a \text{ Kg/M}^3 = \frac{1 \text{ Kg}}{100 \text{ M}^3} = 0.01 \text{ Kg/M}^3$

Efectos :

La roca muy grande no se entera que pasó debido a que la relación de explosivo/roca es muy pequeño.

Veamos caso 2

Volumen de roca = 1 M<sup>3</sup>

Cantidad de explosivo = 1 Kg.

Relación Kg/M<sup>3</sup> =  $\frac{1}{1} = \text{Kg/M}^3$

Efectos:

La pequeña roca se pulveriza debido a que la relación explosivo/roca es muy grande

FACTOR B

RELACION DE DIAMETRO UTILIZADO

Caso 1 Volumen de roca = 15 M<sup>3</sup> Cantidad de explosivo = 0.40 Kg.  
Diámetro del barreno = 7"

Caso 1 Relación  $\frac{\text{Kg. de explosivo}}{\text{Volumen de roca}} = \frac{0.40 \text{ Kg.}}{15.00 \text{ M}^3} = 0.026 \frac{\text{Kg}}{\text{M}^3}$

Efectos:

La roca no se entera que pasó debido a que la relación de ex  
plosivo/roca es muy pequeña.

Caso 2 Volumen de roca = 15 M<sup>3</sup> Cantidad de explosivo = 15 Kg.  
Diámetro del barreno = 6"

Caso 2 Relación  $\frac{\text{Kg. de explosivo}}{\text{Volumen de roca}} = \frac{15 \text{ Kg}}{15 \text{ M}^3} = 1 \frac{\text{Kg}}{\text{M}^3}$

Efectos:

La roca practicamente desaparece debido a que la relación ex  
plosivo / roca es muy grande.

FACTOR C

DENSIDAD DEL EXPLOSIVO

Caso 1 Densidad del explosivo = 0.70  $\frac{\text{Kg}}{\text{M}^3}$

Diámetro del barreno - 3"

Cantidad de explosivo = 2.50 Kg.

Volumen de roca = 10 M<sup>3</sup>

Relación  $\frac{\text{Kg. de explosivo}}{\text{Volumen de roca}} = \frac{2.50 \text{ Kg.}}{10 \text{ M}^3} = 0.25 \frac{\text{Kg}}{\text{M}^3}$

Efectos:

La roca se fractura en grandes bloques debido a la baja rela  
ción de explosivo/roca.

## Caso 2

Densidad del explosivo = 1.60 Kg/M<sup>3</sup>

Diámetro del barreno = 3"

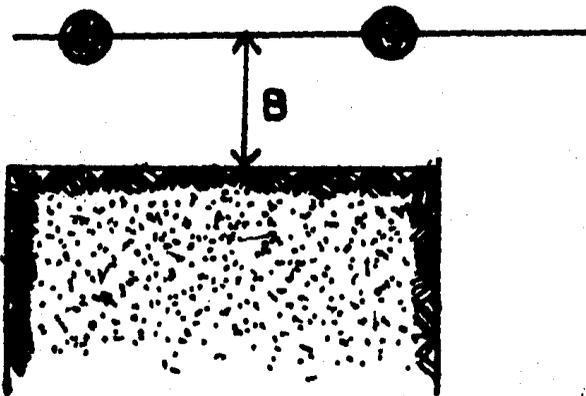
Cantidad del explosivo = 7.5 Kg.

Volumen de roca = 10 M<sup>3</sup>

Efecto: La roca se fractura en pequeños bloques debido a la mayor relación explosivo/roca.

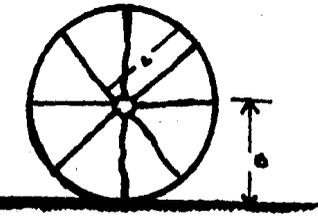
### DETERMINACION DE LA FRONTERA DE UN BARRENO

La distancia que existe entre el barreno y la cara libre o frente, - se denominará frontera y se representa por la letra B, existe una relación óptima donde colocar el barreno con respecto a la cara libre, para determinar esta distancia, analizaremos tres casos.

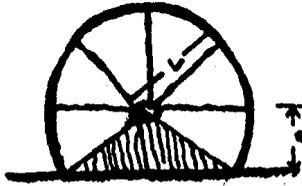


- 1) Donde  $L$  (longitud de las grietas)= " $B$ "
- 2) Donde  $\frac{L}{2}$  (longitud de las grietas)= " $B$ "
- 3) Donde  $\frac{L}{10}$  (longitud de las grietas)= " $B$ "

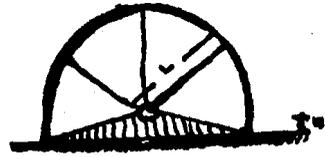
CASO No. 1



caso no. 2



CASO No. 3

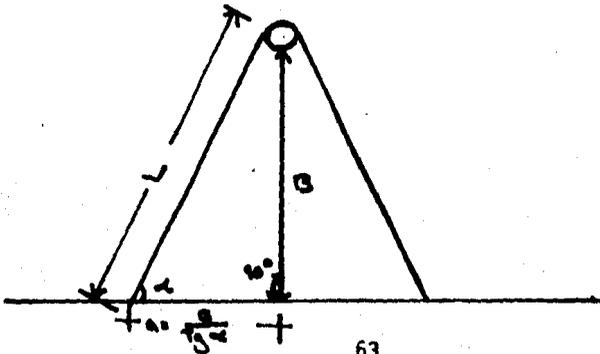


En el caso No. 1 Las grietas, no alcanzan a llegar al frente por lo que los gases no tienen donde expandirse obligandose a salir por el propio barreno .

En el caso No. 2 Existe la zona ashurada donde las grietas llegaron al frente produciendose grietas, donde los gases actúan desplazando los bloques de roca hacia el frente.

En el caso No. 3 la acción del explosivo se desarrolla en la misma forma que en el caso no. 2 con la diferencia que el volumen desplazado por el explosivo (zona ashurada) es menor.

De lo anterior se deduce que la frontera óptima ea aquella con al que -- se obtiene la mayor área y queda determinada de acuerdo a la sig. fig.



### CALCULO DE LA CANTIDAD DE EXPLOSIVO EN UN BARRENO.

Al efectuar con el equipo de barrenación una perforación en la roca lo que está uno fabricando es un hueco para que posteriormente éste sea llenado con explosivo, el volumen que se obtiene por ML es como sigue.

$$B = \frac{\pi D^2}{4} \times 100 \text{ Donde } D = \text{Diámetro de la broca en cms.}$$

La cantidad de explosivo que uno puede colocar en el hueco, es igual al volumen del barreno, multiplicado por la densidad del explosivo que se utilice (grs/cm<sup>3</sup>)

Ejemplo 1 ) Si tenemos un barreno de 2" de diámetro (5.08 cms) y un explosivo toval con densidad de 1.6 gr/cms<sup>3</sup>

$$\text{Cantidad de explosivo} = \frac{(3.1416) (5.08)^2}{4} \times 100 \times 1.6 = 3.24 \text{ KG.}$$

Ejemplo 2)

Barreno de 2" de diámetro (5.08 cm) y dinamita extra 40 %  
densidad = 1.29 Kg/cm<sup>3</sup>

$$\text{Cantidad de explosivo} = \frac{(3.1416) (5.08)^2}{4} \times 100 \times 1.29 = 2.61 \text{ Kg.}$$

Analizando los dos ejemplos anteriores se deduce que para un mismo diámetro de barreno puede uno tener diferente cantidad de explosivos -- únicamente utilizando diferente clase de explosivo. Para diseño de la plantilla de barrenación lo que importa es la cantidad de explosivo y no el tipo de dinamita por utilizar.

DETERMINACION DE LA FRONTERA

En el diseño de una plantilla de barrenación salida libre la separación de los barrenos está en función del diámetro de la broca "d" en cms de la densidad del explosivo por utilizar "S" en grs/cm<sup>3</sup>. y de la relación tomada de Kg. de explosivo por M<sup>3</sup> de roca.

La parte más difícil de sacar en una tronada es el fondo del barreno debido a que el explosivo actúa muy débilmente en planos normales al eje del barreno.

Para lograr resultados óptimos se recomienda que se diseñe la plantilla de barrenación precisamente en el plano que forma el fondo de los barrenos.

Cálculo de la separación de los barrenos.

Cantidad de explosivos  $\frac{\pi d^2}{4}$

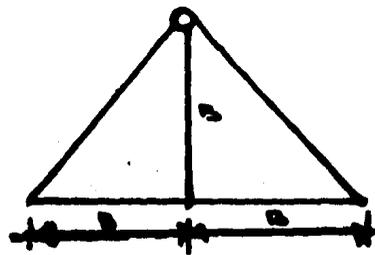
Vol. de roca =  $2 \times \frac{B}{2} \times \frac{B}{2} = B^2$

Por lo que =  $\frac{(Kg)}{M^3} \frac{\pi d^2 S}{4 B^2}$

Despejando B

$B = \sqrt{\frac{\pi d^2 S}{4 (kg/M^3) 10}}$

Diámetro="D"  
Densidad = S



En donde la separación de los barrenos en el fondo de la plantilla queda determinada por la sig. fórmula.

$B = \sqrt{\frac{\pi d^2 S}{4 (kg/M^3) 10}}$

Donde:

B= Dist. del barreno a la carga libre en Mts.

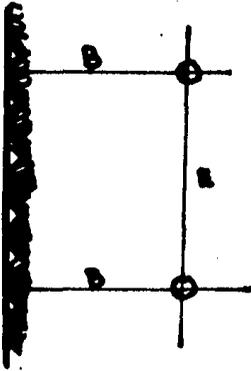
d= Diám. del barreno en cms.

d= Densidad del explosivo en gr/cm<sup>3</sup>

Kg./M<sup>3</sup> = Factor de carga

K= Coeficiente en función de la habilidad del personal  
condición normal = 0.8

La separación entre barrenos laterales "E" se determina en las funciones de la frondea  $F = F \times B$  para una fragmentación normal se recomienda  $F = 1.2$  para una fragmentación de grandes bloques se recomienda  $F \neq 1.2$



$E = 1.3 B$  de 1 pulg. (2.54 cm) a 4 pulg. (10cm)

$E = 1.2 B$  de 4 pulg. en adelante (10cm) de diámetro

B = Pata ó Berma

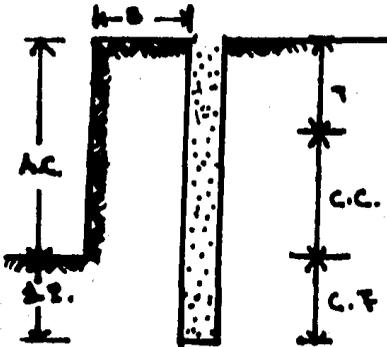
E = Espaciamiento

d =  $\phi$  del barreno en cms.

= densidad del explosivo en grs/cm.

K = Factor de eficiencia y alineado de la barrenación :  $K = 0.8 \pm$

Kg/M<sup>3</sup> = Factor de carga (si el factor de carga está sacado en Kg/ton. convertir a Kg/M<sup>3</sup> multiplicando ese factor por la densidad de la roca)



$$B = K \sqrt{\frac{\pi d^2 \delta}{4(\text{kg/M}^3 \cdot 10)}}$$

## CALCULO DE LA CARGA EXPLOSIVA

Técnica Mexicana de voladuras  
(nomenclatura Mexicana)

- Bmax = Bordo máximo en Mts.
- Bl = Bordo práctico en Mts.
- E, = Espaciamiento práctico en Mts.
- A.C. = Altura de la cara del banco en Mts.
- S.P. = Sub-perforación en Mts.  
(perforación bajo el piso en Mts)
- C.F. = Carga de fondo en Kgs.
- C.C. = Carga de columna en Kgs.
- FC = Factor de carga en Kgs/M<sup>2</sup>

### TOVAL (México)

Con un explosivo cuyas características son:

Velocidad de detonación: 500 - 5500 Mts. segundo

Factor de energía aprox. 500 ton. M/Kg.

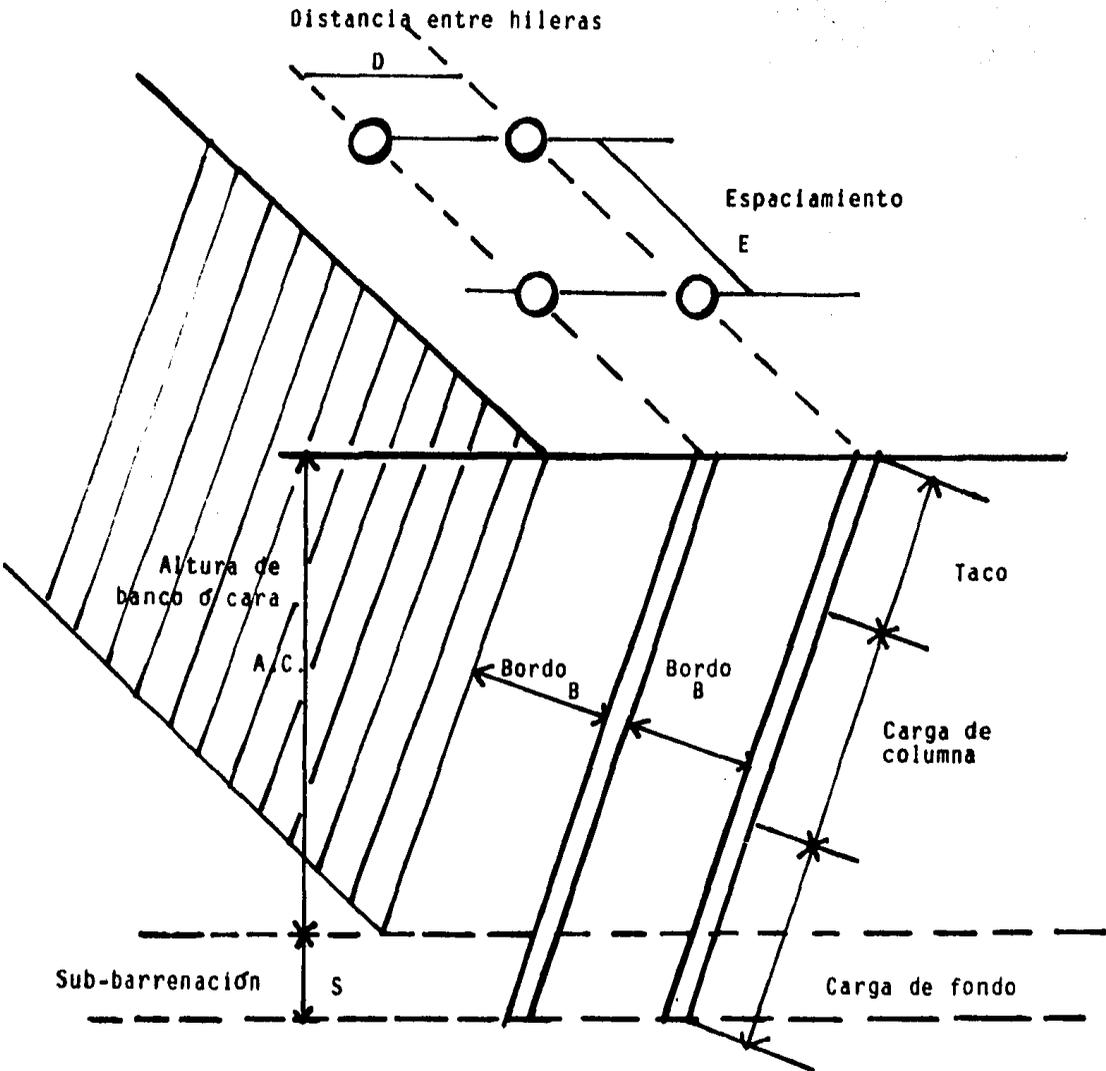
Potencia relativa: 100

- F = Falla o error de perforación
- E, = Espaciamiento práctico en Mts.
- S.P. = Sub-perforación en Mts.
- P.B. = Profundidad del barreno en Mts.
- A,C = ALTURA de la cara del banco en Mts.
- C,F<sub>k</sub> = Carga de fondo en Kgs.
- C.C<sub>k</sub> = Carga de columna en Kgs.

## CALCULO DE LA CARGA EXPLOSIVA

- $f_{cm^3}$  = Factor de carga en kgs/M<sup>3</sup>
- $f_{ct}$  = Factor de carga en kgs/ton.
- $d$  = Diámetro del barreno en pulg., centímetros o milímetros
- C.F.  
K/ML. = Concentración de la carga de fondo en kgs/M.L.
- C.F.<sub>m</sub> = Altura de la carga de fondo en mts.
- C.C.<sub>m</sub> = Altura de la carga de columna en mts.
- T = Taco (retacado) en metros
- P.E. = Perforación específica MI/M<sup>3</sup>
- A.B. = Anchura del banco por volar en mts.

**NOMENCLATURA**



Fuente: Arne Samuelson

## FORMULAS BASICAS PARA VOLADURAS DE BANCO

- 1.-  $B_{max} = (45) (D)$   
Bordo máximo teórico = 45 x diámetro del barreno
- 2.-  $S.P. = (0.3) B_{max}$ .  
Sub perforación = (0.3) (bordo máximo teórico)
- 3.-  $P.B. = AC + S.P. + 0.05 (AC + S.P.)$   
Profundidad del barreno = Altura de la cara + subperforación + 5 cm/m debido a la inclinación 3:1 del barreno.
- 4.-  $F. = 0.05 + 0.03 \times P.B.$   
Falla o error de perforación = 5 cms de error de emboqui llado + 3 cm/m de barreno.
- 5.-  $B_1 = (B_{max} - F)$   
Bordo práctico = Bordo máximo - falla o error de perforación
- 6.-  $E_1 = (125) (B)$   
Espaciamiento práctico = (1.25) (bordo Práctico)
- 7.-  $C.F.K. = \frac{d^2 \text{ Concentración carga de fondo en kg/ml}}{1000} = \frac{(Díametro del barreno)^2}{1000}$
- 8.-  $C.F.m. = (1.3) (B_{max})$   
Altura de la carga de fondo en mts. = (1.3) (bordo Máximo)
- 9.-  $C.F.K. = C.F. m \times C.F.k.$   
Carga de fondo en kilos = (carga de fondo en mts) (carga fondo K/ml.)

10.-  $C.Ck = (0.4 - 0.5) (C. Fk)$

Concentración de la carga de columna =  $(0.4 - 0.5)$  (concentración de carga de fondo)

11.-  $C.C.m = (P.B.) - (C.Fm + T)$

Altura de la carga de columna en mts. = (profundidad del barreno) - (Altura de carga de fondo en mts. + taco)

12.-  $T = B_1$  (en ciertos casos  $B_{max}$ )

Taco o retaque = bordo práctico (en ciertos casos bordos Máximo)

LAS FORMULAS SON VALIDAS CON LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- 1.- Constante de roca  $r = 0.4 \text{ kg/M}^3$
- 2.- Cargar con un explosivo con la potencia relativa y la densidad  $1.25 \text{ kg/M}^3$  en el barrenado, corresponde aproximadamente a la Gelatina extra 40 %
- 3.- Inclinación de la barrenación 1:3 (33 %)
- 4.- Retardos MS
- 5.- Número limitado de hileras por voladura.
- 6.- Espaciamiento =  $1.25 \times \text{bordo}$
- 7.- Sin restricción de vibraciones del terreno
- 8.- Bancos con altura mayor de  $2 \times B \text{ máx.}$
- 9.- Fragmentación normal

Si no se cumple con estas condiciones hay que hacer correcciones de los cálculos.

Mucha gente opina que las fórmulas de Langefors no pueden usarse en todos los casos. En realidad no se conoce ningún caso, -- donde no se puede llegar al resultado deseado, aplicando las fórmulas de Langefors.

En lo siguiente se indica como se hace el cálculo si las condiciones arriba son cambiadas.

- 1.- Otra constante de roca

La constante puede variar entre 0.2 y  $1.2 \text{ kg/M}^3$  donde 0.2 corresponde a roca fácil de tronar y 1.2 a roca sumamente difícil de tronar.

$$\text{Bordo máx. } r = \text{bordo Máx. } 0.4 \sqrt{\frac{0.4}{r}}$$

2.- Otro explosivo

Se necesita saber la potencia por peso del suelo explosivo y la densidad en el barreno.

Para Gelatina extra 40 % la potencia por peso es 1 kg/M<sup>3</sup> y la densidad 1.25 kg/M<sup>3</sup>

Para otro explosivo

$$B_{\text{máx}} = B_{\text{máx, de 40 \%}} \times \sqrt{\frac{\text{potencia} \times \text{densidad}}{1 \times 1.25}}$$

3.- Otra inclinación de los barrenos

La fórmula básica está calculada con la inclinación de 33 % -- (1 horizontal a 3 verticales)

El grado de fijación en el fondo varía con la inclinación del barre no según la siguiente fórmula:

$$f = (1.11 - 0.006) (\alpha)$$

donde f = factor de fijación

$\alpha$  = ángulo en grado al vertical

$$B_{\text{máx}} = B_{\text{máx, 33 \%}} \sqrt{\frac{1}{f}}$$

4.- Retardos MS son indispensables en voladuras de banco

5.- Voladuras con varias hileras

El esponjamiento (abundamiento) en la hileras atrás no puede -- suceder unicamente adelante, sino tiene que ser también por -- arriba.

Para subir el punto de gravedad de la roca, se tiene que aumentar la carga, en esta caso reducir el bordo.

Fórmula simplificada:

$$B_n = B_{\text{máx}} (1 - k \times A), \text{ donde}$$

$B_n$  = Bordo práctico para hileras n

$$B_{\text{máx}} = \text{Bordo máximo} = 45 \times d$$

A = Altura del banco

K = Factor según tabla abajo

Número de hileras	1	2	3	4	5	6	7
K	0	0.006	0.010	0.013	0.015	0.017	0.018

En el caso de no rezagar entre voladuras gustafsson recomienda un aumento de la carga =  $0.03 (A - 2 \times B_{\text{máx}}) + \frac{0.40}{L}$  Kg/M<sup>2</sup> donde L = ancho del banco.

6 Espaciamiento  $\neq 1.25 \times \text{Bordo}$

Se tiene unicamente que respetar que el producto BX E es constante (esto no quiere decir que se puede hacer cambios grandes sin efectuar, - la fragmentación).

7 Si hay restricciones de vibraciones

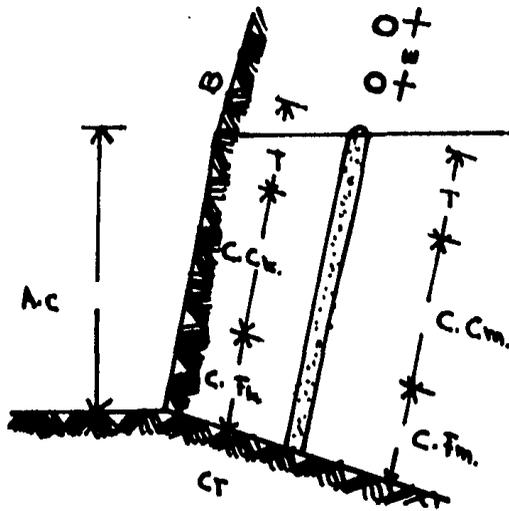
Se tiene que hacer el cálculo basandose en la carga dimensionante permitida.

- 8 Si el banco tiene una altura menor de  $2 \times B_{\text{máx}}$ .  
 $B_{\text{máx}}$  se reduce automáticamente a  $A/2$

Con el nuevo  $B_{\text{máx}}$  se calcula un diámetro ficticio del barreno y después la carga correspondiente a este diámetro.

- 9 Se mejora la fragmentación entre otros factores, con el aumento de la carga específica.

Por ejemplo con un bordo de 2.0 M se obtiene el tamaño promedio de los bloques de 0.9 M con la carga 0.30 Kg./M<sup>2</sup> mientras con la carga de 0.45 Kg/M<sup>2</sup> (50% de aumento) el tamaño promedio es 0.45 M o la mitad.



Datos:

Altura de la cara de banco =  $A_c = 12.0$  Mts.

Anchura del banco =  $AB = 20.0$  Mts.

Diámetro del barreno =  $d = 2 \frac{1}{2}'' = 6.35$  Cm =  $63.5$  mm.

Calculo:

1o- Bordo Máximo teórico = (45) (diámetro del barreno)

Fórmula  $B_{\text{máx}} = (45) (d)$

$$B_{\text{máx}} = (45) (63.5) = 2857.5 \text{ mm} = 2.85 \text{ Mts.}$$

2o.- Sub-perforación

Fórmula :  $S.P. = (0.3) (B_{\text{máx}})$

$$S.P. = (0.3) 2.85 \text{ m} = 0.85 \text{ Mts.}$$

3o.- Profundidad del barreno

Fórmula :  $P.B. = AC + S.P. + 0.05 (AC + S.P.)$

$$P.B. = 12.0 + 0.85 + 0.05 (12.0 + 0.85) = 13.50 \text{ Mts.}$$

4o.- Falla o error de perforación

Fórmula :  $F = 0.05 + (0.03) (P.B.)$

$$F = 0.05 + (0.03) (13.50) = 0.45 \text{ Mts.}$$

5o.- Bordo Práctico

Fórmula :  $B_p = (B_{\text{máx}} - F)$

$$B_p = 2.85 - 0.45 = 2.40 \text{ Mts.}$$

6o.- Espaciamento Práctico

Fórmula :  $E_1 = (1.25) (B_1)$

$$E_1 = (1.25) (2.40 \text{ mts}) = 3.00 \text{ Mts.}$$

Número de espacios :  $\frac{AB}{E_1} = \frac{20.0 \text{ Mt}}{3.00} = 6.66$

7o.- Concentración carga de fondo en kg/ml.

Fórmula :  $C. F. \text{ kg/ml} = \frac{d^2}{1000}$

$$C.F. \text{ kg/ml} = \frac{(63.50)^2}{1000} = 4.03 \text{ Kgs.}$$

8o.- Altura de la carga de fondo en mts.

Fórmula:  $C. F. \text{ m} = (1.3) (Bm \times)$

$$C. F. \text{ m} = (1.3) (2.85) = 3.70 \text{ m}$$

9.- Carga de fondo en kilos

Fórmula:  $C.F.K. = (C.Fm) (C.F. \text{ kg/ml})$

$$C.F.K. = (3.70) (4.03) = 14.91 \text{ Kgs.}$$

10o.- Concentración de la carga de columna en Kgs.

Fórmula :  $C.C.K = (0.4 - 0.5) (C.F \text{ k/m})$

$$C.C.K. = (0.4 - 0.5) (4.03 \text{ Kg}) = 2.01 \text{ Kgs/ml.}$$

11o.- Taco o retaque

Fórmula:  $T = B_1$

$$T = 2.40 \text{ Mts.}$$

12o.- Altura de la carga de columna en mts.

Fórmula:  $C.Cm = (P.B) - (C.Fm + T)$

$$C.Cm = (13.50) - (3.70 \text{ m} + 2.40 \text{ Mts}) = 7.40 \text{ Mts.}$$

13.- Altura de la carga de columna en Kgs

Fórmula: C.C kg = (C.Om ) (C.C Kg/ml)

$$C.C. \text{ kg} = ( 7.40 \text{ mts} ) ( 2.01 \text{ kg/ml} ) = 14.87 \text{ Kg.}$$

14.- Carga total en Kgs.

Fórmula C tot. = C.F. + C.C.

$$C \text{ tot} = 14.91 \text{ kg} + 14.87 \text{ Kg} = 29.78 \text{ Kg.}$$

15.- Carga específica

Fórmula :  $fc = \frac{\text{Barrenos} / \text{Hileras} \times C. \text{ tot.} / \text{Barreno}}{B_1 \times AC \times AB}$

$$fc = \frac{8 \times 29.78}{2.40 \times 12.0 \times 20} = 0.4136 \text{ Kg/M}^3$$

16.- Perforación específica

Fórmula:  $P.E. = \frac{\text{Barrenos} / \text{Hilera}}{B_1 \times A.C. \times A.B.}$

$$P.E. = \frac{8 \times 13.50}{2.40 \times 12. \times 20} = 0.1875 \text{ MI/M}^3$$

RESUMEN DE DATOS IMPORTANTES  
 =====

NOMENCLATURA EUROPEA

ALURA DE BANCO m	PROF. DEL TALADRO m	PIEDRA m	ESPACIA- MIENTO m	CARGA DE FONDO kg kg/m	CARGA DE COLUMNA kg kg/m	CARGA ESPE- CIFICA kg/m <sup>3</sup>	PERFO- RACION ESPE - CIFICA m/m <sup>3</sup>
---------------------	------------------------	-------------	-------------------------	---------------------------	-----------------------------	--	---

RESUMEN DE DATOS  
 =====

NOMENCLATURA MEXICANA

ALURA DE LA CARA mts	PROF. DEL BARRENO mts	BORDO B mts	ESPACIA- MIENTO E mts	CARGA DE FONDO C.F. kgs/kgs /ML.	CARGA DE COLUMNA C.C. Kgs kgs/ MJ.	CARGA ESPE- CIFICA fc kgs/m <sup>3</sup>	PERFORACION ESPECIFICA P.E. ML/M <sup>3</sup>
-------------------------	--------------------------	-------------------	--------------------------------	---	---	---	---

Ejemplo.-

CALCULO DE UNA VOLADURA POR EL METODO SUECO (OVERBURDEN)

Fórmulas:

Carga de fondo : ( porm)

$$q_f = -0.001 d^2 \text{ kg/m} \quad (d \text{ en mm})$$

Carga de columna ( )

$$q_c = 0.4 q_f$$

Pata o Berma:

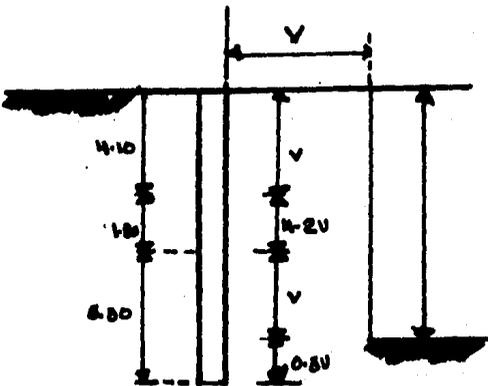
$$V_T = 45 d \quad (\text{teórica})$$

$$V_R = V_T - 0.05 - 0.03 H \quad (\text{Real})$$

Ejemplo:

$$d = 4''$$

$$H = 10 \text{ m.}$$



$$V_T = 45 \times 0.1 = 4.5-$$

$$V_R = 4.50 - 0.1 - 0.03 \times 10 =$$

$$V_R = 4.10 \text{ m}$$

$$q_f = 0.001 \times \frac{100}{2} = \text{kg/m}$$

$$C_f = 10 \times 5.30 = 53 \text{ kg. contra } 53.12 \text{ (Dupont)}$$

$$q_c = 0.4 \times 10 = 4 \text{ kg/m.}$$

$$C = 4 \times 1.8 = 7.2 \text{ kg. Contra } 19.68$$

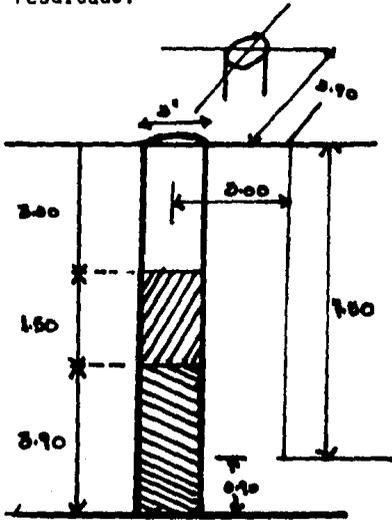
TACO = PATA

EL dimensionamiento = DUPONT.

Nota: Esto es correcto para densidades = 1.25 Kg./Dm<sup>3</sup>  
para otras densidades falta o sobra espacio en  
el barrenado hay que ajustar.

Ajuste.-

En otro ejemplo, suponiendo que hubiéramos llegado al siguiente resultado:



$$V = 3.90 \times 3 \times 7.5 = 87.75 \text{ M}^3$$

si  $q = 0.35 \text{ Kg/M}^3$  (Aprox.)

$$Q = 0.35 \times 87.75 = 30.71 \text{ Kg.}$$

$$C_c = 8.3 \text{ Kg.}$$

$$C_f = 22.41 \text{ Kg.}$$

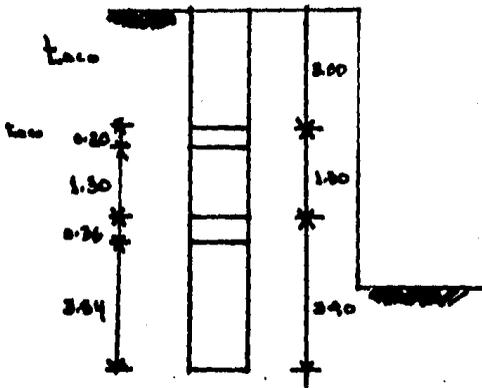
DENSIDAD DEL EXPLOSIVO: 1.45

C A R G A S

	CAPACIDAD DEL BARRENO			
	CALCULADA		CAPACIDAD DEL BARRENO	
	PESO	ALTURA	PESO	ALTURA
Carga de Fondo:	22.41 Kg.	3.54	24.65 Kg	3.90
Carga de Columna:	8.3 Kg.	1.30	9.57	1.50

Por lo tanto sobra espacio en el barreno, lo que no podemos permitir ya que tendríamos que dejar un espacio entre las cargas, relleno con -taco, lo que equivale a poner dos cebos a desperdiciar barrenación.

Si quisieramos dejar así el barreno quedaría:



A) Disponemos de 1.5 M para carga de columna y sólo necesitamos 1.30 M. sobran 0.20 M.

de barreno (15%)

$$(1.50 + 1.30 = 1.15)$$

B) Disponemos de 3.90 M. para carga de fondo y sólo necesitamos 3.54, sobran 0.36 M. de barreno (10%)

$$(3.90 + 3.54 = 1.10)$$

Para mejorar esto tenemos que aumentar la separación entre barrenos, para que al aumentar el volumen ( $V = A \times B \times H$ ), (con el mismo consumo específico) aumente la cantidad de explosivos y se llene el barreno. Este aumento del volumen debe ser en la misma proporción que entre la capacidad del barreno y la carga calculada.

Tenemos dos proporciones (1.15 y 1.10) usaremos 1.10 ya que la carga de columna no la podemos aumentar 1.15 veces,

Si quiero aumentar el volumen en la proporción K:

$$Q_2 = K Q_1$$

Donde :

$$K = \frac{\text{Capacidad del barreno}}{\text{Carga calculada}}$$

$$A' \times B' \times H' = K \times A \times B \times H$$

$$A' B' = K A B$$

Pero:  $R = \frac{A}{B} = \text{constante}$  (para no variar la granulometrfa).

$$A = R \times B$$

$$A' = R \times B'$$

$$R B'^2 = K R B^2$$

$$B' = \sqrt{K'} B$$

Y también

... (1)

$$A' = \sqrt{K'} A$$

Lo que se entiende si multiplicamos ambas expresiones:

$$A' B' = K A B$$

Aplicando las ecuaciones (1) a nuestro caso :

$$A' = \sqrt{1.10^3} \times 3.00 = 3.14 \text{ M}$$

$$B' = \sqrt{1.10^3} \times 3.90 = 4.09 \text{ M}$$

Con esta nuevas separaciones el volúmen queda :

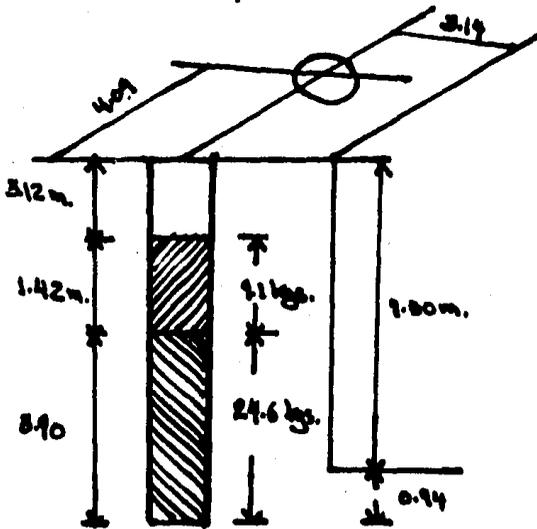
$$V = 3.14 \times 4.09 \times 7.5 = 96.31 \text{ M}^3$$

$$Q = 0.35 \times 96.31 = 33.70 \text{ Kg.}$$

$$C_c = 9.1 \quad h_c = 1.42 \text{ M}$$

$$C_f = 24.6 \text{ Kg.} \quad h_f = 3.90 \text{ M.}$$

Con lo que el barreno ajustado queda así:



Nota: todo via es diseño teórico por que no conocemos al conchazo específico.

Ahora nos queda el problema de ajustar el barreno al banco, y tomar en cuenta la granulometría requerida de la roca y las características de la roca en el banco.

Para ello recordemos que el aumentar la relación B/A disminuye el tamaño de la roca y viceversa y que para que el diseño del barrenado usamos  $B/A = 1.3$ , por ello, para ajustar el barrenado al banco debe saber si quiere roca grande o chica.

En el segundo ejemplo, supondremos que se requiere roca chica, de 0.50, para lo que necesitamos aumentar  $B/A$  a partir de 1.3, se sugiere:

En la prueba 1:  $B/A = 1.3$

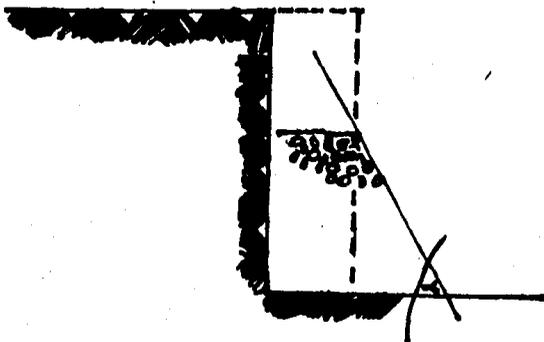
En la prueba 2:  $B/A = 1.5$

En la prueba 3:  $B/A = 1.7$

En la prueba 4:  $B/A = 1.9$

En la prueba 5:  $B/A = 2.1$

Que son pruebas que se hacen físicamente en el banco, observando las proyecciones, el tamaño de la roca y el ángulo del montón de roca --- después de la voladura



Este ángulo  $\alpha$  debe ser  $45^\circ$ , si es mayor falta explosivo, y si es menor sobran explosivos muchas proyecciones también indican exceso de -- explosivo.

RESUMEN DE LA OBSERVACION

R = B'/A'	TAMAÑO DE LA ROCA	$\alpha$	PROYECCIONES.
1.3	1.00 m.	30°	Muchas
1.5	0.80	32°	"
1.7	0.60	35°	"
1.9	0.50	37°	Regular
2.1	0.40	40°	Pocas

Lo que nos indica que debemos usar una relación B'/A' = 1.9 y que tenemos exceso de explosivo.

*Nota: Datos reales de un banco de roca sedimentaria.*

1ª) Ajustaremos la relación B/A:

En nuestro ejemplo sabemos que

$$A' \times B' = B \times A = 4.09 \times 3.14 = 12.84 \text{ M}^2$$

$$\text{Como } \frac{B'}{A'} = 1.9$$

$$B' = 1.9 A'$$

$$1.9 A'^2 = 12.84$$

$$A' = \sqrt{\frac{12.84}{1.9}} = 2.60 \text{ M}$$

$$B' = 1.9 \times 2.60 = 4.94 \text{ M.}$$

Y la nueva separación entre barrenos serán

$$2.60 \times 4.94$$

Las fórmulas generales son:

$$A' = \sqrt{\frac{A \times B}{R}}$$
$$B' = A' R$$

2º) Ajustaremos la cantidad de explosivos.

Como hay exceso : tenemos que separar los barrenos para disminuir el consumo de explosivos, pero conservando la relacion A/B para no variar la granulometría.

Haremos pruebas nuevamente en el banco con consumos especificos 95 %, 90 % y 85 % del consumo original, para ello aplicamos las fórmulas 1 :

Para 95 % :

$$A_1 = \frac{A}{\sqrt{0.95}} = \frac{2.60}{\sqrt{0.95}} = 2.67 \text{ M.}$$

$$B_1 = \frac{B}{\sqrt{0.95}} = \frac{4.94}{\sqrt{0.95}} = 5.07 \text{ M.}$$

Comprobación:

$$\frac{A_1 \times B_1}{A \times B} = \frac{2.60 \times 4.94}{2.67 \times 5.07} = 0.95$$

$$\frac{B_1}{A_1} = \frac{5.07}{2.67} = 1.90$$

La fórmula general es:

$$A' = \frac{A}{\sqrt{C}}$$

$$B' = \frac{B}{\sqrt{C}}$$

Donde C = Porcentaje de consumo con respecto al original

Usando la misma fórmula obtenemos para 90 % :

$$A_2 = \frac{2.60}{\sqrt{0.90}} = 2.74 \text{ M.}$$

$$B = \frac{4.94}{\sqrt{0.90}} = 5.21 \text{ M}$$

Para 85 %

$$A_3 = \frac{2.60}{\sqrt{0.85}} = 2.82 \text{ M}$$

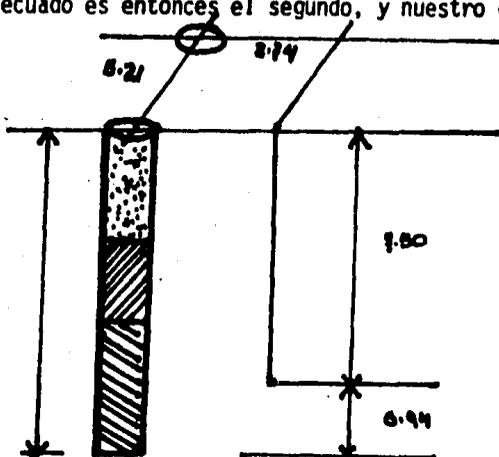
$$B_3 = \frac{4.94}{\sqrt{0.85}} = 5.36 \text{ M}$$

Con estas separaciones, y el mismo diseño del barreno se --  
realizan nuevamente pruebas en el banco observando el ángulo  $\alpha$  y  
las proyecciones.

### RESUMEN DE LA OBSERVACION

C	A	B	$\alpha$	PROYECCIONES
0.95	2.67	5.07	40°	Regular
0.90	2.74	5.21	45°	Pocas
0.84	2.82	5.36	48°	Pocas

El valor adecuado es entonces el segundo, y nuestro diseño final sera:



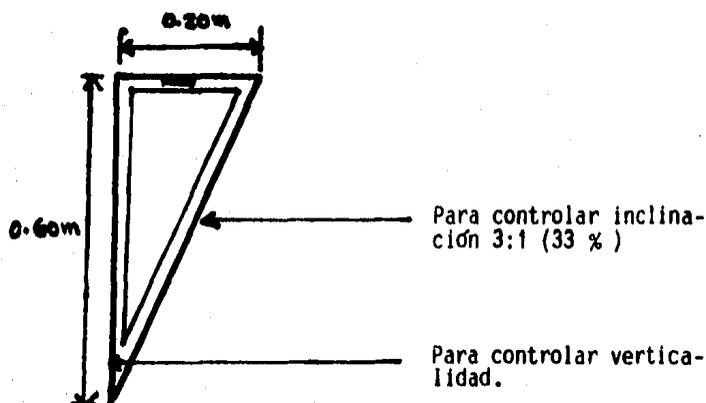
Con esto hemos asegurado las características de la voladura:

- Granulometría rquerida.
- Consumo mínimo de explosivos.
- Mínima barrenación
- Mínimas proyecciones.
- Mínimo daño ala roca detrás de la voladura.

## RECOMENDACIONES PRACTICAS PARA VOLADURAS DE BANCO

### I.- Barrenación

- a). - La precisión de la barrenación es sumamente importante para el éxito de la voladura.
- b). - Para el emboquillado del barreno se puede permitir una diferencia de 5 cm. máximo del punto marcado.
- c). - La dirección del barreno puede tener un error máximo de 3 %
- d).- No es suficiente que la inclinación es correcta, el barreno tiene también que ser vertical en un sentido perpendicular a las hileras de barrenación.
- e). - La inclinación se puede controlar con el instrumento DIT 70, pero para la dirección es necesario tener puntos de referencia atrás de la barrenación.
- f). - Para las perforadoras que no tienen instrumentos DIT 70 trabajando se recomienda el uso de una escuadra en la siguiente forma.



- g). - El uso de una plomada es un método muy inexacto y además muy tardado.
- h). - Es necesario de calcular bien la profundidad del barrenado, tomando en cuenta el nivel en el banco arriba, el piso abajo, la sub-barrenación y el aumento de 5 % por la inclinación de 3:1 (33 %)

## II.- Carga

### Carga de fondo

- a).- Es importante que siempre se cargue en el fondo con Toval 2 x 16" u otro explosivo con las mismas dimensiones de empaque.

se carga en la siguiente forma:

- b).- Se hacen dos cortaduras longitudinales en una salchicha de Toval y se mete en el fondo del barrenado.
- c).- En la siguiente salchicha se mete estopón (abajo) y se mete en el barrenado. En esta salchicha no se hacen las cortaduras.

Se debe checar de vez en cuando la densidad de la carga de fondo como sigue:

- d).- Se mide la profundidad exacta del barrenado.
- e).- Se calcula la altura de carga de fondo y el volumen que ocupa --- (un barrenado de 3" tiene un volumen de 4.5 litro/ml.)
- f).- Se divide el peso con el volumen ocupado para obtener la densidad de la carga de fondo en kg/ litro.

La densidad debe ser carga de 1,4 kg/litro.

### II.2 Carga de columna

- 2.a Se tiene que controlar que la carga de Mexamon no excede demasiado la cantidad teórica.
- 2.b. Si hay muchos huecos en el barrenado es necesario usar bolsas de plástico delgado para contener el explosivos.

Otro método para confinar la carga de columna es amarrar las salchichas de Toval a un cordón detonante, distribuidos para dar la misma densidad de carga como el Mexamón.

Este método es muy caro y debe usarse solamente en casos especiales. En roca cavernosa es mejor bajar la altura del banco y usar solamente una carga de fondo.

La velocidad de detonación y consecuentemente la potencia del Mexamón -- baja mucho en barrenos de 3" y columnas largas.

Por eso se recomienda poner 1/2 salchicha de Toval en el medio de la carga de columna en bancos de 12 a 15 m.

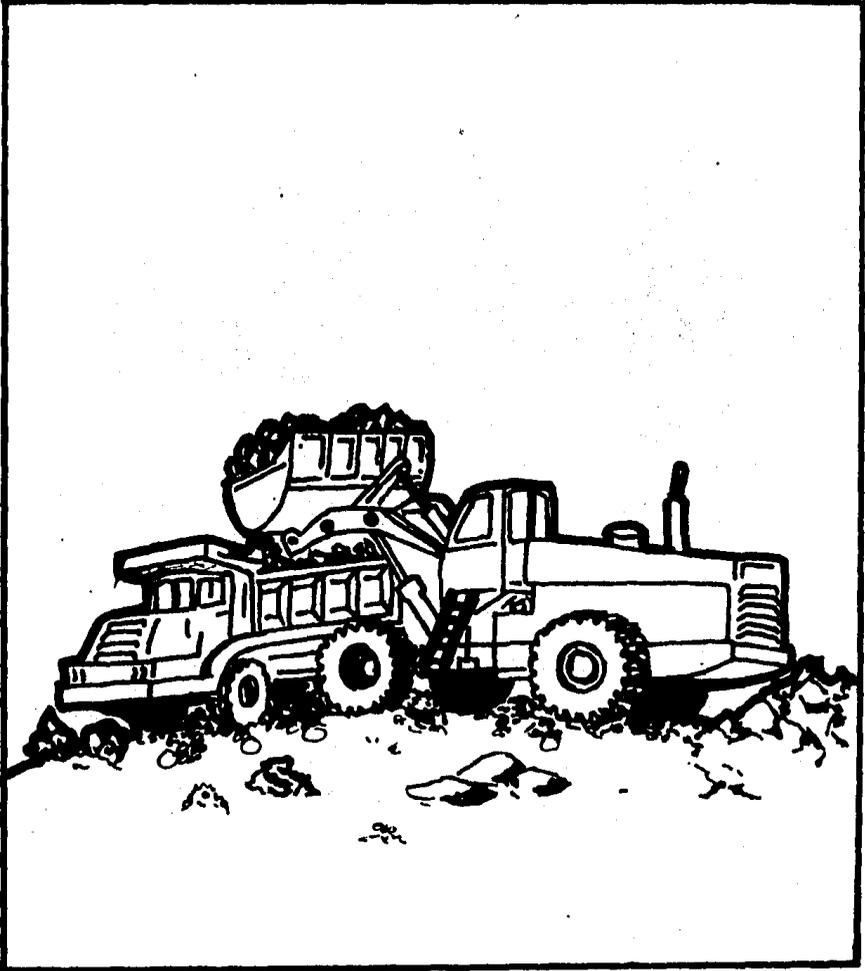
### III.- Taco (Stemming)

IIIa.- Hay que controlar que el taco tenga la altura adecuada --- (con barrenación de 3" normalmente 2,50 m).

- b) - Es un gasto inútil de carga mexamón hasta la superficie y - además aumenta el riesgo de lanzamientos fuertes.
- c) - El taco debe ser gravilla seca y no del lodo de barrenación que es demasiado fino y no contiene los gases de la explosión.

### IV.- Ignición

- a.- La ignición siempre debe ser en el fondo del barreno. Las únicas excepciones son precorte y postcorte.
- b.- La secuencia de ignición tiene una influencia directa en el resultado de la voladura, especialmente en la fragmentación.
- c.- Se debe evitar voladuras con más de 4 hileras.



Cargando en un banco de material.

### Ejemplo:

En la construcción de una Presa es necesario obtener material rocoso para la atagüfa principal.

Se hace la planeación para obtener los siguientes Volúmenes:

Rezaga 150,000 M<sup>3</sup>

Enrocamiento 100,000 M<sup>3</sup>

Se tiene localizado un banco del que se puede fácilmente sacar 300,000M<sup>3</sup> en una primera etapa.

Si la roca fracturada da un bajo por ciento de bloques grandes puede ser necesario extraer enrocamiento más adentro del banco donde este la roca sana.

Se puede suponer un poco generalizado que se puede sacar rezaga de la -- roca fracturada y la roca sana, pero enrocamiento unicamente de la roca sana.

#### Condiciones Geológicas.

En la zona actual, casi no hay depósito de talud.

Las rocas predominantes son arenisca, toba, pizarra y lutita. Aunque tienen características diferentes se opina que la estratificación en la zona fracturada es la más importante para el resultado de las voladuras. Los estratos son más o menos paralelos al talud, pero el echado de más hacia el norte, lo que es favorable para la fragmentación y para la estabilidad de los cortes.

#### Topografía

El terreno es bastante accidentado y no es económico hacer accesos para un banqueo convencional.

## Procedimiento de l trabajo

### Aire comprimido

Se propone meter un banco de 4 compresores 750 c<sup>3</sup>m o la capacidad co rrespondiente en el fondo de la barranca en una distancia segura del ex-- tremo de la cantera hacia el río.

Se necesita tuberfa de 6" pero se puede también usar 2 tubos de 4", que son más fáciles de manejar.

### Equipo de barrenación

Se calcula con bancos de 10 M y con una plantilla de barrenación de 3.00 x 3.00 M.

Son sub-barrenación el barreno tiene alrededor de 11 M de profundi- dad. Por la calidad de la roca se considera una capacidad de barrenación de 1 barreno por hora inclusive movimientos entre barrenos.

Capacidad diaria en banco = 5,000 M<sup>3</sup>

Número de trac-driles con trabajo en dos turnos de 8 horas.

$$\frac{5.000}{2 \times 8 \times 10 \times 3 \times 3} = 3,5, \text{ es decir}$$

$$4 + 1 \text{ en reserva} = 5 \text{ trac-driles}$$

### Forma de ataque

Desde el fondo de la barranca, más o menos en nivel + 480 se sube con un corte lateral hasta el nivel + 500 en el límite de la pedrera, ver pla- no anexo 1.

Según la experiencia de otras obras es rápido hacer este corte barre- nado con el trac-dril en abánico. Aquí la estratificación es favorable -- para este tipo de ataque.

En el nivel + 500 se hace el primer corte del banco en la misma mane- ra, se ha proyectado un corte de 5 M de ancho, porque siempre quede reduci- do por deslizamientos locales.

Desde el primer corte se hace el perfilamiento en bancos de 5 M. es muy difícil controlar las voladuras de las rocas superficiales y es conveniente reducir la altura de los bancos.

Simultáneamente se debe empezar a perfilar el banco abajo con el método de barrenos de culebra, es decir barrenos horizontales al pie del corte. Ya existe una rampa, ver anexo 1, que se puede aprovechar para este trabajo.

Plantilla de barrenación y carga se muestra en un detalle en el anexo 2.

En el mismo anexo se muestra la perfilación desde arriba.

Para reducir el balconeo a un mínimo es conveniente mantener los accesos a los niveles 490 y 480 para sacar rebanadas desde arriba hasta abajo, según el orden indicado en el anexo 2.

### Voladura para rezaga

#### Diagrama de barrenación

Altura de banco	10,00 M
Barrenación	Vertical
Diámetro de barrenación	3" (76 mm)
Sub-barrenación	0.80 M
Profundidad de barrenación	10,80 M
Bordo B	3,00 M
Espaciamiento E	3,00M

#### Cálculo de carga

$$B \times E = 3,00 \times 3,00 = 9,00 \text{ M}^2$$

$$B \text{ normal } 2 \times 1,25 = 9,00 \text{ M}^2$$

$$B \text{ normal} = 2,70 \text{ M}$$

$$E \text{ normal} = 3,300$$

$$\text{Falla de barrenación} = 0.85 + 0.03 \times 10 = 0.35 \text{ M.}$$

$$B \text{ máx} = 2.70 + 0.35 = 3.05 \text{ M}$$

$$\phi \text{ fict} = \frac{3.05 \times 1.000}{45} = 68 \text{ mm.}$$

Concentración de carga de fondo=

$$\frac{d^2}{1.000} = \frac{68^2}{1.000} = 4.6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Altura de carga de fondo} = 1.3 \times 3.05 = 3.95 \text{ M.}$$

$$\text{Carga de fondo} = 4.6 \times 3.95 = 18.0 \text{ Kg.}$$

Los estratos son favorables para la rotura en el fondo y se puede reducir la carga de fondo a 75 % (en la roca sana es probable que se necesita poner toda la carga de fondo).

$$\text{Carga de fondo actual} = 0.75 \times 18.0 = 13.5 \text{ kg.}$$

$$8 \text{ salchichas de Toval} = 8 \times 1.7 = 13.6 \text{ kg.}$$

Altura de carga de fondo.

$$\frac{13.6}{1.4 \times 4.54} = 2.15$$

Nota importante :

Para obtener la densidad de 1.4 k/litro en el barrenado es necesario - abrir las salchichas con dos cortaduras longitudinales.

El procedimiento será:

Primero en el fondo una salchicha con cortaduras. Después el cebo - con el estopón sin cortadura y finalmente las salchichas restantes con cortaduras. La compactación se obtiene por la velocidad que agarran las salchichas en la caída libre.

Taco = 2.50 M.

Altura de carga de columna =  $10.80 - 2.15 - 2.50 = 6.15$  M,

Carga de columna, Anfosei =  $6.15 \times 4.54 \times 0.8 = 22.3$  Kg.

Carga total =  $13.6 + 22.3 = 35.9$  Kg.

Factor de carga =  $\frac{35.9}{3 \times 3 \times 10} = 0.40$  kg/m<sup>3</sup>

### Secuencia de iniciación

Para sacar rezaga no es aconsejable tronar hileras paralelas al -- cantril, es más adecuado y económico usar un estopín eléctrico en cada ba rreno, que iniciar con primacord. Un estopín eléctrico cuesta alrededor de 25 pesos , mientras un metro de primacord cuesta 7 pesos por metro y se necesita alrededor de 15 M. por barreno, es decir  $7 \times 15 = 105$  pesos - por barreno, 4 veces más caro.

En el anexo 3 se muestran dos secuencias de ignición recomendadas. Las dos dan la ventaja de espaciamiento largo que mejora la fragmentación sin aumentar factores de carga y barrenación.

### Observación:

Con la barrenación continua frecuentemente se caen los barrenos en la primera hilera de la siguiente voladura por la presión de los gases, vibraciones, etc., Es recomendable cargar éstos barrenos usando primacord, para evitar este problema.

Voladura para bloques grandes

### Diagrama de barrenación

Se puede aumentar el porcentaje de bloques grandes cambiando la distribución de los barrenos y la secuencia de ignición.

Bordo	4.00 M.
Espaciamiento	2.00 M.

Cálculo de carga

Se baja la carga de fondo a 7 salchichas de Toval = 11.0 Kg.

El taco se aumenta a 5 .00 M

Altura de carga de fondo=

$$\frac{11.9}{1.4 \times 4.54} = 1.90 \text{ M}$$

Taco = 5.00 M.

Altura de carga de columna = 10.80 - 1.90 - 5.00 = 3.90

Carga de columna = 3.90 x 454 x 0.8 = 14.2 KG.

Carga total = 11.7 + 14.2 = 25.9 Kg.

Factor de carga =  $\frac{25.9}{2 \times 4 \times 10} = 0.32 \text{ kg/M}^2$

Secuencia de iniciación.

En este caso conviene iniciar con primacord en hileras paralelas al cantri. SE puede tronar hasta 5 hileras, aunque como máximo 3 hileras -- salen más bloques grandes.

Intervalo entre hileras 75 a 100 M.

2 material rocoso para la cortina

Bloques grandes para cerrar la atagüa

1 método para sacar bloques grandes.

Para obtener bloques grandes se hacen los siguientes cambios de la voladura normal:

- a).- Factor de carga más bajo, baja, carga en la columna.
- b).- El bordo más grande que el espaciamento.  
 $E/B = 0.5$  a  $0.8$
- c).- Iniciación instantánea en cada hilera
- d).- Máximo 3 hileras por voladura y el retardo más largo entre hileras.

## 2 Cálculo

### 2.1 Datos

Barrenación = 3" (76 MM)  
Altura de banco = 6.00 M.  
Explosivos : Toval y Anfosei

### 2.2 Diagrama de barrenación

Bordo = 3.00 M  
Espaciamento = 2.00 M.  
B normal  $2 \times 1.25 = 2.00 \times 3.00$   
B normal = 2.20 M.  
B normal = 2.75 M.

Se piensa sacar roca en ambos lados de la barranca.

Aguas abajo los estratos son adversos a la salida de los barrenos y el confinamiento de roca más fragmentada. Por eso, los barrenos deben tener una inclinación hacia el frente libre. Se puede usar una inclinación de 33 % ( 1 horizontal por 3 verticales) pero todavía mejor es 40 % (1 horizontal por 2.5 vertical).

Aguas arriba hay poco confinamiento en el fondo y se puede usar barrenos verticales.

## 2.3 Carga

### 2.3.1 Aguas abajo (al oeste)

Se pone únicamente carga de fondo.

Carga de fondo:

$$5 \text{ salchichas de Toval} = 5 \times 1.7 = 8.5 \text{ Kg.}$$

### 2.3.2 Aguas arriba (al este)

Aquí también se pone únicamente de fondo.

Carga de fondo:

$$4 \text{ salchichas de Toval} = 4 \times 1.7 = 6.8 \text{ Kg}$$

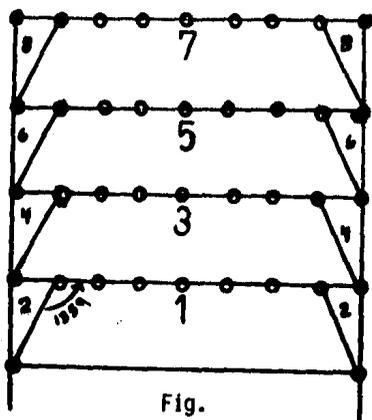
## 2.4 Iniciación

Se inician las hileras con MS 25, MS 100 Y MS 200

Plantilla más sencilla para una voladura de varias hileras, lateralmente limitadas. ver fig.

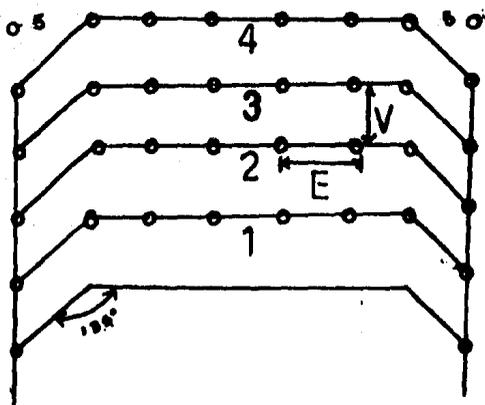
Todos los barrenos por hilera, excepto los de esquinas, se inician con un mismo número de retardo, con lo que, en el momento de la detonación, cada barreno tiene rotura libre.

Este tipo de doble de intervalos



encendido exige el -- que hileras.

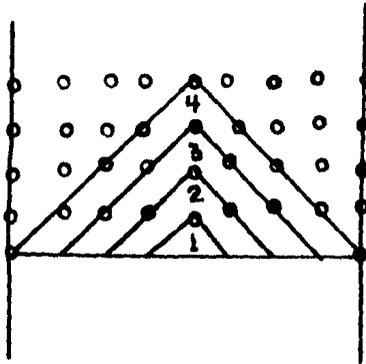
La plantilla anterior se puede modificar de la siguiente forma. Ver fig. para usar un menor número de intervalos en los estopines.



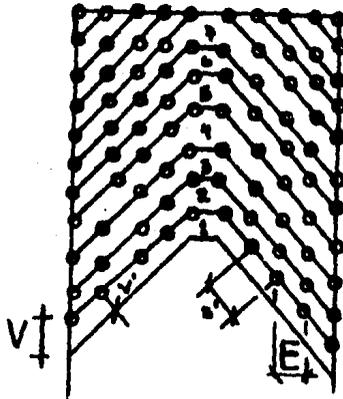
Todos los barrenos de la hilera, a excepción de los de esquina, se encienden con el mismo intervalo que los barrenos de esquina de la hilera anterior.

Fuente: Ing. F. Alcaraz Lozano

Plantilla para obtener una mayor fragmentación, un mejor acabado en las paredes y una rezaga más concentrada, aunque presenta malas condiciones para el desprendimiento de la parte central efectuándose una voladura defectuosa



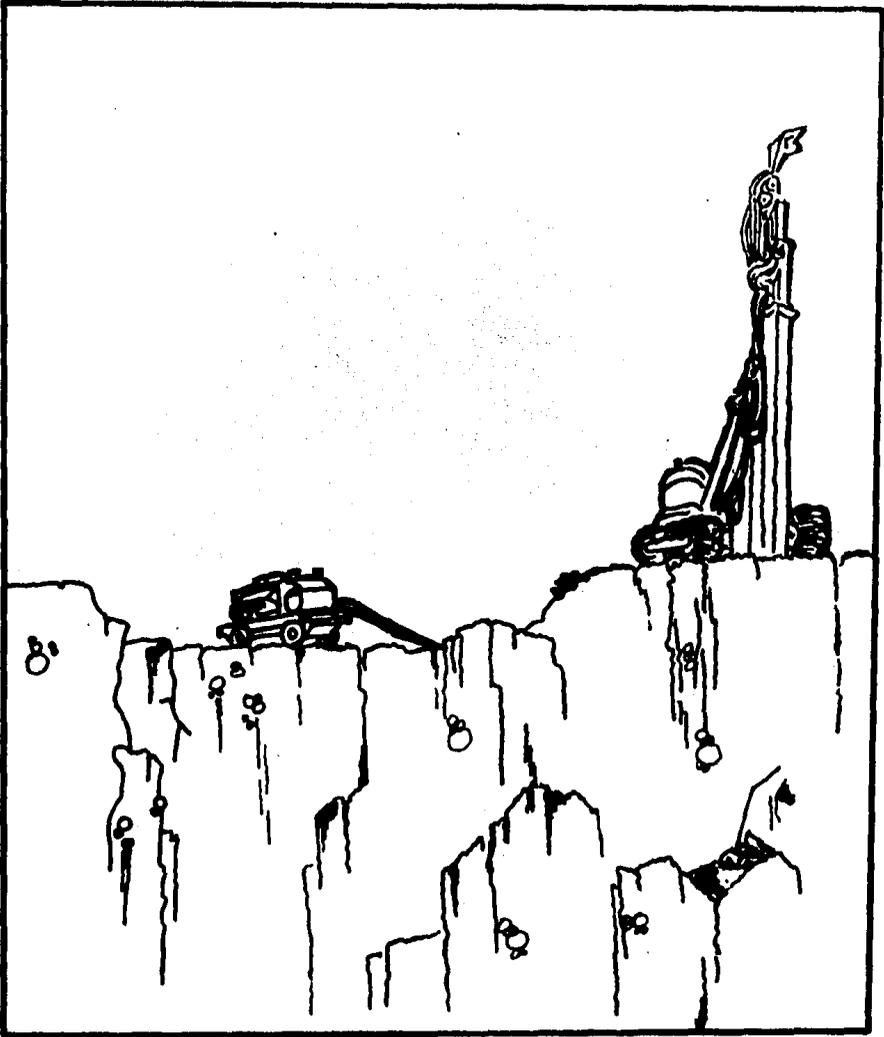
Para evitar lo anterior, se utiliza una plantilla como la mostrada en la fig. de la parte inferior. Los dos barrenos que están ligeramente más comprimidos que los otros, se han dispuesto en la hilera de modo que, el desgarramiento en sus alrededores, no afecte el contorno final de la pared acabado.



Se debe tomar en cuenta la gran importancia que tiene la relación - pata - espaciamiento  $E/V$  para la fragmentación al aumentar la relación  $E/V$ , aumenta la fragmentación

Fuente: Ing. Federico Alcaraz Lozano

EQUIPO DE BARRENACION



Operación de barrenado con herramientas neumáticas

## COMPRESORES

DESCRIPCION.- Son máquinas destinadas a comprimir el aire o mezclas gaseosas, a una presión superior a la atmosférica, o dicho de otra manera son aparatos que absorben el aire de la atmósfera, para comprimirlo y - - enviarlo por mangueras, a los diversos equipos y herramientas de perforación.

Basicamente éstas máquinas, que pueden ser del tipo portátil o estacionario, van montadas sobre una plataforma o chasis que se apoya sobre - dos o cuatro ruedas neumáticas o de acero, y sobre la cual descansa un compresor de tipo eléctrico o de combustión interna, el cual se acciona por medio de diesel, vapor o gasolina.

CLASIFICACION.- Dependiendo del tipo y forma en que se comprime el aire y considerando que todas éstas máquinas son de "uno dos pasos" se -- dividen en :

- a) Compresores de Pistón
- b) Compresores Giratorios (De aspas y de tornillos)

APLICACIONES.- Generalmente éstas máquinas que se utilizan para comprimir el aire a altas presiones, y para el accionar de los diferentes -- equipos de perforación, son muy comunes en los trabajos de conservación - de establecimientos industriales, en la explotación de minas y canteras, y para el uso general de herramientas neumáticas en trabajos de construcción.

## PERFORADORAS

DESCRIPCION.- Este equipo que como su nombre lo indica, está diseñado exclusivamente para los trabajos de perforación, barrenación y demolición, y que además de encontrarse en una gran variedad de formas y tama-- ños cuenta con una aplicación muy importante en el campo de la construcción.

En general las perforadoras, que van desde el pequeño aparato de fácil manejo, hasta las grandes y complicadas máquinas de perforación, son herramientas formadas por un mecanismo apropiado para producir los efectos de percusión y de rotación de la barrenación, que mediante un motor de -- gasolina, diesel o eléctrico, bien por un compresor, va prevista normal-- mente de una broca en su extremo de ataque, o bien terminada en punta.

Así mismo la gran variedad de perforadoras que dependiendo de su tamaño y aplicación, puede montarse en barras o varillas de acero, carreti-

llas, vagones, carros de perforación, tripodes, orugas, camiones, torres, plumas, y en un sin fin de plataformas y equipos especiales, están diseñadas adecuadamente con un control que les permite a través del interior de la broca y la barrena, el bombeo del aire, agua o lodo, cuya finalidad es conservar y lubricar la broca, extraer los fragmentos barrenados, y mantener la presión necesaria en las paredes del agujero evitando que éstas se derrumben.

**CLASIFICACION.-** Debido a que éstas máquinas presentan una gran cantidad de equipos y accesorios, se clasifican de acuerdo al tipo y tamaño de la obra, tomando en cuenta la naturaleza del terreno, la profundidad y el alcance de los barrenos, así como la roca o piedra que quiera producirse por lo que se dividen en:

- a) Pistola o Martillo de Barrenación
- b) Pierna Neumática
- c) Perforadora de Carretilla
- d) Jumbo
- e) Perforadora sobre orugas

a) PISTOLA O MARTILLO DE BARRENACION (demoledora). Estos elementos que se conocen también con el nombre de pistola demoledora o martillos neumáticos, y que se emplean exclusivamente para la perforación de barrenos mediante el efecto de rotación o para romper todo tipo de elementos de concreto - por percusión o golpeo, están diseñados apropiadamente en peso y volumen - para ser manipulados por un sólo hombre.

**APLICACIONES.-** Dependiendo si la terminación de la barrena es en punta o rematada por una broca en su extremo, éstas máquinas son usuales para la perforación manual en trabajos a cielos abiertos, en minas de canteras: para la demolición de pavimentos asfálticos, calles, carreteras o pistas de aeropuertos y en general los trabajos de demolición y barrenación que son los más comunes.

b) PIERNA NEUMATICA.- Nombre que reciben las perforadoras neumáticas de barrenación, cuando van articuladas a un brazo o elemento auxiliar, que se diseña y se acopla perfectamente al martillo giratorio o a la pistola demoledora, para facilitar la perforación tanto en posición horizontal como vertical o inclinada hacia arriba.

APLICACIONES.- Su uso principal es en minas, tuneles y galerías, para trabajos subterráneos de perforación horizontal, vertical e inclinada, y en paredes y techos de poca altura.

c). PERFORADORA DE CARRETILLA.- Estas máquinas se apoyan sobre un chasis con llantas de hule para la barrenación, y que tienen la ventaja de ser manejadas por un solo hombre consisten básicamente de una perforadora --- neumática articulada a una guía de acero, que accionada por medio de un sistema hidráulico o mediante un motor adicional, gira, sube o baja permitiendo que el número de posiciones para la perforación sea ilimitada.

Estas máquinas que en general son de accionamiento rotatorio o de -- percusión, son controladas como ya se dijo, mediante un motor diesel o de gasolina, y con mayor frecuencia, por un compresor que transmite por medio de mangueras el aire comprimido que requieren.

APLICACIONES.- Usuales para perforaciones de barrenos, muestreos, -- suelos e inyecciones para resanes, y sobre todo lugares como minas, cante -- ras, tuneles y carreteras.

d). JUMBO.- Es una plataforma móvil en donde tanto las herramientas de -- perforación como sus operadores van montados sobre éstas, permitiendo que la barrenación se realice simultáneamente en todas las perforadoras.

Estos aparatos que se construyen con una gran variedad de formas, -- incluyendo a las plataformas sencillas y dobles, que soportan a los perfo -- ristas y a todas y cada una de las perforadoras que se encuentran acopla -- das a una pierna o brazo neumático, son máquinas que generalmente permiten atacar un mismo frente, a distinto nivel y con diferentes posiciones.

Actualmente se utilizan carros de barrenación o juntos montados en -- llantas de hule o sobre orugas, especialmente cuando la rezaga se hace en camiones, pero pueden ir también sobre rieles si la rezaga se hace a trav -- és de éstos.

APLICACIONES.- Se utilizan en casi todos los trabajos subterráneos, como minas, tuneles y galerías para la barrenación previa de los explosi -- vos.

e) PERFORADORA SOBRE ORUGAS.- Estas máquinas básicamente constan de una perforadora pesada, una guía y un brazo neumático, van soportadas sobre -- un bastidor transversal y entre un par de orugas, las cuales se caracteri -- zan por tener tracción propia y por ser de tipo oscilante o rígidas, man -- teniéndolas por medio de un mecanismo hidráulico, en contacto directo --

RENDIMIENTOS INDICE PROMEDIO DE PERFORADORAS DE MARTILLO NEUMATICO PERCUSOR  
FRONTAL EN MATERIALES DIVERSOS EXPRESADOS EN METROS POR HORA, INCLUYENDO  
TODAS LAS MANIOBRAS CORRESPONDIENTES.

MATERIALES	MODELO DE MARTILLO PERCUSOR			
	65.A.S.S. 65.A.S.S.	80.A.S.S. 80 A.S.E.	100 A.S.S. 100 A.S.E.	160 A.S.S. 160 A.S.E.
BASALTO COMPACTO	6	8	12 a 15	12 a 15
BASALTO MUY FRACTURADO CON CINERITICOS	4	4	8 a 10	8 a 10
FELDESPATOS	10	10	10 a 16	16 a 18
CONGLOMERADOS SEMENTADOS MUY DUROS	8	8	14 a 16	14 a 16
GRANITO RIOLITA ARENISCA CALIZAS Y DOLOMITAS	3	8	12 a 15	15 a 13
CONGLOMERADOS SUARES POCO COHESIVOS	4	4	8 a 10	8 a 10
PIZARRA Y LUTITAS COMPACTAS NO ENTEMPERIZADAS	6	6	8 a 12	8 a 14
ROCAS IGNEAS COMPACTAS EN GRAL SIN CENIZAS	8	8	10 a 15	10 a 15

Fuente Ingersol - Rand, S. A.

RENDIMIENTOS PROMEDIO REPRESENTATIVOS DE BARRENACION CON  
 PERFORADORAS NEUMATICAS DE PISTON RECIPROCANTE, EN METROS  
 POR HORA ( ' )

DIAMETRO DEL BARRENO	CALIDAD DE LA ROCA	PERFORADORAS DE MANO	PERFORADORAS CON ALIMENTACION MECANICA
1 3/4"	SUAVE	5 a 6.5	10 a 15
	MEDIANA	3 a 4.5	8 a 12
	DURA	2 a 3.5	5 a 10
2 1/3"	SUAVE	3.5 a 5	10 a 17
	MEDIA	2.5 a 3.5	6.5 a 12
	DURA	1.5 a 3	5 a 10
3"	SUAVE	--0--	10 a 17
	MEDIA	--0--	5 a 10
	DURA	--0--	3 a 7
4"	SUAVE	--0--	3.5 a 8.5
	MEDIA	--0--	1.8 a 5
	DURA	--0--	0.7 a 3

Fuente Ingersol - Rand, S. A.

Especificaciones comparativas de martillos percusores frontales

" Stenvick "

CARACTERISTICAS	M 0	D E L 0	100 A.S.S.	160 A.S.S.
	65.A.S.S. 65.A.S.E.	80 A.S.S. 80 A.S.E.	100 A.S.S. 100 A.S.E.	160 A.S.S. 160 A.S.E.
LARGO EN MM	700	870	910	1280
Diámetro Exterior ( pulg)	2 1/4	2 3/4	3 1/2	5 1/4
PESO EN KG.	11	17.5	30	11
Consumo de aire en pies cúbicos por minuto inclu yendo los moto res	106	117	170	265
Rendimientos pro medio de perforā ción (m/h)	4 a 12	4 a 18	4 a 18	6 a 20
Presión de traba jo ( )	71	71	71	71

## CONCLUSIONES

## "SIEMPRE Y NUNCAS"

Adptado por el Instituto de Fabricantes de Explosivos,  
Febrero 1º, 1964.

### DEFINICIONES.

- 1.- El termino "explosivos" según se utiliza aquí incluye a cualquier o a todos los productos siguientes: Dinamita, pólvora negra para voladuras, pólvora granulada, fulminantes, estopines eléctricos y cordón detonante.
- 2.- El término "estopín eléctrico" según se utiliza aquí incluye tanto a los estopines eléctricos instantáneos como a todos tipos de estopines --- eléctricos de retardo.
- 3.- El término "CEBO" indica un cartucho de explosivos en combinación con un fulminante o con un estopín eléctrico.

### Durante el transporte de los explosivos.

- 1.- SIEMPRE.- Obedezca las leyes y reglamentos federales, estatales y -- locales.
- 2.- SIEMPRE.- Verifique que cualquier vehículo que se utilice para transportar explosivos esté en buenas condiciones de trabajo equipado con un - piso de madera. o de metal que no produzca chispas, con redilas y extremos suficientemente altos para prevenir que los explosivos se caigan. La carga en un camión abierto debe estar cubierta con una lona impermeable y -- resistente al agua, y no se debe permitir que los explosivos entren en -- contacto con cualquier fuente de calor, como por ejemplo, el tubo de escape. Todo el alambrado tiene que estar perfectamente aislado para evitar cortocircuitos, y se deben tener en el camión cuando menos dos extinguidores de fuego. Es indispensable que los camiones estén claramente marcados para dar aviso adecuado al público sobre la naturaleza de la carga.
- 3.- NUNCA.- Permita que los metales, excepto los cuerpos metálicos aprobados para camiones, estén en contacto con las cajas de los explosivos. El metal y las sustancias inflamables o corrosivas, nunca deben transportarse junto con explosivos.

4.- NUNCA.- Permita fumar o que viajen en el vehículo personas sin autorización o innecesarias..

7.- NUNCA Conduzca camiones con explosivos a través de ciudades, poblaciones o villas, ni las estaciones cerca de lugares como restaurantes, talleres y gasolineras, a menos que esto no se pueda evitar.

8.- SIEMPRE.- Solicite que las entregas de explosivos se efectúen en el polvorín o en cualquier otro lugar bien retirado de las áreas pobladas.

9.- NUNCA.- Apague incendios después que hayan estado en contacto con los explosivos. Retire a todo el personal a lugares seguros y ponga protección al área para evitar extraños.

#### Durante el almacenamiento de los explosivos

10.- SIEMPRE almacene explosivos de acuerdo con las leyes y reglamentos federales, estatales o locales.

11.- SIEMPRE Almacene explosivos únicamente en un polvorín que esté limpio, seco, bien ventilado, bastante fresco, localizado en un lugar adecuado construido sustancialmente, resistente a las balas y al fuego y cerrado con candado.

12.- NUNCA almacene fulminates o estopines eléctricos en la misma caja, contenedor o polvorín, junto con otros explosivos.

13.- NUNCA Almacene explosivos, mecha o encendedores de mecha en un lugar mojado o húmedo, o cerca de aceite, gasolina, soluciones limpiadoras o -- solventes, ni cerca de radiadores, tubos de vapor, tubos de escape, estufas, o cualquier otra fuente de calor.

14.- NUNCA Almacene metal que produzca chispas, ni herramientas metálicas que originen chispas en un polvorín de explosivos.

15.- NUNCA Fume o tenga fósforos, o alguna fuente de fuego o flama dentro o cerca de un polvorín de explosivos.

16.- NUNCA Permita que se acumulen hojas, pasto o malezas, o basura dentro de un radio de 25 pies al polvorín de explosivos.

17.- NUNCA dispare un arma de fuego a los explosivos, ni permita disparos en la vecindad de un polvorín de explosivos.

18.- SIEMPRE consulte la fabricante si la nitroglicerina de los explosivos deteriorados se han escurrido al piso de un polvorín. El piso debe insensibilizarse lavándolo abundantemente con un agente aprobado para este fin.

19.0 SIEMPRE Localice los polvorines de explosivos en los lugares más --- aislados disponibles. Deben estar separados uno del otro, así como de los edificios habitados, carreteras y ferrocarriles, por distancias no meno-- res a las recomendaciones en la "Tabla Americana de Distancias".

Durante el empleo de los explosivos.

20.- NUNCA utilice herramientas que produzcan chispas para abrir cuñetes o cajas de madera con explosivos. Se pueden usar navajas metálicas - para abrir las cajas de cartón, siempre y cuando no entren en contacto - con las grapas metálicas de la caja.

21.- NUNCA Fume o tenga fósforos o cualquier fuente de fuego o flama, - dentro de un radio de 100 pies del área en la que se están utilizando o manejando explosivos.

22.- NUNCA coloque los explosivos en lugares en donde puedan quedar ex- puestos a la flama, calor excesivo, chispa o impacto.

23.- SIEMPRE reemplace o cierre la tapa de las cajas de los explosivos después de utilizarlos.

24.- NUNCA lleve explosivos en las bolsas de su ropa o en alguna parte de su persona.

25.- NUNCA inserte en el extremo abierto de un fulminante nada que no - sea mecha de seguridad.

26.- NUNCA golpee, juegue o intente retirar o investigar el contenido de un fulminante o de un estopín eléctrico, ni intente jalar los alambres de un estopín.

27.- NUNCA permita que los niños o personas sin autorización o innese- sarias estén presentes en los lugares en donde los explosivos se están - manejando o utilizando.

28.- NUNCA maneje, utilice, o esté cerca de explosivos durante la forma- ción o progreso de una tormenta eléctrica. Todas las personas deben reti- rarse a un lugar seguro.

29.- NUNCA utilice explosivos o accesorios que esten obviamente deterio- rados o dañados.

30.- NUNCA intente utilizar mecha, fulminantes, estopines eléctricos, o cualquier explosivo que haya estado empapado con agua aunque estén ya se- cos. Consulte al fabricante.

### Durante la preparación del cebo

31.- NUNCA prepare cebos en un polvorín, o cerca de cantidades excesivas de explosivos, o en cantidades mayores de las necesarias.

32.- NUNCA force un fulminante o un estopín eléctrico en un cartucho. Inserte el fulminante dentro de un agujero efectuado en el cartucho con un punzón adecuado para este fin.

33.- SIEMPRE prepare los cebos de acuerdo con los métodos aprobados y establecidos. Asegurese que el casquillo del fulminante esté completamente dentro de la dinamita o del reforzador, y asegurado de tal modo que durante el cargado no se aplique tensión a los alambres o a la mecha en el punto de entrada al fulminante. Cuando se prepara un cebo lateral a un cartucho de pared gruesa o de mucho peso, enrolle cinta adhesiva alrededor del agujero perforado en el cartucho de tal modo que el fulminante no se salga.

### Durante la barrenación y el cargado

34.- SIEMPRE cumpla con los reglamentos federales, estatales y locales relativos a la barrenación y el cargado.

35.- SIEMPRE examine cuidadosamente la superficie o frente antes de la barrenación para determinar la posible presencia de explosivos sin disparar. Nunca barrene en los explosivos.

36.- SIEMPRE revise el barreno cuidadosamente con un atacador de madera o una cinta para determinar su condición antes del cargado.

37.- SIEMPRE identifique la posibilidad de los riesgos de electricidad-estática producidos por el cargado neumático y tome medidas precautorias adecuadas. Si existe cualquier duda, consulte con su proveedor de explosivos.

38.- NUNCA almacene explosivos sobrantes cerca de áreas de trabajo durante el cargado.

39.- SIEMPRE corte del carrete la línea de cordón detonante que se extiende hacia el barreno antes de colocar el resto de la carga.

40.- NUNCA cargue un barreno con explosivos después de secantes (hacer -- más grande el barreno con explosivos) o después de terminar la barrenación sin estar seguros de que está ya frío y que no contiene ningún metal caliente o material incendiado. Las temperaturas superiores a 150° F, --- son peligrosos.

41.- NUNCA secatee un barreno cerca de otro barreno ya cargado con explosivos.

- 42.- NUNCA force explosivos al interior de un barreno o a través de una obstrucción dentro del barreno. Esta práctica es particularmente peligrosa en barrenos secos y cuando la carga está cebada.
- 43.- NUNCA raje, deje caer, deforme o abuse del cebo NUNCA suelte un cartucho de diámetro grande y pesado directamente sobre el cebo.
- 44.- SIEMPRE evite colocar cualquier parte innecesaria del cuerpo sobre barreno durante el cargado.
- 45.- NUNCA cargue barrenos cerca de líneas de corriente a menos que la línea de gufa, incluyendo los alambres de los estopines, sea tan corta que no pueda llegar a los cables eléctricos.
- 46.- NUNCA conecte fulminantes o estopines eléctricos al cordón detonante excepto con los métodos recomendados por el fabricante.

#### Durante el retacado

- 47.- NUNCA retaque dinamita que esté afuera del cartucho
- 48.- NUNCA retaque con dispositivos metálicos de cualquier clase incluyen do el extremo metálico de los atacadores. Use atacadores de madera sin partes metálicas expuestas, excepto conectores de metal que no produzca chispas para los atacadores con juntas. Evite un retacado violento. NUNCA retaque el cebo.
- 49.- SIEMPRE confine los explosivos dentro del barreno con arena, tierra, arcilla o cualquier otro material incombustible adecuado para el cebo.
- 50.- NUNCA haga cocas ni dañe la mecha, a los alambres de los estopines eléctricos, durante el retacado.

#### Durante el disparo eléctrico.

- 51.- NUNCA Desenrolle los alambre o utilice estopines eléctricos durante tormentas de arena o cerca de cualquier otra fuente de grandes cargas de electricidad estática.
- 52.- NUNCA desenrolle los alambres o utilice estopines eléctricos en la vecindad de transmisores de radiofrecuencia excepto de distancias seguras Consulte al fabricante o al Instituto de Fabricantes de Explosivos en su folleto llamado "Riesgo de la Radiofrecuencia."
- 53.- SIEMPRE conserve el circuito de disparo completamente aislado de tierra o de otros conductores como alambres desnudos, rieles, tubería, u otras trayectorias para las corrientes erráticas.

- 54.- NUNCA tenga alambres eléctricos o cables de cualquier clase cerca - de los estopines eléctricos o de otros explosivos excepto durante el movimiento y para el fin de disparar una voladura,
- 55.- SIEMPRE revise todos los estopines eléctricos, ya sea uno por uno, o cuando están conectados en un circuito en serie, utilizando sólo un galvánmetro de voladuras específicamente diseñado para este fin.
- 56.- NUNCA utilice, en el mismo circuito, estopines eléctricos producidos por más de un fabricante, o estopines eléctricos de diferente estilo o -- función, aunque estén construídos por el mismo fabricante, a menos que su uso esté aprobado por él.
- 57.- NUNCA intente disparar un estopín eléctrico, o un circuito de estopines, con una corriente menor a la mínima especificada por el fabricante.
- 58.- SIEMPRE revise que todos los extremos de los alambres que se van a conectar estén brillantes y limpios.
- 59.- SIEMPRE conserve los alambres de los estopines, o las líneas de --- guía, desconectados de la fuente de energía y en cortocircuito hasta que estén listos para disparar.

Durante el disparo con mecha.

- 60.- SIEMPRE maneje la mecha cuidadosamente para evitar dañar su recubrimiento. En climas fríos, caliéntela un poco antes de utilizarla para evitar fracturas del material impermeabilizante.
- 61.- NUNCA utilice una mecha corta. Conozca la velocidad de quemado de la mecha y asegúrese que tiene tiempo suficiente para llegar a un lugar seguro después del encendido. Nunca emplee menos de dos pies.
- 62.- NUNCA corte la mecha antes de estar listo para insertarlo en un fulminante. Recorte 1 ó 2 plgs. para asegurar un extremo seco. recorte la mecha en ángulo recto, utilizando una navaja limpia y filosa. Asiente la mecha ligeramente contra la carga del fulminante y evite girarla después -- que se encuentra en posición.
- 63.- NUNCA engargole los fulminantes con ningún otro medio, excepto la -- engargoladora diseñada para tal propósito. Asegurese de que el fulminante está fuertemente engargolado a la mecha.
- 64.- SIEMPRE encienda la mecha con un encendedor de mechas diseñado para este fin. Si se utiliza un fósforo, la mecha debe rajarse en el extremo y la cabeza del fósforo conservese en la rajada haciendo contacto con el -- núcleo de pólvora. Después golpee la cabeza del fósforo con una superficie abrasiva para encender la mecha.

65.- NUNCA encienda la mecha antes que se haya colocado suficiente taco - sobre el explosivo, para evitar que las chispas<sup>o</sup> la cabeza del fósforo -- lleguen a estar en contacto con el explosivo.

66.- NUNCA sujete los explosivos con las manos cuando encienda la mecha.

#### Durante el trabajo subterráneo

67.- SIEMPRE utilice los explosivos permisibles unicamente del modo especificado por la Oficina de Minas de los Estados Unidos.,

68.- NUNCA lleve cantidades excesivas de explosivos al interior de la mina.

69.- NUNCA utilice pólvora negra o granulada junto con explosivos permisibles u otra dinamita en el mismo barreno en una mina de carbón.

#### Antes y después del disparo

70.- NUNCA dispare una voladura sin tener señal positiva de la persona - responsable, misma que ya se ha asegurado que todos los explosivos sobran - tes estén en un lugar seguro, todas las personas y vehículos a una distan - cia prudente o bajo protección suficiente, y de que se ha dado un señala - miento adecuado.

71.- NUNCA regrese al área de cualquier voladura hasta que el humo y los gases se hayan disipado.

72.- NUNCA intente investigar demasiado pronto un disparo quedado, siga las reglas y reglamentos reconocidos, y si no existen en efecto, espere - cuando menos una hora.

73.- NUNCA barrene, o recoja una carga de explosivos que ha fallado. Los disparos quedados deben manejarse unicamente por o bajo la dirección de - una persona competente y experimentada.

#### Durante la destrucción de los explosivos

74.- NUNCA abandone los explosivos

75.- SIEMPRE destruya los explosivos o disponga de ellos en estricto -- acuerdo con los métodos aprobados. Consulte al fabricante o sigalas ins-- trucciones proporcionadas en el folleto del Instituto de Fabricantes de - Explosivos sobre la destrucción de los explosivos.

76.- NUNCA deje explosivos, cartuchos vacíos, cajas, forros o cualquier otro material utilizado en el empaquetado de los explosivos en lugares -- donde los niños, personas sin autorización o el ganado puedan tocarlos.

77.- NUNCA permita que la madera, papel, o cualquier otro material utilizado en el empaquetado de los explosivos se quemé dentro de una estufa, - chimenea, o cualquier otro espacio confinado, o que se utilice para cualquier fin. Estos materiales deben destruirse quemándolos en un lugar -- aislado, al exterior, y ninguna persona debe estar más cerca de 100 pies después que se ha iniciado el incendio.

## REGLAS PARA LOS POLVORINES DE ACCESORIOS

- 1.- Almacene unicamente accesorios en este polvorín, por ejemplo, fulminantes, estopines eléctricos, mechas de seguridad y accesorios no explosivos. No almacene herramientas o implementos metálicos que produzcan chispas en este polvorín.
- 2.- Los paquetes que contienen los accesorios deben manejarse cuidadosamente. No deben dejarse caer, ni tirarlos, ni deslizarlos sobre el piso o sobre otros paquetes, ni dejarlos rudamente de cualquier modo.
- 3.- No utilice ganchos metálicos para manejar paquetes de accesorios de voladura.
- 4.- Los grados y marcas correspondientes deben almacenarse juntos, de tal modo que los letreros de marca y potencia se vean para contarlos y revisarlos facilmente y para identificar el material más viejo.
- 5.- Siempre embarque, entregue o utilice primero las existencias más viejas.
- 6.- No abra paquetes ni empaque o reempaque accesorios de voladuras dentro del polvorín o en un radio de 50 pies.
- 7.- Tenga cuidado extremo al abrir o cerrar paquetes de fulminantes regulares y estopines eléctricos.
- 8.- No utilice herramientas metálicas que produzcan chispas para abrir o cerrar paquetes de accesorios de voladuras, Pueden utilizarse navajas para abrir cajas de cartón siempre y cuando la navaja no entre en contacto con las grapas de la caja.
- 9.- No tenga fulminantes o estopines eléctricos sueltos en el polvorín - ni los saque de su empaque original hasta que sea necesario para llenar los pedidos o para utilizarlos: después cierre el paquete.
- 10.- Si se necesita luz artificial, use unicamente una lámpara de mano, - de seguridad o una linterna eléctrica.
- 11.- No fume ni porte fósforos, encendedores, ni ningún otro dispositivo que produzca flamas, ni permita que otras personas lo hagan mientras esté dentro o cerca de éste polvorín.
- 12.- No permita disparos de armas de fuego, ni que nadie las porte, ni -- aún las balas, solas dentro o fuera de este polvorín.
- 13.- Conserve el interior de este polvorín limpio, y mantenga el área al rededor del mismo libre de hojas secas, pasto y basura, para evitar incendios.

- 14.- Si se forman goteras en el techo o paredes del polvorín reparelas de inmediato.
- 15.- No permita el paso de personas sin autorización dentro o fuera de esta polvorín.
- 16.- Conserve la puerta de este polvorín cerrada con llave, excepto -- cuando esté abierta para hacer negocio.

(NOTA : La mecha de seguridad no debe almacenarse en un lugar caliente o húmedo.=)

## REGLAS PARA EL POLVORIN DE EXPLOSIVOS.

- 1.- Almacene unicamente explosivos en este polvorin. No almacene fulminantes ni estopines eléctricos, material inflamable, herramientas metálicas, o ningún otro implemento eléctrico que produzca chispas, dentro de este polvorin.
- 2.- Los paquetes que contienen explosivos deben manejarse cuidadosamente, no los deje caer, ni los deslice sobre el suelo ni los maneje rudamente de cualquier modo. No forme estibas más altas que los aleros.
- 3.- No utilice ganchos metálicos para manejar paquetes de explosivos.
- 4.- Forme las estibas de las cajas de dinamita con la parte superior --- hacia arriba. Almacene los cuñetes sobre sus extremos o sobre los lados. Las potencias y marcas correspondientes deben almacenarse juntos, de tal modo que con facilidad se pueden contar y revisar, y se pueda identificar rapidamente el material más viejo.
- 5.- Siempre embarque, entregue o utilice primero el material más viejo.
- 6.- No abra paquetes o empaques y reempaque explosivos, en o dentro de una distancia dentro del polvorin, a menos de 50 pies.
- 7.- No utilice herramientas metálicas que produzcan chispas para abrir o cerrar paquetes de explosivos pueden emplearse navajas metálicas - siempre y cuando no tenga contacto con las grapas de la caja.
- 8.- No tenga explosivos sueltos o paquetes abiertos de explosivos en este polvorin.
- 9.- Si se necesita luz artificial, use unicamente una lámpara de mano de seguridad o una linterna eléctrica.
- 10.-- No fume ni porte fósforos, encendedores u otros instrumentos que produzcan flama, ni permita que otros lo hagan, cuando estén cerca o -- dentro de este polvorin.
- 11.- No permita el disparo de armas de fuego ni que nadie tenga armas de fuego o cartuchos dentro o fuera del polvorin.

- 12.- Conserve el interior de este polvorín y mantenga el área que lo rodea fuera de basura, hojas secas, pasto, raíces para evitar incendio.
- 13.- Si se forman goteras en el techo o en las paredes del polvorín repárelas de inmediato.
- 14.- No permita a personas sin autorización estar dentro o cerca de este polvorín.
- 15.- Esté atento a detectar paquetes rotos, defectuosos o escurridos, si alguno de ellos se recibe, colóquelo a un lado y envíe un reporte en detalle al fabricante, dándole la causa probable.
- 16.- No utilice cajas de dinamita vacías o cuñetes de pólvora vacías dentro o cerca del polvorín.
- 17.- Conserve la puerta de este polvorín cerrada con llave excepto cuando esté abierta para negocios.

**NOTA.** La mecha de seguridad y el cordón detonante pueden almacenarse en este polvorín con los explosivos. No los almacene en un lugar caliente o húmedo.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Manual para el uso de explosivos E.I. DUPONT DE NEMOURS AND COMPANY. INC.
- 2.- Apuntes del Curso de Construcción I breve descripción del-- equipo usual de construcción, Tesis Jorge Arias Muñoz.
- 3.- Apuntes de movimiento de tierras Fact. de Ingeniería, Uni - versidad Nacional Autónoma de México.
- 4.- Métodos, planeamientos y equipo de Construcción R.L. Peuri- foy.
- 5.- Geología y Geotécnica para Ingenieros, T. dudd y D. Krynine
- 6.- Explomex, S. A. de C. V.
- 7.- Dupont, S. A. de C.V.
- 8.- "Engineering and mining dourna "I" Junio de 1984 F.A. Loving.
- 9.- Desing of small dams" United states departament of de interior Bureau fo reclamation Washington D.C.
- 10.- Ingersoll - RAnd, S. A.
- 11.- Generalidades sobre explosivos, supervisión técnica del departa mento de explosivos Dupont, S, A. Jose Guerrero Arcocha.
- 12.- Estudio de los explosivos Industriales Emilio Llorente Gómez E. Interciencia
- 13.- Los explosivos y sus aplicaciones servicio de poblaciones de la D. E.N.