

Nº 49
RES.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



USO DE EXPLOSIVOS EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :
JOSE GUILLERMO GONZALEZ MARTINEZ
EDGAR SALAS CORREA

Director de Tesis: Ing. Miguel Morayata Martínez

MEXICO, D. F.

1992

FALLA DE ORIGEN



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

CAPITULO I	PAGINA
INTRODUCCION	1
CAPITULO II	
CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS	
II.1.- DEFINICION.....	5
II.2.- DENSIDAD.....	6
II.3.- VELOCIDAD DE DETONACION.....	6
II.4.- POTENCIA.....	7
II.5.- SENSIBILIDAD.....	7
II.6.- DIAMETRO CRITICO.....	8
II.7.- SENSITIVIDAD.....	8
II.8. - GASES EMITIDOS.....	9
II.9.- RESISTENCIA AL AGUA.....	9
II.10.- ESTABILIDAD.....	10
II.11.- FLAMABILIDAD.....	10
II.12.- RESISTENCIA A LA CONGELACION.....	11
CAPITULO III	
ASPECTO COMERCIAL DE LOS EXPLOSIVOS EN MEXICO	
III.1.- PRODUCTOS FABRICADOS POR ATLAS DE MEXICO.....	12
III.2.- PRODUCTOS FABRICADOS POR DU PONT.....	23

CAPITULO IV

EMPLEO DE EXPLOSIVOS EN MEXICO

IV.1.- TIPOS DE PERMISOS.....	39
IV.2.- TRANSPORTE.....	40
IV.3.- ALMACENAMIENTO.....	42

CAPITULO V

TECNICAS PARA EL CALCULO DE DIAGRAMAS DE EXPLOSIVOS

V.1.- DISPOSITIVOS DE INICIACION NO ELECTRICA.....	59
V.2.- DISPOSITIVOS DE INICIACION ELECTRICA.....	67
V.3.- CARGADO DE BARRENOS.....	88
V.4.- PLANTILLAS DE BARRENACION.....	99

CAPITULO VI

ANALISIS DE COSTOS EXPLOSIVOS VS. MAQUINARIA CONVENCIONAL

VI.1.- OPERACIONES A CIELO ABIERTO.....	103
VI.2.- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	111

CAPITULO VII

CONCLUSIONES.....	124
-------------------	-----

CAPITULO I

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Los explosivos son una de las principales herramientas del hombre, son vitales en la localización de nuestras materias primas y combustibles, así como en su extracción de la tierra, son esenciales para limpiar de obstáculos a medida que cambiamos el aspecto de la tierra con caminos, aeropuertos y ciudades, efectúan una gran variedad de trabajos especializados de modo efectivo y económico.

Sin los explosivos, que se han diseñado para trabajos específicos y que están disponibles en el lugar y en el momento que se necesitan, la economía nacional se hubiera retrasado aún más. Este aspecto descansa en dos factores: en los explosivos y en la habilidad de los usuarios.

La presente tesis tiene por objetivo el proporcionar una fuente de información sobre explosivos comerciales en México, su aplicación en las excavaciones a cielo abierto y análisis comparativo de costos, explosivos vs. maquinaria convencional. Disponer de los conocimientos mínimos necesarios para trabajar con explosivos guardando las necesarias medidas de seguridad ,impresindibles en el manejo de estas sustancias tan peligrosas,pero tan necesarias en los trabajos de *INGENIERIA CIVIL*.

HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS EN MEXICO

La evolución de los explosivos en México está íntimamente ligada a la producción minera, su desarrollo está basado en la observación de los resultados y los métodos específicos aplicados a las condiciones geológicas del subsuelo mexicano.

Al igual que en otros países, en el pasado la pólvora negra se utilizó en la explotación de minerales, tiempo después ésta fué desplazada por la dinamita.

Durante la segunda mitad del siglo XVI, la minería mexicana se desarrollo del centro al norte del país, Zacatecas, San Luis Potosí, Chihuahua, Jalisco, Hidalgo y Puebla.

En el año de 1550 se descubre el importante afloramiento o crestón de una potente veta. la veta madre, en el mismo lugar en que se ubica hoy la que después llegó a ser la célebre mina de San Juan de Raya, que en el futuro tanto influyó en la prosperidad de Guanajuato. El hallazgo lo realizó un arriero llamado Juan de Raya, quien después de efectuar durante algún tiempo obras exploratorias de carácter superficial, sin éxito aparente, vende la mina, que ya había denunciado a don Diego de Ahedo y socio. Ambos usaron todavía para la apertura de labores mineras el método llamado de lumbradas, pues ignoraban el uso de la pólvora en los barrenos y la manera de ejecutar éstos. Este método de lumbradas, consistía de introducir la leña a la mina, calentar su fracturamiento.

Este método representaba un peligro de asfixia a los

trabajadores , retardando la labor , ya que había que esperar a que se renovara el aire.

No se sabe a ciencia cierta cuando se difundió el uso de cartuchos explosivos en la Nueva España, pero la tradición local de Guanajuato afirma que José de Sardaneta, propietario de mina de Rayas, fué el primer mexicano que usó esta técnica. En 1730 la gaceta de México llamaba la atención sobre un tiro de 152 varas de profundidad, que Sardaneta había perforado en dos años usando fuerza de barrenos y pólvora. Es evidente que los explosivos no se usaban comunmente, ya que en 1732 Zacatecas no compro mas de 1300 libras de pólvora,cantidad insignificante si la comparamos con las 90 000 libras que Guanajuato consumió anualmente entre 1778 y 1795.

En cuanto a fábricas de pólvora, se ha escrito que después de la conquista Chapultepec formó parte del marquesado de Valle hasta 1530, año en que la corona española la donó a la ciudad, en ese tiempo se construyó una fábrica de pólvora, misma que permaneció ahí hasta 1784.

Es evidente que entre 1810 y 1937, el desarrollo de los explosivos en México se limitó al uso de la pólvora negra y la dinamita, siendo ésta última de importación. Fueron más de 100 años de oscurantismo para este sector industrial, por fortuna en 1937 se inició la comercialización en México, de la dinaminta y después de una serie de perfeccionamientos de los explosivos del tipo Hidrogel y los granulados de nitrato de amonio.

Actualmente, los explosivos son de vital importancia en .

los sectores mineros, de construcción, del cemento y petrolero. La pólvora negra y la dinamita son cosa del pasado; el presente y el futuro son el hidrogel y las emulsiones, siendo estas últimas producto de las innovaciones tecnológicas y lo más moderno en el mundo de los explosivos.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS

II.1.- DEFINICION.

Los explosivos son con algunas excepciones mezclas de sólidos, o de sólidos y de líquidos que forman un compuesto químico capaz de descomponerse en forma rápida y violenta, dando por resultado su conversión a grandes volúmenes de gases a altas temperaturas que liberan en un tiempo muy corto grandes cantidades de energía.

Los explosivos se transforman en gases en dos modos distintos, a la velocidad de unos metros por segundo, a lo que se denomina deflagración o a la de varios kilómetros por segundo denominándose entonces detonación.

Llamamos explosivos violentos a aquellos cuya descomposición es prácticamente instantánea por detonación produciéndose una reacción química que se caracteriza por la transformación del explosivo en una masa incandescente con temperatura de entre 2,500 a 4,500 grados centígrados presiones hasta de 25,000 atmósferas.

Para las excavaciones en roca, se emplean comúnmente los explosivos VIOLENTOS comerciales que se conocen como dinamita o hidrogeles de las cuales se fabrican numerosas variedades que se distinguen por sus propiedades particulares.

Existen distintos y variados tipos de explosivos que se diferencian entre sí por su potencia, sensibilidad, velocidad de detonación, densidad, resistencia a la humedad, plasticidad, temperatura de explosión, producción de gases nocivos, etcétera.

II.2.- DENSIDAD.

Depende en gran parte de la granulometría de los componentes sólidos y materia prima utilizada en su fabricación. En la mayoría de los explosivos de gran diámetro, la densidad se compara con la del agua y se expresa en gramos por centímetro cúbico. Generalmente, la densidad varía desde un mínimo de aproximadamente 0.4 g/c.c. a un máximo de 1.4 a máximo de 2.0 g/c.c.

El fin perseguido al tener explosivos de diferente densidad es permitir al usuario concentrar o distribuir cargas a voluntad. En barrenos largos es aconsejable que la carga de fondo sea efectuada con explosivo denso, mientras que el resto de la carga (de columna) requiere un explosivo de menor densidad.

II.3.- VELOCIDAD DE DETONACION.

La velocidad es una medida de la rapidez con que viaja la onda de detonación a través de una columna de explosivos. A menos que se especifique de otro modo, los datos de la velocidad se refieren a una columna de 1 1/4 de pulgada.

Esta velocidad esta comprendida entre 1,200 y 8,000 m/seg. a medida que se aumenta la velocidad, el explosivo por lo general produce un mayor efecto de fragmentación en materiales duros.

II.4.- POTENCIA.

El término POTENCIA se refiere al contenido de energía de un explosivo, que es capaz de efectuar un trabajo. Las dinamitas puras son el parámetro con el cual se comparan todas las otras dinamitas .

La calificación de la potencia de una dinamita está dada por el porcentaje en peso de nitroglicerina en la fórmula; una dinamita regular de 40% tendrá 40% de nitroglicerina, una de 60% tendrá 60% de nitroglicerina, etc.

En otro tipo de dinamita la proporción de nitroglicerina se reduce y otros ingredientes que generan potencia, tales como el nitrato de amonio, se sustituyen. Es por lo tanto, posible producir una variedad de dinamitas que iguallen las diferentes potencias de las dinamitas puras en una base de peso por peso. La experiencia ha demostrado que el mejor explosivo no es necesariamente el de mayor potencia, densidad y velocidad; el mejor explosivo es aquella combinación de potencia, velocidad y densidad que de el tipo de resultados deseados en la voladura.

II.5.- SENSIBILIDAD

Es la propiedad de la onda explosiva de propagarse de cartucho a cartucho o de continuarse a través de la columna. Se mide por la distancia en pulgadas, a la que la mitad de un cartucho de 1 1/4 por 8 pulg. propaga la otra mitad del mismo

cartucho cuando ambas partes, teniendo los extremos cortados frente a frente, estén envueltas en un tubo de papel y se disparen al aire.

Las dinamitas deben ser suficientemente sensibles para asegurar la detonación de toda la columna de explosivos. Sin embargo, las dinamitas no deben ser tan sensibles que su manejo sea excepcionalmente peligroso.

II.6.- DIAMETRO CRITICO.

Se define como el diámetro mínimo al cual un explosivo se detona.

El diámetro de un producto explosivo corresponde a la medida externa, incluyendo el material de emboltura. Como regla general, un producto se debe de usar como mínimo en un tamaño igual al doble de su diámetro crítico. Esta medida es un diseño de seguridad para ambos, fabricante y usuario asegurando que cualquier producto usando un diámetro un poco más pequeño que su diseño de empaque no fallará en su detonación.

II.7.- SENSITIVIDAD.

Es la propiedad que tienen los explosivos para ser detonados por los iniciadores convencionales. La amplia aceptación de las mezclas nitrato de amonio-aceite combustible

para voladuras, ha dado como resultado muchos medios de aumentar la sensibilidad de estas mezclas. El incremento de la sensibilidad no necesariamente conduce a un mejoramiento de la características de propagación o de la acción de voladura.

II.8.- GASES EMITIDOS.

Los gases que se obtienen como resultado de la detonación de explosivos comerciales son principalmente dióxido de carbono, nitrógeno y vapor, y estos no son tóxicos en el sentido ordinario. Además se producen otros gases venenosos, incluyendo el monóxido de carbón y los óxidos de nitrógeno, e hidrógeno sulfatado y pueden ser fácilmente detectados debido a sus efectos ya que irritan los ojos, membranas mucosas y por su olor peculiar.

Tanto la naturaleza como la cantidad total de gases venenosos varían entre los diferentes tipos y grados, y también pueden cambiar con las condiciones de uso. Para trabajos a cielo abierto, las emanaciones generalmente no son de cuidado.

II.9.- RESISTENCIA AL AGUA.

Es una propiedad de los explosivos a mantener sus características físico-químicas de diseño, sumergidos en agua, ya sea dinámica o estáticamente en un período determinado de

tiempo. Los hidrogeles son los mejores a este respecto. Algunos agentes explosivos de alta densidad poseen una buena resistencia al agua, mientras que los agentes explosivos de baja densidad tienen muy poca o ninguna resistencia al agua.

II. 10.- ESTABILIDAD.

Es la propiedad que tienen los explosivos de conservar sus características físico-químicas de diseño, en condiciones normales de almacenamiento en períodos de tiempo determinado.

Para determinar la estabilidad de los productos explosivos se llevan a cabo a pruebas al aire libre. Estas pruebas requieren llevar el producto entre dos extremos de temperatura y entonces detonar el producto.

El número de pruebas que se realiza hasta que el producto no detone, es un indicativo de la estabilidad del producto.

Las características de almacenamiento en el campo varían mucho en todo el país. En ocasiones se hacen pruebas de estabilidad cuando son necesarias.

II. 11.- FLANABILIDAD

Esta propiedad se refiere a la facilidad con la que un explosivo o agente explosivo puede incendiarse. En el caso de las dinamitas, esto variará desde algunos tipos que se inflaman

rápidamente y se queman con violencia, hasta otros que no soportarán una combustión a menos que se aplique una fuente exterior de flama.

II.12.- RESISTENCIA A LA CONGELACION

Normalmente, bajo cualquier exposición ordinaria, no se congelarán a las mínimas temperaturas atmosféricas encontradas por lo general en el país. Esta es una importante propiedad de los explosivos ya que permite efectuar voladuras en tiempo frío sin la necesidad de efectuar el peligroso proceso de deshielar explosivos congelados.

Todas las dinamitas gelatinas se endurecen apreciablemente con el tiempo frío, y tanto ellas como cualquier dinamita granular que contenga nitrato de amonio pueden endurecerse como resultado de la absorción de la humedad y cambio de temperatura. Este endurecimiento da algunas veces la sospecha de que la dinamita se ha congelado. Este punto puede aclararse rápidamente mediante la "prueba del alfiler". Un alfiler común no penetrará en la dinamita congelada, pero sí puede empujarse fácilmente en los cartuchos que simplemente están endurecidos.

CAPITULO III

**ASPECTO COMERCIAL DE LOS
EXPLOSIVOS EN MEXICO**

III.1 Atlas de México fabrica y comercializa tres tipos de explosivos además de accesorios. Estos son :

- 1) Agentes explosivos AN/FO.
- 2) Hidrogeles
- 3) Emulsiones

1) *Agentes explosivos (AN/FO)*

El explosivo más usado en todas partes del mundo es el AN/FO , y México no es la excepción . Si no fuera por la falta de resistencia al agua , el AN/FO acapararía virtualmente el total del mercado de explosivos , se debe hacer una excepción cuando el alto costo de barrenación en roca dura no garantice económicamente el uso del AN/FO ; pero la alta energía de los explosivos podría representar un costo más bajo donde los patrones de barrenación pueden ser modificados mediante un factor de carga adecuado .

AN/FO es la abreviación de la mezcla de nitrato de amonio y aceite diesel .

a) ANFOHEX 'X'

Es el equivalente del universalmente conocido producto AN/FO , compuesto de nitrato de amonio y diesel.

Descripción: es un material seco granulado sin forma que huele a diesel . Empacado en bolsas de 25 kgs. de papel 'semikraft' con un forro interior de plástico.

PROPIEDADES :

Densidad: 0.84 g/cc a granel

0.95 g/cc cargado neumáticamente.

Clasificación de gases : clase 1 , aceptable para uso subterráneo .

Resistencia al agua : Poca , los barrenos tienen que estar secos , o ser secados neumáticamente o con una bomba especial .

Sensitividad : No es sensitivo a la cápsula mínima que se utiliza como cebo (comunmente la del N.-6).

Energía disponible : 377 kilojoules/100 g

V.O.D.: 1900 a 2100 m/seg al aire libre y a 25°C.

USO : A cielo abierto . Más usado como carga de columna , pero en roca suave se puede usar como carga completa , adecuadamente cebado con Godyne o emulsión , en barrenos mayores de 3'' de diámetro .

b) ANFOMEX B. D.

Este producto está específicamente diseñado para cubrir las necesidades del usuario de explosivos en México y es recomendado para áreas donde la roca a ser fragmentada se caracteriza como suave a medio dura. Un uso adicional es en voladuras controladas donde se trata de minimizar daños a taludes y pilares o en casos específicos , donde se requieren minimizar las vibraciones.

El ANFOMEX B.D. (baja densidad) fue diseñado para proporcionar un menor consumo por metro lineal de barreno aún cuando es cargado neumáticamente. Además tiene ventajas adicionales cuando

después de la detonación genera el mínimo de gases nocivos.

Descripción :Es un material granular que contiene aligerantes tales como aserrín y perlas de poliestireno. Al igual que el Anfomex 'X', este producto es empacado en bolsas de 25 kgs. de papel 'semikraft' y un forro de polietileno.

PROPIEDADES :

Densidad = 0.65 g/cc a granel

0.79-0.83 g/cc cargado neumáticamente

Clasificación de gases : Clase 1 , aceptable para uso subterráneo .

Resistencia al agua : poca los barrenos tiene que estar secos o desagüados .

Sensitividad : No es sensitivo a las cápsulas No.- 6 , se usa Godyne o emulsión para su iniciación .

Energía disponible : 361 Kj/100 g

V.O.D. :1700 a 1800 m/seg

Uso : A cielo abierto . Cuando la roca es suave a medio dura como carga de columna , es usado para control de taludes .

2) Hidrogeles , Linea de Productos Godyne.

Cuando los hidrogeles se desarrollaron vinieron a remplazar , por razones de seguridad , a las dinamitas a base de nitroglicerina . El cambio a las gelatinas fué difícil en aplicaciones subterráneas por que los mineros afirmaban avance

reducido y fallas en voladuras.

Durante los últimos 10 años de práctica en el campo usando el hidrogel Godyne , se ha evolucionado en su aceptación en el mercado con los resultados requeridos .

El Godyne es un explosivo de consistencia de una gelatina compuesto por sales de amonio y sodio en su fase acuosa , y principalmente por aluminio en su fase combustible . El Godyne se identifica por su apariencia plateada debido a su contenido de aluminio de grado fino .

Se utiliza una goma importada de la India , para ligar las dos fases presentes y un agente provee el aglutinante para aglomerar el producto , resultando la gelatina característica de la mezcla explosiva .

El Godyne no requiere sensibilizadores orgánicos para lograr su sensibilidad y energía , por lo tanto no afectará fisiológicamente al usuario .

GODYNE S.D. (DIAMETRO PEQUEÑO)

Descripción : Gelatina de color aluminio empacada en película trilaminada en diámetros de 1'' a 1 1/2'' y reconocible por su brillante color aluminizado que al tocarlo sin empaque se impregna en la superficie con la que hace contacto .

Propiedades : Densidad de cartucho = 1.2 g/cc

Clasificación de gas : Clase 1 , aceptable para uso subterráneo

Resistencia al agua : Excelente en agua estática .

Sensibilidad : Sensitivo a la cápsula No.- 6 y es usado para iniciar columna de AN/FO .

Energía disponible : 433 Kj/100 g

V.O.D.: 3300 m/s al aire libre a 25 C , medido en una muestra de 1'' de diámetro x 8'' de largo con densidad de 1.20 g/cc

Usos : Este producto se utiliza en frentes , cruceros , contrapozos , moneos y precortes . También es útil en construcción , presas , canales , demoliciones y además puede ser empacado en diámetro más grande para ser utilizado como cebo de carga de fondo .

GODYNE I.D. (DIAMETRO INTERMEDIO)

Un producto similar al GODYNE S.D. la fórmula I.D. es básicamente modificada para llenar requisitos de aplicación para los límites de diámetro intermedio .

Descripción : Gelatina de color aluminio grisáceo , empacada en tubular de polietileno con impresión en diámetros de 2'' a 3''.

Propiedades : Densidad de cartucho : 1.20 g/cc

Clasificación de gas : Clase 1 , aceptable para uso subterráneo .

Resistencia al agua : Excelente rendimiento en agua estática .

Sensitividad : Sensitivo a la cápsula No.- 6 y usado para iniciar una columna de AN/FO .

Energía disponible : 363 kj/100 g

V.O.D. : 2300 m/s al aire libre a 25 C medido en una muestra de 2'' diámetro por 16 '' de longitud con una densidad de 1.20 g/cc.

Usos : Como carga de fondo en barrenos verticales o inclinados en canteras y en la industria de la construcción (en cortes

para construcción de carreteras , canales , obtención de materiales de relleno)

GODYNE EXTRA

Esta es la formulación generalmente usada en aplicaciones de diámetros grandes en operaciones a tajo abierto donde la perforación es de 6'' de diámetro o mayor . El Godyne extra se puede identificar , como toda la serie por su color y su consistencia .

Descripción : Gelatina de color aluminio grisáceo empacado en tubular de polietileno con impresión en diámetro de 5''.

Propiedades : Densidad de cartucho = 1.20 g/cc

Clasificación de gases : Clase 1 aceptable para uso subterráneo

Resistencia al agua : Excelente resistencia al agua .

Sensitividad : Sensitivo a la cápsula No.- 6 y usado para iniciar columnas de AN/FO .

Energía disponible : 363 kj/100 g

V.O.D. : 3200 m/s al aire libre a 25 C medido en una muestra de 5'' de diámetro por 37'' de longitud y una densidad de 1.20 g/cc .

Usos : Minería a cielo abierto , canteras , en minería subterránea , su uso es común para plasteo , obras hidráulicas en canales de riego , carreteras , presas , etc.

3) Emulsión sensitiva

Descripción : Es un producto blanco de consistencia cremosa empacado en un tubo de polietileno .

Este nuevo concepto en la fabricación de los productos explosivos , es lo más reciente en el desarrollo del explosivo comercial . Lo contrario a la historia pasada de introducción difícil de nuevos productos a la comunidad minera , las emulsiones han disfrutado de una aceptación mundial dentro de un periodo de tiempo relativamente corto debido a su eficiente desempeño en el campo . Una gran ventaja para el país , es que la mayor parte de las materias primas que componen el producto son de fabricación nacional

Propiedades : Densidad = 1.20 g/cc

Resistencia al agua : Excelente en agua estática .

Clasificación de gases : Clase 1 aceptable para uso subterráneo

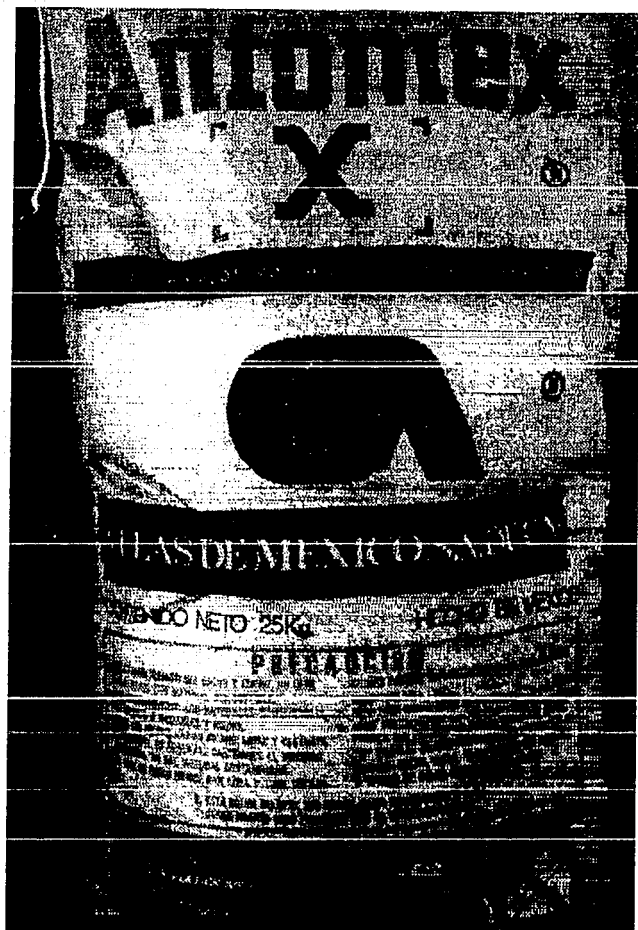
Sensitividad : Sensitivo a la cápsula No.- 6 .

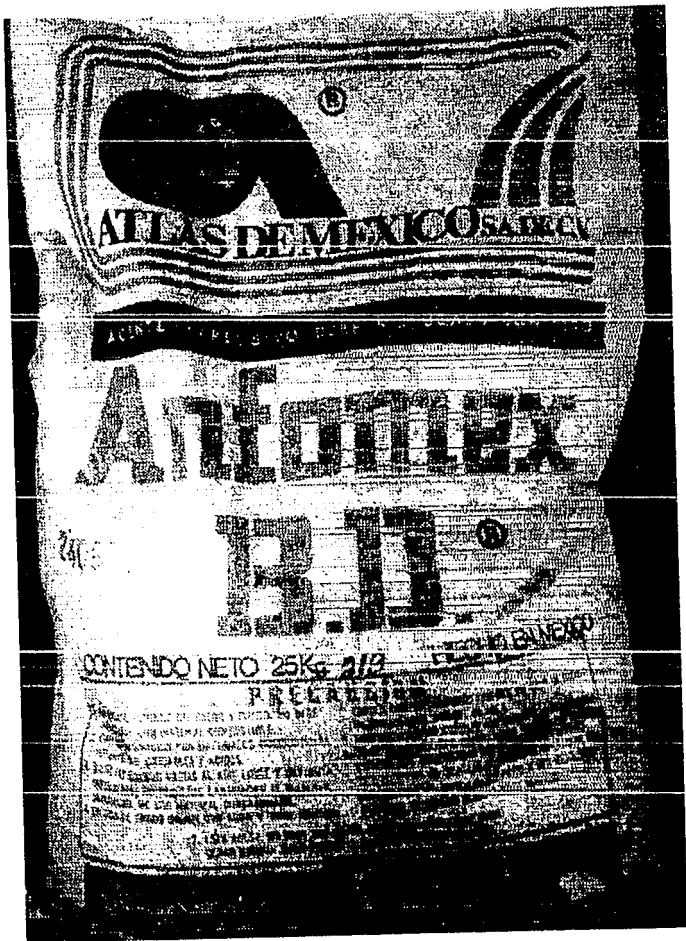
Energía disponible : 305 kj/100 g

V.O.D. : 4500 m/s al aire libre a 25 C , medido en una muestra de 2'' de diámetro por 16 de longitud con una densidad de 1.20 g/cc .

Uso : Usado primordialmente en operaciones de tajo abierto , grandes canteras y construcción de carreteras .

Su uso se ha extendido ligeramente a aplicaciones subterráneas de diámetro intermedio en sistemas de barrenación profunda y voladura de banco donde se emplea perforación de diámetro intermedio (2 1/4'' a 4'')





ATLAS DE MEXICO S.A.

FERTILIZANTE

ATLANTEX

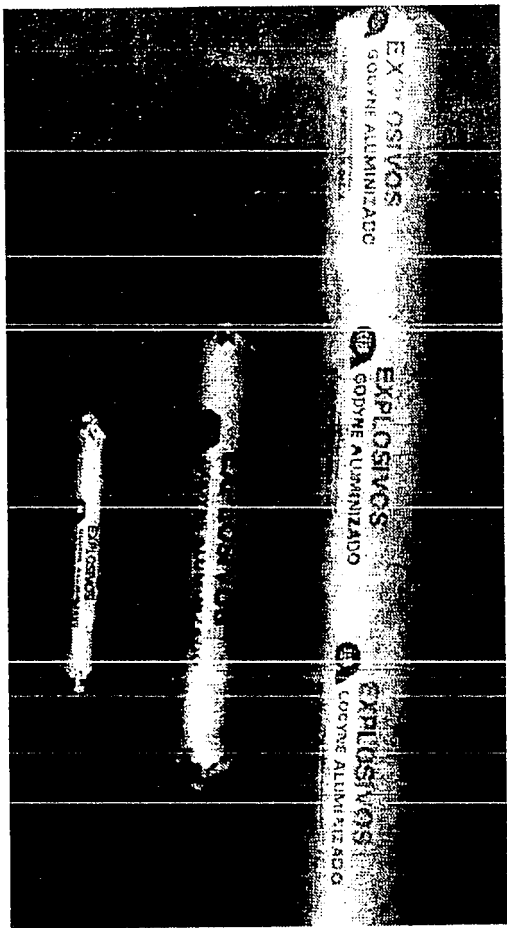
R.I.

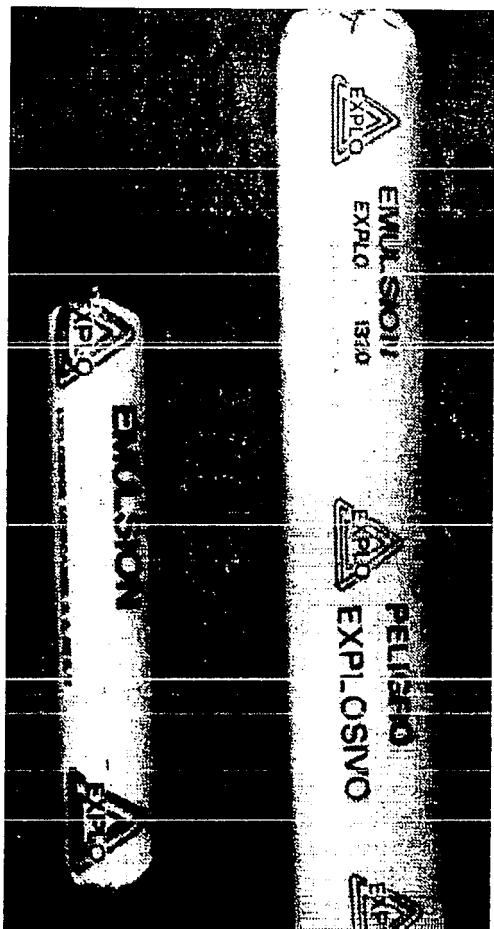
BANCRO

CONTENIDO NETO 25Kg 212

PRECATOS

INSTRUCCIONES DE USO Y PRECAUCIONES
Este fertilizante es de uso exclusivo para cultivos de
café y cacao. Se debe aplicar en forma de riego o
al voleo, evitando el contacto con las hojas y frutos.
No aplicar en terrenos con exceso de humedad.
Mantener en sus envases originales, evitando el
contacto con otros productos químicos.
Evitar el contacto con la piel y los ojos.
Mantener fuera del alcance de los niños.
No fumar ni beber alcohol durante el uso.
Lavar bien las manos después de usarlo.
No arrojar los envases vacíos al medio ambiente.
Mantener los envases vacíos en un lugar seco y ventilado.
Este fertilizante es propiedad de Atlas de México S.A.
Distribuido por Atlas de México S.A. - México, D.F.





La compañía Du Pont fabrica los siguientes productos :

- 1) Agentes explosivos (encartuchados y granulados)
- 2) Hidrogeles (gelatinas)
- 3) Emulsiones (Explosivos licuados)

1) AGENTES EXPLOSIVOS

De las muchas ventajas ofrecidas por estos compuestos sin nitroglicerina , sin duda las más importantes son la seguridad en el manejo , uso y su bajo costo .

En la primera sección bajo "Tipo encartuchados " están incluidos todos los agentes explosivos disponibles en un paquete fácil de cargar .

T I P O E N C A R T U C H A D O S

NITRAMÓN A .- El Nitramón A viene empaquetado en recipientes metálicos con diámetros desde 4 hasta 9 plg (en incrementos de 1/2 plg) por 24 de longitud . Normalmente se embarcan sueltas las latas de todos los tamaños sin ninguna caja de empaçado exterior . La lata tiene en un extremo una cinta para manejarla y bajarla al fondo del barreno . En el diámetro de 4 plg , la cinta es pequeña , de tipo triangular , pero en los tamaños más grandes es mucho más ancha , variando desde 2 3/8 plg para diámetros de 4 1/2 y 5 1/2 plg y mayores , hasta 5 plg de ancho para las latas de 7 1/2 a 9 plg . Esta cinta facilita bastante el manejo de las latas en todas las

etapas de su uso , incluyendo el transporte , estibado , manejo y cargado dentro del barreno .

El Nitramón A tiene una densidad que varía desde 1.27 para diámetros inferiores a 5 plg hasta 1.48 para diámetros mayores. El Nitramón A ha dado resultados excepcionales en el banqueo de casi cualquier tipo de material , incluyendo caliza arenisca , granito , en roca calcárea y en pizarra . El Nitramón se emplea principalmente en barrenos verticales , pero también se puede trabajar en barrenos horizontales . El Nitramón sigue siendo el agente explosivo más confiable de los que se encuentran disponibles para su empleo bajo severas condiciones de almacenamiento , manejo y uso . Excepto por el daño a la lata producido por el enmohecimiento o el abuso mecánico , el Nitramón A tiene una vida útil ilimitada .

NITRAMITE 2 .- Para hacer frente a la demanda de agentes explosivos encartuchados y de precio más económico para barrenos de diámetro grande , la compañía Du Pont introdujo el Nitramite 2 como una modificación del Nitramón A .Este producto se encuentra empacado en cartuchos de papel laminado , fuertemente asfaltado , en lugar de latas . La resistencia al agua del Nitramite 2 es parte integral del compuesto y no depende del recipiente . El agua penetrará y desensibilizará al Nitramite 2 , como lo hará con la mayoría de los agentes explosivos , pero lo hará muy lentamente . Debido a su economía , resistencia al agua y encartuchado en forma de tubo en espiral con cabeceado ahusado , el Nitramite 2 se ha vuelto un

popular agente explosivo , y con frecuencia se utiliza para cargas de columnas en donde se requiere una moderada resistencia al agua y una buena distribución de explosivos .

La densidad del Nitramite 2 varía de 1.07 a 1.14 g/cc y proporciona un funcionamiento excelente para cargas de columnas en minas a cielo abierto y en canteras . Se puede usar tanto en barrenos verticales como horizontales .

NITRAMEX HD .- A medida que se extendía el uso del Nitramón se hizo obvio que se necesitaba un grado aún más potente y denso . Por lo tanto Du Pont desarrolló el NitramexHD para satisfacer esta necesidad . El Nitramex HD está empacado en pesados cartuchos de papel laminado y asfaltado , con un largo cabeceado ahusado en un extremo y un inserto de cartón en el otro . El Nitramex HD tiene buena resistencia al agua , pero no es igual a los productos enlatados . Las ventajas de este empaque son la ya descritas para el empaque del Nitramite 2 .

T I P O G R A N U L A D O S

Las razones para el cambio a agentes explosivos granulados son principalmente económicas y de seguridad , aunque la facilidad de cargado es también un factor importante en muchas operaciones . No solo son menos costosos , sino que también permiten mayores economías en la operación de cargado . Los agentes explosivos granulados se utilizan como la carga de columna principal y para suplementar a los productos

encartuchados llenando el espacio anular entre la pared del barreno y el cartucho .

Aunque los agentes explosivos granulados generalmente son de menos densidad que los productos encartuchados o enlatados , y , por lo tanto tienen menor potencia en volumen , el hecho es que llenan el barreno completamente y esto da como resultado una aceptable densidad de carga en el barreno .

Los tipos granulados que ofrece la compañía Du Pont varían desde el Pelletol , de alta potencia y resistencia al agua , hasta mezclas de nitrato de amonio grado industrial que son económicas y que pueden mezclarse con el aceite combustible .

PELLETOL .- El Pelletol es el único agente granulado completamente resistente al agua . Se ha adoptado ampliamente en todo el país y es aún muy popular para cierto tipo de voladura a pesar de la reciente competencia ofrecida por materiales de menor costo . El Pelletol no se considera sensible a la cápsula y , por lo común , no puede iniciarse por una cápsula excepto bajo condiciones de perfecto confinamiento en barrenos de pequeño diámetro . El Pelletol está hecho de pequeños granos suaves en forma de óvalo y se vacía con facilidad a través de una abertura de 1/2 plg. Sus gases son muy dañinos y por lo tanto debe utilizarse únicamente en trabajos a cielo abierto .

NILITE ND .- Es el grado granulado de menor densidad fabricado por Du Pont y únicamente se vende como un producto

para vaciar . Los rangos de densidad al vaciarse varían 0.45 a 0.55 g/cc , lo que hace un producto que ocupa mucho espacio y que debe vaciarse poco a poco para asegurar una densidad de cargado uniforme . El Nilite ND se empaca únicamente en bolsas múltiples de papel y de 50 lb. de peso (25 kg aprox) .

La experiencia en el campo confirma que este producto se desempeña satisfactoriamente en barrenos tan pequeños como 2 plg de diámetro .

ANFO - P .- Este producto queda en el rango de densidad intermedia y baja (0.75 a 0.85) . El ANFO - P es uno de los agentes explosivos granulados más sensibles , pero no tiene ninguna resistencia al agua .Su principal uso es en voladuras de descapote y en canteras . El ANFO - P ha probado también su utilidad en voladuras de barrenos de pequeño diámetro en carreteras , canteras y algunas minas subterráneas .Su uso está limitado a barrenos secos y como carga de columna arriba del agua , en barrenos mojados .

El ANFO-P es el agente explosivo más económico y aunque proporciona un muy aceptable nivel de funcionamiento , tiene las limitaciones comunes a todas las mezclas simples de este tipo ; posee un fuerte olor a aceite combustible , y la evaporación y migración del aceite puede producir peligrosas condiciones de gases después de un almacenamiento prolongado o a temperaturas elevadas .

ANFO - HD .- Este producto tiene una densidad de 0.95 a

1.05 g/cc y presenta casi las mismas características que el ANFO - P , pero tiene aplicación en donde se requiere una mayor densidad .

TOVITE 2 .- Este producto encartuchado o a granel , está en el extremo opuesto de la escala de densidades comparado con el Nilite ND , poseyendo una densidad de 1.05 a 1.15 tiene aproximadamente las mismas características que el ANFO - P , pero con una mayor potencia . La experiencia obtenida en el campo indica que se carga mejor en barrenos mayores , pero puede utilizarse en barrenos de hasta 3 plg de diámetro en su forma granulada .

El uso en el campo ha demostrado que el producto a granel trabaja bien como una carga de fondo en barrenos secos en voladuras normales de canteras , o como una carga intermedia o de columna en formaciones difíciles de disparar . La forma encartuchada puede también utilizarse para estas mismas aplicaciones en barrenos moderadamente mojados que deban cargarse y dispararse el mismo día . La combinación de un alto factor de potencia y una elevada densidad dan como resultado una mejor fragmentación .

NILITE 303.- Este es una mezcla de nitrato de amonio - aceite combustible desarrollada principalmente para uso subterráneo , en donde los gases son un problema .

El Nilite 303 es particularmente adecuado para cargarse mediante equipo diseñado para cargar a granel . No sólo se

carga con facilidad , sino que el operador no está expuesto a los gases irritantes del aceite o del diesel .

Su funcionamiento en el campo ha demostrado que este producto es aplicable a casi todas las situaciones excepto aquellas en que se tengan barrenos mojados . Su empleo principal ha sido en la minería subterránea ; sin embargo , puede utilizarse como carga de columna en trabajos de construcción y de cantera .

PELLETOL. S.- Este producto es un agente explosivo completamente resistente al agua y fácil de vaciar , que se utiliza para carga principal o para rellenar . El Pelletol S tiene propiedades semejantes a las del Pelletol visto anteriormente.

2.- **DINAMITAS GELATINAS . -**

La base explosiva de la dinamita gelatina es una gelatina formada por algodón azótico y nitroglicerina . Es insoluble en el 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 Du Pont se vende una serie de grados con con diferentes potencias que varían desde 20% hasta 90%.

Estos explosivos son densos , plásticos , cohesivos y altamente resistentes al agua . Tienen gases excelentes en las potencias de 20% a 60% , pero en las potencias superiores sus gases son pobres . Su plasticidad hace posible que se cargen sólidamente en barrenos para obtener una máxima densidad de

carga . Cuando están confinados en un barreno alcanzan altas velocidades de detonación y , por consiguiente una acción rápida y fragmentadora . Esta velocidad combinada con su alta densidad , hacen de los diferentes grados de la Gelatina Du Pont un explosivo muy efectivo en trabajo difícil y duro y en las operaciones en donde se desea un máximo efecto de fragmentación .

La Gelatina Du Pont se adapta a todas las variedades de trabajo húmedo . Las potencias más elevadas se recomiendan para romper roca o mineral muy duro y masivo .

GELATINA DU PONT 100 POR CIENTO .- Esta gelatina es esencialmente nitroglicerina gelatinizada con suficiente algodón azótico para producir una masa gelatinosa de consistencia de hule . La energía proviene principalmente de la nitroglicerina . Puede manejarse , transportarse , y utilizarse sin tener más riesgo que con las otras gelatinas . Se utiliza principalmente en disparos de barrenos profundos, también se ha empleado, en algunos casos , para trabajo de túnel o perforación de lumbreras en materiales excepcionalmente duros Sus gases son pobres , y cuando las condiciones son tales que debe utilizarse bajo tierra o en lugares confinados , hay que tener gran cuidado para garantizar la ventilación adecuada .

GELATINA "HI-VELOCITY ".- Es una característica inherente de las dinamitas gelatinas convencionales el volverse menos sensitiva y detonar a velocidades menores con el tiempo o

cuando están sujetas a elevadas presiones hidrostáticas .

Se desarrollo por lo tanto , y se vende bajo el nombre de Gelatina Hi-Velocity , una serie de gelatinas puras de 40% a 90% de potencia , que conservan su altas velocidades bajo condiciones extremadamente adversas . Los grados de Gelatina Hi-Velocity poseen excelente resistencia al agua . Los grados 70% a 90% tienen gases pobres y por lo tanto no deben utilizarse en trabajo subterráneo. Sin embargo , los grados de 40% 50% y 60% son adecuados y recomendables para dicho trabajo siempre que sean aplicables .

GELATINA ESPECIAL. - Estas gelatinas son equivalentes a todas las Gelatinas Du Pont en todos los aspectos , excepto en que tiene una velocidad un poco menor y son ligeramente menos resistentes al agua . Sin embargo son tan resistentes a la humedad , que por lo regular se cargan en barrenos húmedos o con poca agua y se disparan con poca o sin ninguna pérdida de eficiencia después de estar en el barreno durante varios días . Tienen muy buenos gases en todos los grados .

Las Gelatinas Especiales son adecuadas , en particular , para el trabajo de construcción al aire libre . También se utiliza ampliamente en canteras y minería , en donde la elevada densidad y la fuerte acción de fragmentación de las gelatinas son ventajosas.

GELATINA TOVAL .- Es la dinamita gelatina de más densidad y más económica de las que están disponibles para disparos difíciles

en construcción y en cantera . Se encuentra disponible en tubos de polietileno de 3 plg. de diámetro y más y en cartucho de papel de 2plg. de diámetro y menos . La gelatina Toval tiene la buena resistencia al agua y propiedades de gases de la Gelatina Especial .

3. - EMULSIONES (EXPLOSIVOS LICUADOS)

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 agentes licuados . Los explosivos licuados formulados y producidos adecuadamente ofrecen un número de ventajas sobre los otros explosivos y agentes explosivos que son como sigue : 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 llenado completamente del barreno 5) facilidad de cargado y manejo 6) confiabilidad .

TOVEX .- Todos los explosivos licuados Tovex Du Pont están empacados en bolsas de polietileno y tiene el suficiente cuerpo y resistencia la agua , para permitir el vaciado fuera de la bolsa , aun en barrenos llenos de agua ,para producir la máxima densidad de cargado . El Tovex fué el primer explosivo licuado , sensibilizado con TNT que la compañía Du Pont puso

en venta .Se encuentra en el mercado en diámetros de 3 a 8 plg ,tiene una densidad de 1.4 y esta formulado para proporcionar suavidad y facilidad de flujo sin comprometer su resistencia al agua o su vida útil . El Tovex ha demostrado una eficiente carga de fondo en muchas operaciones . Todos los explosivos licuados se hacen menos fluidos a bajas temperaturas , el Tovex tiene una buena resistencia a la congelación durante el invierno y posee una excelente vida de almacenamiento durante el tiempo de calor .

SUPER TOVEX .- En los primeros días de los explosivos licuados se hizo obvio que una modificación del Tovex que tuviera más densidad y mayor energía utilizada como carga de fondo permitiría aún mayores bordos y espaciamentos que los obtenidos con el Tovex . El super Tovex fué el primer explosivo licuados de alta densidad diseñado para este fin .Se encuentra en el mercado en paquetes similares al Tovex en diámetros de 3 a 8 plg.

TOVEX A-2 , A-4 , A-6 .- Estos productos proporcionan una serie de potencia variable , de explosivos licuados sensibilizados con aluminio . El Tovex A-6 tiene la mayor densidad (1.6) y más potencia teórica de la serie .

POURVEX .- El Pourvex es una modificación del Tovex que posee propiedades físicas poco usuales . El Pourvex es un explosivo licuado sensibilizado con TNT muy suave y fluido ,con una

fuerte resistencia al agua . Se encuentra en el mercado en bolsas de polietileno de 5 plg. por 30 lb. y 8 plg por 60 lb y está diseñado para vaciarse dentro del barreno , proporciona una mucho mayor densidad de carga , y , por lo tanto , es capaz de hacer mucho más trabajo que las gelatinas empacadas Tovex .

POURVEX EXTRA , TOVEX EXTRA , Y TOVAN EXTRA .- Es lo más reciente en el desarrollo de la familia de los explosivos licuados , han demostrado en pruebas de campo poder proporcionar mayor energía de voladura , produciendo en general , un mejor movimiento de roca y fragmentación que otros explosivos licuados . La resistencia al agua y características de duración dentro del barreno de los explosivos licuados Extra son similares a la de los grados Pourvex y Tovex .

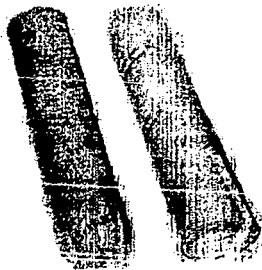
POURVEX EXTRA.- Este producto tiene una energía medida mayor que la del Pourvex y debe utilizarse principalmente en barrenos de pequeño diámetro de 3 a 5 plg. o como una carga anular alrededor de productos encartuchados , debido a su poca capacidad para soportar pesados tacos en barrenos de diámetro mayor .Se empaqueta en tubos gruesos de polietileno de 5plg por 30 lb y de 8 plg por 60 lb.

TOVEX EXTRA .- Este producto se carga rápido y fácilmente en barrenos de gran diámetro debido a sus características de fluidez . Es ideal para voladuras en roca y mineral duro . El Tovex extra se empaqueta en tubos gruesos de polietileno de 5 plg

por 30 lb y dos unidades por caja . Se recomienda para uso en
barrenos de 5 plg de diámetro y mayores .

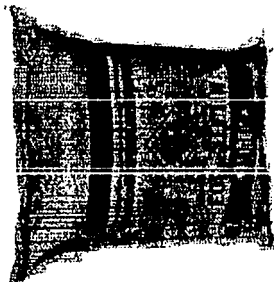
TOVAN EXTRA .- Este es un explosivo licuado económico para uso
como carga de columna en roca dura o como carga inferior en
roca fácil o moderada .

"Nitramite" 2 con cabeceado
abusado y con inserto de cartón en el
otro extremo



El "Pelletol" Du Pont





"Nille" Du Pont 303

CLASIFICACION DE GASES

CLASE I	$(0.00 \text{ a } 4.5) \times 10^{-3} \text{ m}^3$ (0.00 a 0.16 pies cúbicos) gases nocivos/200 gr.
CLASE II	$(4.5 \text{ a } 9.3) \times 10^{-3} \text{ m}^3$ (0.16 a 0.33 pies cúbicos) gases nocivos/200 gr
CLASE III	$(9.3 \text{ a } 20) \times 10^{-3} \text{ m}^3$ (0.33 a 0.67 pies cúbicos) gases nocivos/200 gr

El Instituto de Productores de Explosivos (I.P.E.) en los E.U.A. , en cooperación con el departamento de minas de E.U.A. , ha establecido una clasificación de gases basada en m³ , de gases nocivos por cartucho de 200 grms.

Los gases nocivos comprenden los tres gases mencionados anteriormente : monóxido de carbono , óxido de nitrógeno e hidrogeno sulfurado .

La clasificación de gases está basada específicamente en la cantidad de gases nocivos emitidos por un cartucho de 32 por 200 mm . Sin embargo en cartucho más pequeños se deben cumplir con los límites establecidos para la clasificación de gases de un cartucho de 32 x 200 mm del mismo explosivo.

Los explosivos que se encuentran en la clasificación de gases número 1 puede ser utilizados con seguridad en operaciones subterráneas , pero no sin ventilación adecuada.

Los explosivos que se encuentran en la clasificación de gases No.- 2 o 3 , no deben utilizarse en operaciones subterráneas

CAPITULO IV

EMPLEO DE EXPLOSIVOS EN MEXICO

El 25 de enero de 1972, se publicó en el Diario Oficial la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos. Cuyo control corresponde básicamente a la Secretaría de la Defensa Nacional, quién a través de la ley señala el control que ejerce tanto en productos químicos como explosivos y artificios.

En el artículo 42 de la propia ley habla de permisos específicos, siendo facultad exclusiva del Presidente de la República el autorizarlos y no exime a los interesados de cubrir requisitos que señalen otras disposiciones legales y/o municipales del lugar que ocupen las instalaciones.

Se establecen tres tipos de permisos: Generales, Ordinarios y Extraordinarios.

Generales: Que se conceden a negociaciones o personas físicas cuyas actividades sean de manera permanente.

Ordinarias: Que se expiden en cada caso para realizar operaciones mercantiles entre sí o con comerciantes de otros países siempre y cuando cuenten con un permiso general vigente.

Extraordinarios: Que se otorgan a quienes de manera eventual tengan necesidad de efectuar alguna de las operaciones que se enumeran en los permisos mencionados.

De acuerdo al artículo 43, la Secretaría de la Defensa

Nacional, podrá negar, suspender o cancelar discrecionalmente los permisos a que se refiere el artículo 42, cuando las actividades empleadas con los permisos entrañen peligro para la seguridad de las personas , instalaciones o puedan alterar la tranquilidad o el orden público.

Artículo 44.- Los permisos son intransferibles.

Los permisos generales tendrán vigencia durante el año en que se expidan , y podrán ser revalidados a juicio de la Secretaría de la Defensa Nacional.

Debe rendirse un informe dentro de los primeros diez días siguientes al fin de cada mes, reportando su inventario inicial, más compras del mes, menos consumos, e inventario final (y ventas en casos de fabricantes y distribuidores de explosivos).

TRANSPORTE.

La transportación de explosivos en México está regulada por la Secretaría de la Defensa Nacional y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Artículo 67.- El transporte de objetos y materiales autorizados implícitamente en los permisos generales y extraordinarios expedidos por la Secretaría de la Defensa

Nacional, se sujetará a las medidas de seguridad y medios de transporte que los propios permisos señalen, así como el cumplimiento de otras leyes y reglamentos.

Medidas de Seguridad para el Transporte de Explosivos.

- a) El transporte de los explosivos se hará en vehículos dotados y destinados especialmente para ello. Estos vehículos llevarán en tiempo de paz, letreros visibles al frente. El sistema de luces estará dispuesto de manera que se pueda ver todo el contorno del vehículo en caso necesario.
- b) Antes de salir un vehículo que transporte explosivos se revisará perfectamente el motor, ruedas, suspensión, frenos, luces, etc., no debiendo hacerse el transporte si no se hace en un vehículo en perfecto estado. Sobre la marcha se cuidará constantemente el estado de vehículo, efectuando además, revisiones menos exigentes durante las detenciones.
- c) Se evitará que en el mismo vehículo se transporte explosivos y otros efectos, cuando sea forzoso hacerlo, se separarán ambas cargas lo suficiente; de cualquier modo nunca se transportarán explosivos combustibles y materiales flamables en el mismo vehículo, ni en el mismo convoy. Los detonadores no deben tampoco transportarse con los explosivos, en caso necesario, se llevarán en la caja y los detonadores en un compartimiento especial.
- d) Ni en los vehículos, ni en sus cercanías, se permitirá que se

enciendan fuegos, se fume o se manejen aparatos que produzcan flama o chispas. En los transportes por ferrocarril, los carros que contengan explosivos se dispondrán lo más alejado posible de la locomotora, poniendo entre ambos otros carros con carga menos peligrosa.

- e) Al embarcar los explosivos, se procederá primero con los más viejos, de manera que al colocarse en el polvorín, puedan usarse estos antes que los nuevos.
- f) Se hace especial hincapié en que el término vehículo es aplicable a las cajas, trailer y camiones.

ALMACENAMIENTO.

Artículo 71.- El almacenamiento de objetos y materiales, autorizados complementariamente en los permisos generales de fabricación, se sujetará a las medidas de seguridad que mencionen los propios permisos.

Artículo 76.- En los permisos extraordinarios para la compra-venta de polvoras, explosivos, artificios y sustancias químicas relacionadas con los mismos, la Secretaría de la Defensa Nacional, fijará las condiciones a que se deberá sujetar el almacenamiento respectivo.

POLVORINES

LUGAR. - Deberán instalarse a una distancia reglamentada por la Secretaría de la Defensa Nacional , de seguridad de distancia-cantidad (materiales debidamente empacados o envasados)

CAPACIDAD

Será de acuerdo a las necesidades del usuario y autorización de la Secretaría de la Defensa Nacional .

PRODUCTO ALMACENADO

Explosivos compatibles de acuerdo a lo estipulado por la S.D.N. en su tabla de compatibilidad de materiales empacados o envasados , ejemplo .

Agente explosivo = Alto explosivo

Estopín eléctrico = Fulminantes

Mecha clover = Cordón detonante

CONSTRUCCION

Cimentación: DE mamposteo (piedra braza) . Muros: Tabicón de arena compactada con mezclado pobre de concreto , reforzado lo anterior con castillos a cada 6 metros de distancia , de 15 x 15 cm , con alma de 4 varillas de 1" de diámetro. La altura deberá ser de 2.5 mts.

ALJUNTOS A ESTA SOLICITUD, SE REMIEN LOS DOCUMENTOS SIGUIENTES:

- A.-Copia certificada del Registro Civil del Acta de nacimiento del solicitante. Los extranjeros el documento que justifique su legal estancia en el País.
- B.-Opinión favorable del Gobernador del Estado o Territorio del lugar -- donde estén establecidos los polvorines y donde se utilizará el material explosivo, o bien del Jefe del Departamento del Distrito Federal y del Delegado correspondiente en su caso.
- C.-Certificado de Seguridad de los polvorines y del lugar donde se pretende usar el material explosivo expedido por la primera autoridad -- administrativa local. Indicando que estos son adecuados, no ofrecen -- peligro para la seguridad y tranquilidad pública y están protegidos -- contra robos.
- D.-En caso de sociedades mercantiles, se remitirá copia certificada del -- acta constitutiva y cuando las solicitudes de permiso se hagan por -- conducto de apoderado, deberán acreditar su personalidad con poder -- notarial.
- E.-Referencias del lugar de consumo manifestándolas en la "forma" reglamentaria.
- F.-Referencias de cada uno de los polvorines manifestándolas en la "forma" reglamentaria.

NOTA:--NO SE ATENDERA LA SOLICITUD SI NO ESTAN CORRECTOS Y CLAROS LOS DATOS ANO TADOS, O SI FALTA ALGUNO DE LOS DOCUMENTOS SEÑALADOS EN EL INSTRUCTIVO.

SECRETARIA DE LA DEFENSA NACIONAL
DIRECCION GENERAL DEL REGISTRO FEDERAL DE ARMAS DE PUNDO Y EXPLOSIVOS.
LOMAS DE SOTELO, D.F.

REFERENCIAS DEL LUGAR DONDE EL SOLICITANTE CONSUMIRA O USARA LOS EXPLOSIVOS, ARTIFICIOS O SUBSTANCIAS QUIMICAS RELACIONADAS CON LOS MISMOS, EN LAS OBRAS, OPERACIONES INDUSTRIALES O EXPLOTACION MINERA QUE SERALA EN SU GESTION PETITORIA.

(Denominación o razón social del peticionario)

SITUACION EXACTA DEL LUGAR DE CONSUMO: (Referida a puntos conocidos del

terreno para facilitar su localización)

UBICADO EN: Municipio o Delegación Estado, Territorio o Distrito.

DISTANCIAS MAS CORTAS, EN SUS ALREDEDORES A: Casas habitación MTS.

Carreteras MTS. Vías férreas MTS. Líneas eléctricas MTS. polvorines MTS.

"EXISTE O NO" BARRERA DE PROTECCION A: Casas habitación Carreteras

vías férreas líneas eléctricas polvorines

LUGAR Y FECHA

FIRMA

NOTA:-"BARRERA DE PROTECCION", SIGNIFICA CUALQUIER ELEVACION NATURAL DEL TERRENO, MURALLA ARTIFICIAL DE ESPESOR NO MENOR DE UN METRO CONSISTENTE TRUIDA CON TIERRA, ADOBES O SACOS TERREROS, O BOSQUES DE TAL DENSIDAD QUE LAS PARTES CIRCUNDANTES QUE REQUIERAN PROTECCION NO PUEDAN VERSE DESDE EL LUGAR DE CONSUMO DE EXPLOSIVOS AUN CUANDO LOS ARBOLES ESTEN DESPROVISTOS DE HOJAS.

SECRETARIA DE LA DEFENSA NACIONAL
DIRECCION GENERAL DEL REGISTRO FEDERAL DE ARMAS DE FUEGO Y EXPLOSIVOS.
LOMAS DE BOTELLO, D.F.

CERTIFICADO DE SEGURIDAD DE POLVORINES (O ALMACENES) EXPEDIDO POR LA
PRIMERA AUTORIDAD ADMINISTRATIVA.

EL SUSCRITO: _____ PRIMERA AUTORIDAD
(Nombre y Apellidos)

ADMINISTRATIVA DE: _____

HACE CONSTAR Y CERTIFICA:

QUE LOS POLVORINES UBICADOS EN: _____
(Referidos a puntos conocidos del terre-

no para su fácil localización)

DESTINADOS PARA ALMACENAR: _____
(Pólvora, dinamita, explosivos al nitrato de-
amonio, artificios, cloratos, nitrocelulosa, etc.)

QUE SERAN UTILIZADOS POR: _____
(Denominación o razón social)

CON DOMICILIO EN:

_____ CALLE NUMERO CIUDAD, POBLACION O LOCALIDAD.

_____ MUNICIPIO O DELEGACION ESTADO, TERRITORIO O DISTRITO Z.P. TELEFONO.

EN LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES: _____
(Explotación de canteras, industria de la
construcción, minera, metalúrgica, cerillera, de pinturas, etc.)

SON ADECUADOS, NO PRESENTAN PELIGRO PARA LA SEGURIDAD Y TRANQUILIDAD PU
BLICA Y ESTAN PROTEGIDOS CONTRA ROBOS.

_____ a _____ de _____ de 19 _____.

Sello y firma

SECRETARIA DE LA DEFENSA NACIONAL
 DIRECCION GENERAL DEL REGISTRO FEDERAL DE ARMAS DE FUEGO Y EXPLOSIVOS.
 LOMAS DE SOTELO, D.F.

REFERENCIAS DE LOS POLVORINES (O ALMACENES) DONDE EL SOLICITANTE ALMACENA LAS ARMAS, OBJETOS O MATERIALES QUE UTILIZARA EN LAS OBRAS, OPERACIONES INDUSTRIALES O COMERCIALES, O EN LA EXPLOTACION MINERA QUE SE REALIZA EN SU GESTION PRODUCTIVA.

Denominación o razón social del peticionario,

POLVORIN (O ALMACEN) NUMERO _____

SITUACION EXACTA DEL POLVORIN (O ALMACEN): Referida a puntos conocidos del terreno para facilitar su localización.

UBICADO EN:

Municipio o Delegación

Estado, Territorio o Distrito.

TIPO:

Superficial

Semi-enterrado

Enterrado

Socavón de mina.

DIMENSIONES INTERIORES: _____ MTS. _____ MTS. _____ MTS. VENTILACION POR MEDIO DE: _____
 Largo Ancho Alto

MATERIALES DE CONSTRUCCION DE:

Cimientos

Muros

Piso

Puertas

Techo.

DISTANCIAS MAS CORTAS DEL POLVORIN A:

Casas habitación _____ MTS.

Carreteras _____ MTS.

Vías ferreas _____

_____ MTS. _____ MTS. _____ MTS. "EXISTE O NO" BARRERA DE PROTECCION A:
 Areas Líneas eléctricas Polvorin

Casas habitación Carreteras Vías ferreas Líneas eléctricas Polvorin.

CANTIDAD EN UNIDADES, METROS O KILOGRAMOS, SEGUN EL CASO, DE ARMAS, OBJETOS O MATERIALES POR ALMACENAR EN ESTE POLVORIN:

Tratándose de explosivos, se tendrá en cuenta: capacidad y tablas de "competibilidad" y "distancia-cantidad".

Denominación o razón social de la casa Provedora

Partido General número.

Lugar y fecha

Firma del solicitante.

NOTA:-"BARRERA DE PROTECCION", SIGNIFICA CUALQUIER ELEVACION NATURAL DEL TERRENO, MURALLA ARTIFICIAL DE ESPESOR NO MENOR DE UN METRO CONSTRUIDA CON TIERRA, ADORNES O SACOS TERREÑOS, O MOSQUES DE TAL DENSIDAD QUE LAS PARTES CIRCUNDANTES QUE REQUIERAN PROTECCION NO PUEDAN VERSE DESDE EL POLVORIN, ANTE CUANDO LOS ARBOLES ESTEN DESPREVISTOS DE HOJAS.

SECRETARIA DE LA DEFENSA NACIONAL
DIRECCION GENERAL DEL REGISTRO FEDERAL DE ARMAS DE FUEGO Y EXPLOSIVOS.
LOMAS DE SOTELO, D.F.

CERTIFICADO DE SEGURIDAD DEL LUGAR DE CONSUMO DE EXPLOSIVOS, ARTIFICIOS O SUSTANCIAS QUIMICAS RELACIONADAS CON LOS MISMOS, EXPEDIDO POR LA PRIMERA AUTORIDAD ADMINISTRATIVA.

EL SUSCRITO: _____ PRIMERA AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DE: _____

HACE CONSTAR Y CERTIFICA:

QUE _____
(Denominación o razón social)

CON DOMICILIO EN:

CALLE _____ NUMERO _____ CIUDAD, POBLACION O LOCALIDAD _____

MUNICIPIO O DELEGACION _____ ESTADO, TERRITORIO O DISTRITO _____ T.P. TELEFONO _____

EMPLEARA LOS MATERIALES SIGUIENTES: _____
(Pólvora, dinamita, explosivos al nitrato)

(o de amonio, artificios, nitroceluloso, clorato de potasio, etc.)

EN LABORES CONECTADAS CON LA: _____
(Explotación de canteras, industria de la

construcción, minera, metalúrgica, cerámica, de pinturas, etc.)

TRABAJOS QUE EFECTUARA PRECISAMENTE EN EL LUGAR DE CONSUMO UBICADO EN:

(Referido a puntos conocidos del terreno para su fácil localización)

EL CUAL POR SU SITUACION, NO REPRESENTA PELIGRO PARA LA SEGURIDAD Y TRANQUILIDAD PUBLICA.

_____ a _____ de _____ de 19 _____

Sello y firma

ANEXOS A ESTA SOLICITUD, SE REMITEN LOS DOCUMENTOS SIGUIENTES:

- A.-Copia certificada del Registro Civil del Acta de nacimiento del solicitante. Los extranjeros el documento que justifique su legal estancia en el País.
- B.-Opinión favorable del Gobernador del Estado o Territorio del lugar -- donde estén establecidos los polvorines y donde se utilizará el material explosivo, o bien del Jefe del Departamento del Distrito Federal y del Delegado correspondiente en su caso.
- C.-Certificado de Seguridad de los polvorines y del lugar donde se pretenda usar el material explosivo expedido por la primera autoridad -- administrativa local. Indicando que estos son adecuados, no ofrecen peligro para la seguridad y tranquilidad pública y están protegidos -- contra robos.
- D.-En caso de sociedades mercantiles, se remitirá copia certificada del acta constitutiva y cuando las solicitudes de permiso se hagan por -- conducto de apoderado, deberán acreditar su personalidad con poder -- notarial.
- E.-Referencias del lugar de consumo manifestándolas en la "forma" reglamentaria.
- F.-Referencias de cada uno de los polvorines manifestándolas en la "forma" reglamentaria.

nota-NO SE ATIENDE LA SOLICITUD SI NO ESTAN CORRECTOS Y CLAROS LOS DATOS ANOTADOS, O SI FALTA ALGUNO DE LOS DOCUMENTOS SEÑALADOS EN EL INSTRUCTIVO.

SECRETARIA DE LA DEFENSA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE REGISTRO Y CONTROL DE ARMAS DE
FUEGO Y EXPLOSIVOS
Lomas de Sotelo, D.F.

Tabla de Seguridad de Distancia-Cantidad
(Materiales debidamente empacados o envasados)

Descripción del material	DISTANCIAS EN METROS		POLVORINES CON PROTECCION				
	Kilos De	a	Edificios habitados	Vías férreas	Caminos carreteras	Líneas de alta tensión	Entre polvorines
1. Dinamita, explosivos al nitrato de amonio, pólvoras negra y sin humo.	000	500	126	100	100	100	11
	500	750	146	100	100	100	13
	750	1,000	160	100	100	100	14
	1,000	1,250	170	100	100	100	15
	1,250	1,500	180	100	100	100	17
	1,500	2,000	200	100	100	100	18
	2,000	3,000	230	100	100	100	20
	3,000	4,000	250	100	100	100	23
	4,000	5,000	260	110	100	100	25
	5,000	6,000	270	117	100	100	26
2. Artificios (fulminantes, estopines, conectores MS, cordón detonante, etc.)	6,000	7,000	275	122	100	100	27
	7,000	8,000	285	127	100	100	28
	8,000	9,000	295	132	100	100	30
	9,000	10,000	305	137	100	100	31
	10,000	12,000	330	148	100	100	33
	12,000	14,000	350	154	105	103	35
	14,000	16,000	370	160	110	105	36
	16,000	18,000	390	168	116	112	38
	18,000	20,000	405	173	121	118	39
	20,000	25,000	445	185	135	130	43
3. Por lo que respecta a los "artificios", únicamente se autoriza el almacenamiento en cada polvorin lo equivalente a 4 toneladas.	25,000	30,000	480	200	145	140	46
	30,000	35,000	510	208	155	150	49
	35,000	40,000	535	218	160	155	53
	40,000	45,000	550	226	166	162	56
	45,000	50,000	565	240	169	166	63
	50,000	60,000	575	250	171	168	66
	60,000	70,000	585	262	175	172	73
	70,000	80,000	605	274	182	178	80
	80,000	90,000	620	284	186	183	86
	90,000	100,000	635	294	191	188	93
100,000	125,000	675	378	210	208	117	
4. Nitrocelulosa (30-70) ó sea 30 pcrtos en peso del solvente por 70 partes del producto, con una nitración de 12.2% como máximo. Cloratos, fósforos, etc.	000	500	115	100	100	100	10
	500	750	135	100	100	100	12
	750	1,000	145	100	100	100	14
	1,000	5,000	235	100	100	100	23
	5,000	25,000	400	170	122	120	40
	25,000	50,000	500	215	156	150	50
	50,000	75,000	535	242	165	160	70
	75,000	100,000	570	275	170	166	85
100,000	125,000	607	340	190	188	110	

5. Trinitrotolueno, ciclonita, fulminatos, picratos, etc.	000	500	152	125	125	125	15
	500	750	175	135	135	135	20
	750	1,000	192	150	150	145	25
	1,000	5,000	312	165	185	160	35
	5,000	25,000	530	222	180	175	50
	25,000	50,000	675	283	200	200	75
6. Artificios pirotécnicos.	000	500	100	100	100	50	35
	500	1,000	160	160	160	100	45
A. Fabricantes.	1,000	5,000	200	200	200	150	55
	5,000	10,000	250	250	250	200	65

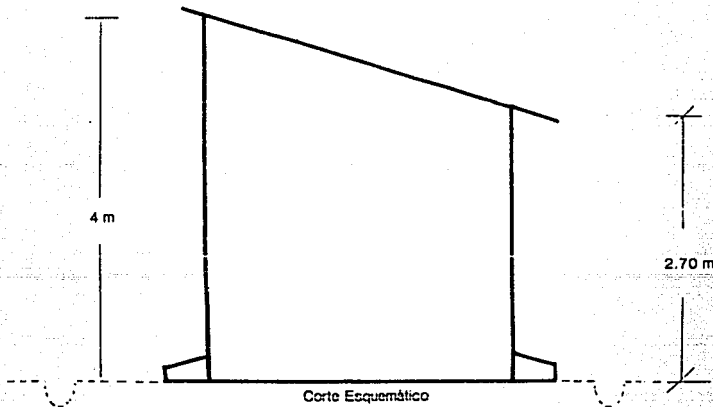
7. Artificios pirotécnicos.
- A. Comercio.
- A. La cantidad de artificios pirotécnicos que puedan tener en existencia es de 50 gramos por cada metro cúbico de espacio libre en el depósito de almacenamiento, en la inteligencia de que en los 50 gramos mencionados están incluidos la mezcla explosiva y la inerte, la capacidad total de seguridad será determinada según la ubicación de los depósitos y las dimensiones de los mismos.

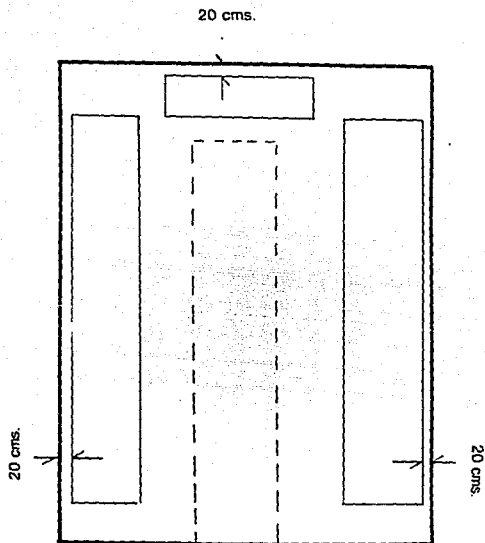
8. Almacenamiento de municiones en pequeño calibre para armas de fuego y para usos industriales.
1. La cantidad de municiones que pueden tener en existencia las personas o negociaciones que se dediquen a esta actividad es de 500 gramos por cada metro cúbico de espacio libre en el almacén o depósito, en la inteligencia de que en los 500 gramos está incluida la materia explosiva y la inerte, así como la cápsula
 2. Cuando se almacenen cartuchos que solamente tengan colocada la cápsula, se tomarán 85 gramos del explosivo que contengan dichas cápsulas por cada metro cúbico de espacio libre.
 3. Si las negociaciones están establecidas en calles de mucho tránsito, solo se permitirá almacenar como máximo 50 kilogramos contenida en cartucho

NOTA: Las distancias arriba indicadas, son para cuando los polvorines o depósitos se encuentren protegidos por obstáculos naturales o artificiales, en caso contrario las distancias aumentan en "cien por ciento (100%)". En el interior de las fábricas únicamente se autoriza el almacenamiento de nitrocelulosa en una cantidad máxima de 5,000 Kgs observando las distancias de la presente tabla, disminuidas en un ochenta por ciento (80%).

CARACTERISTICAS POLVORINES

- 1.— Pendiente en Banqueta
- 2.— Dren Perimetral
- 3.— Pala y Pico disponibles
- 4.— Bote de Arena
- 5.— Extinguidores (2)
- 6.— Puerta de Acero y Madera con Chapa y Candado
- 7.— Tierra Fisica
- 8.— Rejilla de ventilación con protección antirroedor
- 9.— Libre de Humedad
- 10.— Pisos pulidos y líneas de accesos

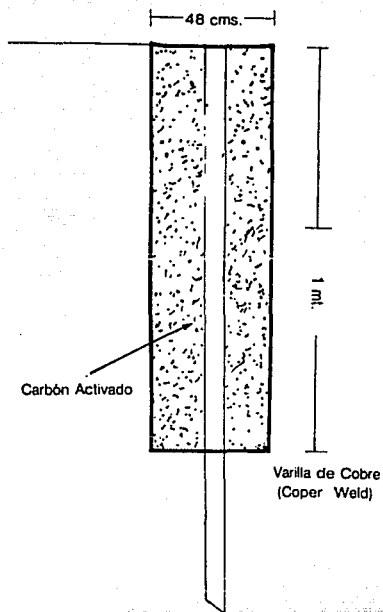
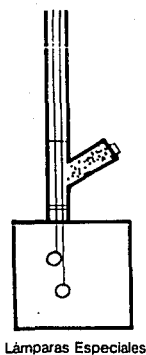




Planta Polvorin

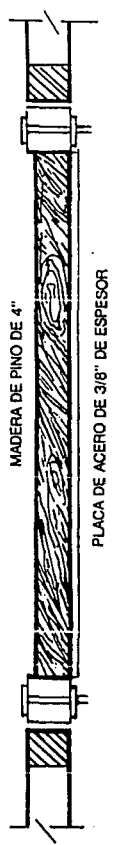
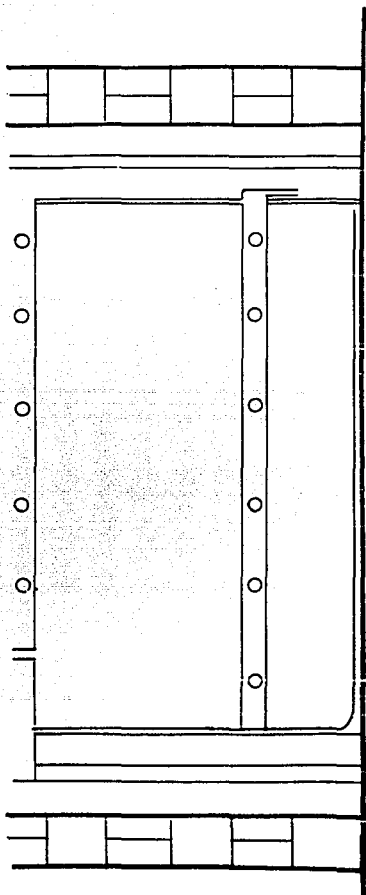
- 11.— Separar estibas de paredes
- 12.— VIGILANCIA (24 Hrs.)
- 13.— Cercado
- 14.— Pararrayos
- 15.— Aplanado y Pintura
- 16.— Tarima de madera
- 17.— 20 mts. libre de mat. orgánica, alrededor
- 18.— Talud o protecc. natural

- 19.— Iluminación APE Nema 9
- Controles por fuera 110 volts
- Conduit de Pared Gruesa
- Sellos EYS



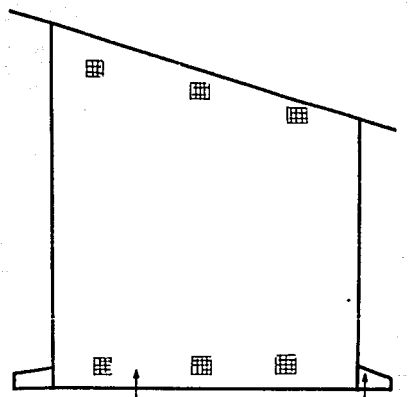
Detalles de tierra física

- 20.— Libro de registro de entradas y salidas
- 21.— Copia en cuadro del permiso
- 22.— Límite máximo de personas (letrero)
- 23.— Anuncios.
- 24.— Tambores de 200, con agua.
- Polvorin No. _____
- Peligro Explosivos
- Prohibido Fumar



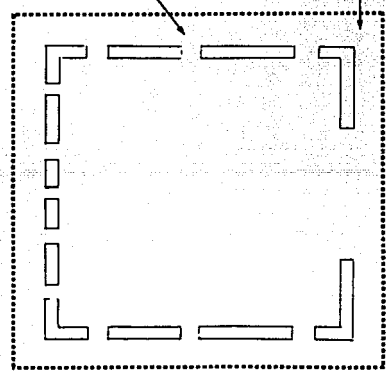
PUERTA DE ACCESO
 DETALLE

15.5



REJILLAS DE VENTILACION

BANQUETAS



CROQUIS SIN ESCALA DE LA DISPOSICION DE LAS REJILLAS DE VENTILACION

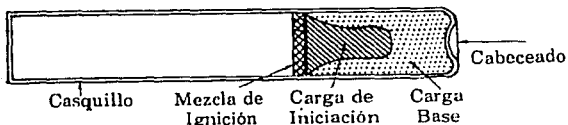
CAPITULO V

**TECNICAS PARA EL CALCULO
DEL DIAGRAMA DE EXPLOSIVOS**

V. 1.- DISPOSITIVOS DE INICIACION NO ELECTRICA

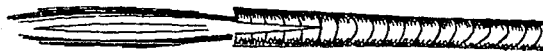
El método de iniciación "no eléctrica" se puede emplear para iniciar cualquier tipo de voladura ,pero su uso ha sido en voladuras donde el riesgo de electricidad externa puede hacer que el encendido eléctrico sea peligroso .

FULMINANTE. - El fulminante o cápsula No.- 6 consiste en un casquillo de aluminio conteniendo tres cargas como se observa en la figura V.1a . La mezcla de ignición asegura la captación de la flama proveniente de la mecha de seguridad . La carga de iniciación convierte la detonación en una combustión e inicia la carga base .



Fulminante o cápsula No. 6.

fig. 5.1a



Mecha Clover, mostrando "flamazo inicial" un chorro de fuego que lanza la mecha al encenderse el núcleo de pólvora.

fig. 5.1b

MECHA DE SEGURIDAD. - La mecha es un medio para transmitir el fuego a un fulminante o a una carga explosiva a una velocidad continua y uniforme . Consiste en un núcleo de pólvora negra elaborada especialmente para este propósito , cubierto y protegido por varias capas de materiales textiles e impermeabilizantes .

Cuando arde la mecha , el fuego queda encerrado dentro de la estructura de la misma y sólo emerge en cada extremo como pequeños chorros de flama ; el flamazo inicial y el final . Las características del flamazo final no tienen importancia alguna para el usuario ya que siempre ocurre dentro del fulminate y en contacto con la carga explosiva del mismo . El flamazo inicial si es de importancia , pues comprueba al usuario que el núcleo de pólvora ha sido encendido y que la mecha está ardiendo .

Los materiales textiles e impermeabilizantes que rodean y protegen el núcleo de pólvora le proporcionan una excelente protección contra la abrasión , el maltrato o la contaminación por humedad .

Tomando en cuenta el objeto de la mecha y su relativamente sencilla pero robusta construcción , es obvio que cualquier manejo que maltrate o destruya las cubiertas protectoras o que permita que el agua u otras sustancias extrañas llegen a contaminar la pólvora , nulificará el objetivo de la mecha y resultará en un funcionamiento imperfecto o en fallas .

Ver fig. 5.1b

CONECTOR (TH).-El conector TH , se utiliza únicamente para encender mecha , consiste en un casquillo metálico parecido al del fulminante , es resistente al agua y cuando se engargola a la mecha , la protege contra la humedad . La base del conector contiene una carga de ignición y una ranura que se usa para fijarlo a una línea de Ignitacord . Cuando se aplica la flama a la carga de ignición ocurre una combustión la cual se transmite al núcleo de la pólvora de la mecha . Para sujetar el Ignitacord al conector , se cierra la ranura oprimiendo el casquillo con el dedo . Fig. V.2 y V.3

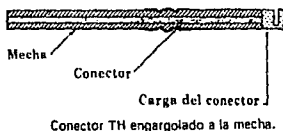


fig. 5.2

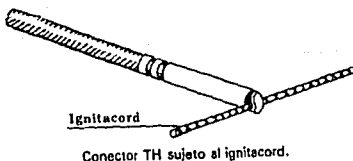


fig. 5.3

CORDON ENCENDEADOR (IGNITACORD) .- El Ignitacord es un artefacto para encender mechas , tiene la apariencia de un cordón y consiste en un alambre central cubierto de una composición flamable que arde progresivamente produciendo una flama corta y de una intensidad más que suficiente para encender las mechas que estén conectadas al Ignitacord . Permite encender una serie de mechas en un orden determinado 'en rotación' con un grado de control imposible de obtener encendiendo las mechas por cualquier otro método.

CORDON DETONANTE Y RETARDADORES MS .- El Primacord es un cordón detonante (explosivo) cuyo objeto principal es el de iniciar explosivos comerciales . Se puede describir como una cuerda flexible y muy resistente con un núcleo de un explosivo llamado Pentrita . Cuando se inicia el Primacord con un fulminante , la explosión se propaga a lo largo del Primacord a una velocidad de 7200 metros por segundo .

Cuando detona el Primacord tiene en toda su extensión la energía iniciadora de un fulminante . Como línea troncal , puede iniciar un número cualquiera de tramos adicionales , extensiones o líneas descendentes por medio de conexiones sencillas de nudos . Como ramal o línea descendente , cualquier tipo de Primacord iniciará los explosivos a base de aluminio con los cuales esté en contacto .

TIPOS NORMALES DE PRIMACORD

Se hará referencia sólo a los tipos de mayor uso en México , conocidos como Primacord y E-Cord , los que se describen a continuación .

PRIMACORD REFORZADO

NUCLEO	GRAMOS POR METRO NOMINALES	DIAMETRO EXTERIOR mm	RESISTENCIA EN TENSION PROMEDIO	PESO DE EMBARQUE 500 m
PENTRITA	10.6	5.15 [±] 0.4	90 Kgs.	11.5 Kgs

Construcción.- El núcleo explosivo está envuelto en cubiertas textiles de alta tenacidad, seguidas de una capa tubular de plástico y dos entorchados cerrados textiles, cruzados, con un cabo rojo en el exterior. El acabado final es de cera amarilla.

E - CORD

NUCLEO	GRAMOS POR METRO NOMINALES	DIAMETRO EXTERIOR mm	RESISTENCIA EN TENSION PROMEDIO	PESO DE EMBARQUE 500 m
PENTRITA	5.3	4.0 [±] 0.20	63 Kg	7.8 Kg

Construcción.- El núcleo explosivo está envuelto en cubiertas textiles de alta tenacidad seguidas de una capa tubular de plástico y dos entorchados cerrados textiles, cruzados con cuatro cabos rojos y seis blancos en el exterior. El acabado es de cera amarilla.

Descripción.-

El E-Cord es un cordón detonante de tipo económico de alta calidad y construcción de primera. Se distingue del Primacord Reforzado por su menor contenido de explosivo. Es de importancia recordar que, a pesar que contiene menos explosivo, todas las características básicas de seguridad y funcionamiento del E-Cord son esencialmente iguales a las del Primacord Reforzado.

La fuerza iniciadora del E-Cord, aunque proporcionalmente menor, es más que suficiente para detonar los hidrogeles o emulsiones sensibles a los fulminantes.

Aplicaciones.-

El E-Cord es ideal y se puede recomendar cuando menos para los usos siguientes:

- 1.- Para toda clase de moneo (voladura secundaria), ya sea en tajo abierto o en trabajo subterráneo.
- 2.- En voladuras subterráneas de pared grande .
- 3.- Como líneas descendentes y troncales en voladuras de barrenos de diámetro pequeño, mediano o grande con la condición de que se use hidrogel, emulsión sensitiva u otros cebos adecuados y que las condiciones de carga no sean críticas como lo sería la presencia de agua en cantidades excesivas u otras condiciones que afectarán adversamente la sensibilidad del cebo o impidiesen el contacto necesario del E-Cord al cebo.
- 4.- Para líneas troncales ya sea que las descendentes sean de E-Cord o de Primacord Reforzado.

La construcción del E-Cord proporciona una protección máxima contra la penetración del agua o de combustibles líquidos. Es de una estructura relativamente robusta y sin embargo es muy flexible y fácil de manejar, obteniéndose fácilmente conexiones de nudos a cualquier temperatura atmosférica.

RETARDADORES MS. -

En las técnicas de disparos con retardos cortos se retrasan las detonaciones de los barrenos una fracción de segundo. Este método ofrece varias ventajas sobre los disparos instantáneos, tales como la reducción de la vibración del terreno, mejor fragmentación, menos rompimiento atrás del plano de los barrenos, etc.

Habrá que tenerse en cuenta, sin embargo, que el uso de esta técnica siempre aumenta la posibilidad de que ocurran fallas o barrenos cortados. Un barreno cortado resulta del desplazamiento de su carga explosiva antes de que la detonación de la línea troncal haya llegado al mismo barreno, y se debe al movimiento del terreno causado por las detonaciones de los barrenos anteriores.

La selección de los intervalos correctos dentro de un sistema de Primacord es la de mayor importancia, sobre todo cuando se usen dispositivos de retardo colocados en la superficie. El tamaño de los barrenos, las distancias entre barrenos y entre hileras de los mismos, la clase del material

del terreno y su estructura y la configuración general del disparo son todos los factores que hay que tenerse en cuenta.

Los Retardadores MS están diseñados para introducir retardos en las líneas troncales sobre la superficie del terreno y estos son iniciados por Primacord. Se proporcionan con intervalos de 9 ,17 ,25 ,35 y 65 milésimas de segundo como promedio. Se pueden obtener otros intervalos combinando dos o más de los citados, en serie.

Los Retardadores MS se obtienen en dos modelos. Sin embargo, el que más se usa consiste de una pieza moldeada de plástico, la cual contiene en la parte central un elemento de retardo dentro de un tubo de cobre. Cada extremo del retardador está dispuesto para recibir un tramo de Primacord doblado en U el cual se sujeta por medio de un pasador. El otro modelo consiste de un elemento de retardo en un tubo metálico al cual se le pone un Cordón detonante en los extremos.

V.2. - DISPOSITIVOS DE INICIACION ELECTRICA

Los dispositivos eléctricos son aquellos iniciados por una descarga de corriente eléctrica, y ésta puede ser alterna o directa.

Un sistema de iniciación eléctrico utiliza una fuente de poder que asociada con un circuito conduce la electricidad al estopín eléctrico.

Un estopín eléctrico se inicia cuando se ha acumulado suficiente energía calorífica en el alambre del puente para elevar la temperatura de la mezcla de ignición al nivel crítico. A medida que se genera calor en el alambre del puente, como resultado del flujo de corriente eléctrica a través del mismo, se disipa calor por los alambres del estopín. La operación es semejante a la de tratar de llenar una bañera que tenga el drenaje abierto. La corriente debe estar arriba de un nivel mínimo para poder elevar la temperatura y debe permitirse fluir por un cierto periodo de tiempo. Por lo tanto el tiempo requerido para calentar el alambre de un puente depende de la corriente aplicada; entre más alta sea ésta menor será el tiempo.

Si la corriente aplicada está precisamente arriba del nivel mínimo, puede requerirse un tiempo considerable antes de alcanzar la temperatura crítica y que se inicie el estopín. Con niveles de corriente muy reducidos, pequeñas diferencias de un estopín a otro pueden provocar grandes variaciones en los tiempos de iniciación, así como en la analogía de la bañera,

tomará más tiempo llenar una que tenga un drenaje más grande que otra con un tubo de salida menor.

En un circuito en serie, en donde la corriente es la misma para todos los estopines, se tendrán fallas como resultado, si una de ellos dispara y corta la corriente antes de que todos los estopines hayan sido iniciados. Por lo tanto la mínima corriente recomendada debe ser suficiente para asegurar que todos los estopines se hayan iniciado antes de que detone el primero.

La composición del estopín es un fulminante con un dispositivo de retardo. La composición del retardo de tiempo inicia la carga primaria, la cual a su vez inicia la carga base.

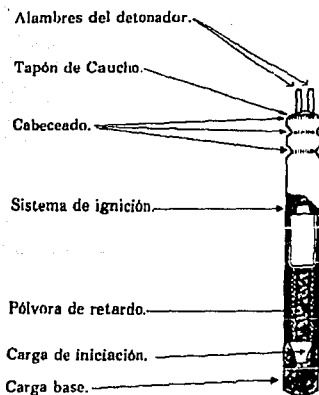


fig 5.4

CARACTERISTICAS DE ENCENDIDO DE LOS ESTOPINES ELECTRICOS.

Considere una serie de estopines eléctricos a la cual se le aplica una corriente directa uniforme. La corriente debe pasar a través del fusible por un mínimo periodo de tiempo (unos cuantos milisegundos), durante el cual, el puente del alambre se calienta a una alta temperatura que provoca un sistema de ignición, éste a su vez inicia la pólvora de retardo en la cual la carga de iniciación produce la detonación de la carga base.

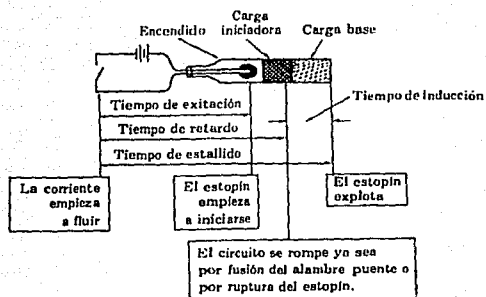
El tiempo mínimo en el cual la corriente pasa a través del fusible, se denomina "tiempo de excitación", y variará ligeramente de un estopín a otro debido a las pequeñas variaciones en la fabricación. Después que el fusible ha recibido esta cantidad mínima de corriente, necesitará de un pequeño lapso de tiempo y de que la ignición se extienda a través del fusible hasta iniciar la carga de retardo.

El tiempo desde la primera corriente de excitación hasta la ruptura del circuito (ya sea causada por la explosión del estopín o por la fusión del puente de alambre), es denominado tiempo de retardo.

El intervalo entre la primera aplicación de corriente y el encendido del detonador es llamado tiempo de explosión.

El tiempo de explosión es igual o ligeramente más grande que el tiempo de retardo.

La diferencia entre el tiempo de retardo y el tiempo de estallido, es conocido como tiempo de inducción. Ver fig. 5.5



Secuencia de eventos en el encendido de estopines eléctricos.

fig. 5.5

PLANEACION DEL CIRCUITO EN UNA VOLADURA

En los circuitos eléctricos de una voladura existen tres elementos básicos .

- Estopines eléctricos : Son conectados de una manera seleccionada de acuerdo al tipo de circuito encendido .
- Alambres de circuito : Son alambres que se conectan del circuito de estopines a una fuente de poder .
- Fuente de poder Proporciona la energía eléctrica para la iniciación de los estopines en la voladura .

ALAMBRES DE CIRCUITO.

Los diferentes tipos de alambre usados en los circuitos eléctricos para voladuras, divididos dentro de cuatro categorías generales :

- Alambres del estopín : Son alambres aislados que salen del estopín. Cada una de las puntas de los alambres del estopín son conectadas al alambre puente del estopín. El aislante se quita al final de cada alambre para que pueda ser fácilmente amarrado al otro alambre en el circuito eléctrico de la voladura. Los alambres conectados en corto circuito le proporcionan protección a las voladuras contra detonaciones prematuras por cargas extrañas y, por razones de seguridad, no deben ser desconectados hasta amarrarse el circuito de la voladura.

- Conexión de los alambres : Un alambre aislado se amarra y se conecta al alambre del estopín de la línea de encendido. La conexión de los alambres deberán ser de un calibre mínimo de 20AWG o mayor. Es un conductor sólido de alambres de cobre con un aislamiento impermeable.

- Línea de encendido : Se usa para conectar la fuente de poder al circuito de estopines y será de un calibre mínimo de 14 AWG o mayor. Es un conductor sólido de alambre de cobre con un aislamiento impermeable.

- Alambres conductores : Son una extensión de la línea de encendido en la cual los estopines eléctricos (circuito paralelo), o series individuales de estopines eléctricos (circuito serie paralelo) son conectados. Ya que los alambres

conductores forman una extensión sobre la línea de encendido. Esta debe consistir de un conductor sólido de alambre de cobre casi del mismo calibre que el de la línea de encendido.

TIPOS DE CIRCUITOS ELECTRICOS

- Circuito en serie : Es muy usado para detonar un número de estopines relativamente pequeño. Este tipo de circuito proporciona una sola trayectoria con la misma intensidad de corriente directa a cada estopín. Después de efectuar todas las conexiones, los dos extremos libres se unen a la línea de guía las que, a su vez, se conectan a la fuente de energía. Los colores diferentes de los alambres pueden ser útiles para evitar errores en las conexiones. por ejemplo, al hacer la conexión de la serie, es una buena idea el conectar colores iguales entre sí. De este modo, una serie que contenga un número par de estopines tendrá los extremos libres del mismo color y una serie que contenga un número impar de estopines tendrá extremos libres de diferente color. Esto ayuda a reducir la posibilidad de dejar un estopín fuera de circuito.

Se recomienda limitar el número de estopines en una serie simple a un máximo de 50 estopines y/o 100 ohms.

Para determinar la corriente de cualquier circuito en serie, primero será necesario determinar la resistencia total del circuito. Esto se hace sumando las resistencias de todos los elementos que están dentro del circuito en la serie.

$$R_t = R_d + R_c + R_f$$

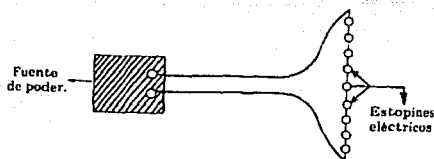
Donde:

R_t = Resistencia total en Ohms

R_d = Resistencia del estopín en Ohms

R_c = Resistencia de los alambres de conexión en Ohms. Fig. 5.6

R_f = Resistencia de la línea de encendido en Ohms . Fig 5.6



Circuito eléctrico de voladura en serie simple.

fig. 5.6

- Circuito en paralelo : Generalmenete es usado en cierto tipo de trabajos subterráneos. El arreglo en paralelo, suministra una mejor distrubución de corriente y requiere de que la línea de encendido sea conectada en forma opuesta al final del alambre conductor. En este circuito se conecta un alambre de cada estopín a un lado de circuito de voladuras y el otro alambre del estopín al otro lado del circuito.

Un circuito en paralelo reduce la posibilidad de errores de encendido debido a las perdidas o fugas de corriente. La resistencia de un circuito en paralelo es extremadamente baja

comparada con la dirección de fuga por lo tanto la mayoría de la corriente disponible fluye a través de la línea de encendido y no a través de la línea de fuga. (Ver fig. 5.7)

$$R_t = R_d + R_b + R_f + R_c$$

Donde :

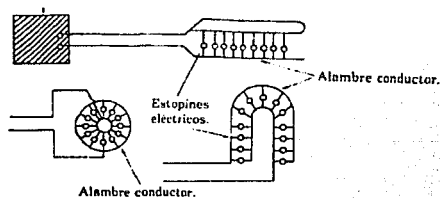
R_t = Resistencia total del circuito en Ohms

R_d = Resistencia del estopín en Ohms

R_b = Resistencia de los alambres de conducción en Ohms

R_f = Resistencia de la línea de encendido en Ohms

R_c = Resistencia de los alambres de conexión en Ohms



Circuito voladuras en paralelo.

fig. 5.7

- Circuito de serie en paralelo : Es una combinación de los sistemas de circuitos en serie y circuito en paralelo, y es frecuentemente usado para detonar una gran número de estopines en un disparo. Este método es una combinación de los dos

circuitos previamente descritos y consiste en unir dos o más series de estopines eléctricos conectándolos en paralelo. Este tipo de circuitos es frecuentemente usado cuando el número total de estopines eléctricos en una voladura excede de 50. Cada serie se limita a utilizar no más de 40 estopines eléctricos y/o una resistencia máximo de 100 Ohms.

La corriente total de encendido se divide entre el número de series. Es muy importante que la resistencia total de cada serie sean iguales, para tener un circuito balanceado y asegurar que el total de la corriente de la línea de encendido sea dividida equitativamente entre cada una de las series.

El uso inverso del amarre entre la línea de encendido y los alambres de conducción, será también una ayuda para asegurar la distribución igual de la corriente en todas las series individuales.

La fórmula S^2 puede ser usada para determinar el número óptimo de series para un circuito de series en paralelo.

El objetivo de calcular el circuito, es para determinar si cada serie recibirá suficiente corriente para el encendido en todos los estopines, sin tomar en cuenta la fuente de poder disponible.

La fórmula S^2 está dada por :

$S^2 =$ Resistencia total de todos los estopines . Resistencia total de la línea de encendido, alambres de conexión y alambres de conducción.

$$S^2 = \frac{\text{Resistencia total de todos los estopines}}{\text{Resistencia total de las líneas de encendido, alambres de conexión y alambres de conducción.}}$$

S = Número óptimo de series para un circuito de serie en paralelo.

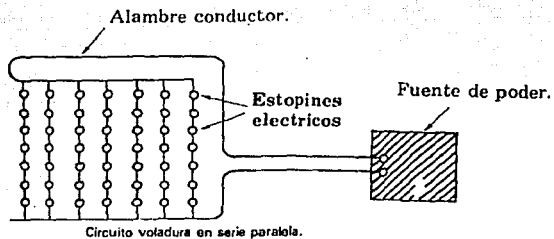


fig. 5.8

S^2 Resistencia total de todos los estopines
Resistencia total de las líneas de encendido, alambres de conexión y alambres de conducción.

S = Número óptimo de series para un circuito de serie en paralelo.

5.11. - PRINCIPIOS BASICOS (LEYES DE OHM Y KIRCHOFF)

Ley de Ohm: Los principios de la ley de Ohm se aplican para determinar el cálculo del circuito en una iniciación eléctrica de voladuras.

''La intensidad de corriente en un circuito eléctrico es igual al voltaje aplicado (volts), dividido entre la resistencia (Ohms)''.

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde :

I = Intensidad de corriente en amperes

V = Voltaje de la fuente de poder en volts

R = Resistencia del circuito en Ohms

Calculando el voltaje, esto también puede ser aplicado como sigue:

$$V = I \times R$$

Donde :

I = Intensidad de corriente en amperes

V = Voltaje de la fuente de poder en volts

R = Resistencia del circuito en Ohms

Calculando el voltaje, esto también puede ser aplicado como sigue:

$$V = I \times R$$

Calculando la resistencia :

$$R = \frac{V}{I}$$

CORRIENTE MINIMA REQUERIDA DE ESTOPINES ELECTRICOS		
Circuito	Poder C. D.	Poder C. A.
1 Estopín	0.5 amps/estopín	0.5 amps/estopín
Serie Simple	1.5 amps/estopín	2.0 amps/estopín
Serie Paralela	1.5 amps/serie	2.0 amps/serie
Paralela	1.0 amps/estopín (mínimo) 10.0 amps/estopín (máximo)	1.0 amps/estopín (mínimo) 10.0 amps/estopín (máximo)

TABLA 5.1

RESISTENCIA DEL ALAMBRE DE COBRE Y HIERRO				
A W G Calibre No.	C O B R E		H I E R R O	
	Ohms/1000 mts	Ohms/1000 pies	Ohms/1000 mts	Ohms/1000 pies
No. 6	1.296	0.395	4.953	1.4
No. 8	2.060	0.628	12.139	3.7
No. 10	3.278	0.999	20.013	6.1
No. 12	5.217	1.590	32.152	9.8
No. 14	8.301	2.530	51.181	15.6
No. 16	13.129	4.020	81.365	24.8
No. 18	20.922	6.380	129.593	39.5
No. 20	33.300	10.150	205.709	62.7
No. 21	41.995	12.800	249.672	76.1
No. 27	52.953	16.140	320.064	100.0
No. 28	66.798	20.360	413.386	126.0
No. 29	84.219	25.670	521.653	159.0

TABLA 5.2

LONGITUD DEL ALAMBRE		ALAMBRE DE HIERRO		ALAMBRE DE COBRE	
mts.	pies	Estopín Instantáneo	Estopín de retardo	Estopín Instantáneo	Estopín de retardo
1.2	4	1.26	1.16	2.10	2.00
1.8	6	1.34	1.24	2.59	2.49
2.1	7	----	----	2.84	----
2.4	8	1.42	1.32	3.09	2.99
2.7	9	----	----	3.34	----
3.0	10	1.50	1.40	3.59	3.49
3.6	12	1.58	1.48	4.09	3.99
4.3	14	1.67	1.57	4.58	4.48
4.9	16	1.75	1.65	5.08	4.98
6.0	20	1.91	1.81	6.08	5.98
7.3	24	2.07	1.97	----	----
9.0	30	2.31	2.21	----	----
12.0	40	2.15	2.06	----	----
15.0	50	2.42	2.32	----	----
18.0	60	2.69	2.59	----	----
24.0	80	2.71	2.61	----	----
30.5	100	3.11	3.01	----	----
36.5	120	3.51	3.41	----	----
45.0	150	4.11	4.01	----	----
60.9	200	5.12	5.02	----	----

TABLA 5.3.- RESISTENCIA NOMINAL DE LOS ESTOPINES ELECTRICOS OHMS/ESTOPÍN

CORRIENTE MINIMA REQUERIDA DE ESTOPINES ELECTRICOS		
Circuito	Poder C. D.	Poder C. A.
1 Estopín	0.5 amps/estopín	0.5 amps/estopín
Serie Simple	1.5 amps/estopín	2.0 amps/estopín
Serie Paralela	1.5 amps/serie	2.0 amps/serie
Paralela	1.0 amps/estopín (mínimo) 10.0 amps/estopín (máximo)	1.0 amps/estopín (mínimo) 10.0 amps/estopín (máximo)

RESISTENCIA DEL ALAMBRE DE COBRE Y HIERRO				
A W G Calibre No.	C O B R E		H I E R R O	
	Ohms/1000 mts	Ohms/1000 pies	Ohms/1000 mts	Ohms/1000 pies
No. 6	1.296	0.395	4.953	1.4
No. 8	2.060	0.628	12.139	3.7
No. 10	3.278	0.999	20.013	6.1
No. 12	5.217	1.590	32.152	9.8
No. 14	8.301	2.530	51.181	15.6
No. 16	13.189	4.020	81.365	21.0
No. 18	20.932	6.380	129.593	39.5
No. 20	33.300	10.150	205.709	62.7
No. 21	41.995	12.800	249.672	76.1
No. 27	52.953	16.140	328.084	100.0
No. 28	66.798	20.360	413.386	126.0
No. 29	84.219	25.670	521.653	159.0

PELIGROS DE LA ELECTRICIDAD EXTRAÑA

El término electricidad extraña se refiere a la energía eléctrica no deseada, que puede entrar a los circuitos eléctricos de voladura, proveniente de cualquier fuente . La fuente de seta electricidad caen en dos categorías : aquellas generadas por la naturaleza y las producidas por el hombre . Las generadas por la naturaleza incluyen el rayo , la estática y la galvánica . Las generadas por el hombre comprenden a las corrientes inducidas por la radiofrecuencia , generadores estáticos , corrientes erráticas producidas por equipo eléctrico impropiamente instalado o en malas condiciones de trabajo , corrientes inducidas magnéticas y electrostáticas , descargas de coronas de líneas de transmisión de alto voltaje y fuertes corrientes de tierra originadas por líneas de fuerza o rieles cercanos al sitio de la voladura .

TIPOS DE ELECTRICIDAD EXTRAÑA

Rayos.- Si un rayo toca a un circuito de voladuras , su detonación es muy probable , a pesar de cualquier precacución que el presente fondo de conocimiento pudiera sugerir . Aún un rayo cercano será probablemente causa de detonación.

Los hechos anteriores están bien establecidos. Rayos que han caído a varios kilómetros de distancia de un circuito de voladura han inducido cargas eléctricas suficientemente grandes

para hacer detonar estopines eléctricos. El riesgo de los daños aumenta considerablemente si existe cerca una línea de transmisión o una corriente de agua que conduzca la electricidad entre la tormenta y el punto de disparo.

No existe ninguna forma de producir un estopín eléctrico o un circuito de estopines insensible a las influencias peligrosas del rayo. Por consecuencia, las operaciones de voladura, en la superficie, bajo tierra o en el agua, deben suspenderse y todo el personal retirarse del área de voladura cuando se hacerque una tormenta eléctrica.

Electricidad estática. - El rayo no es el único peligro asociado con las tormentas eléctricas. En la vecindad de una tormenta eléctrica la atmósfera puede almacenar peligrosas cargas de electricidad estáticas a distancias considerablemente alejadas del centro de la tormenta. El movimiento de partículas, especialmente bajo condiciones secas, son capaces de generar electricidad estática, ya sea que estén en suspensión o sumergidas en un material aislante en movimiento, tal como es una banda de motor. Las partículas pueden ser polvo o nieve movidas por fuertes vientos o vapor a presión. Las precauciones que son indispensables tomar en tormentas de polvo y nieve incluyen colocar el estopín sobre la tierra y extender los alambres a lo largo del terreno; bajo ninguna circunstancia deben arrojarse los alambres al aire. Cuando las tormentas de polvo o nieve prevalecen, se recomienda discontinuar el trabajo de voladuras eléctricas.

Las precauciones recomendadas que es necesario seguir donde exista electricidad estática generada mecánicamente incluyen: (1) Todas las partes del equipo de movimiento en la vecindad de las operaciones de voladura tienen que estar conectadas entre sí eléctricamente y a un punto en común, y este punto debe estar conectado a una buena varilla de tierra, (2) todos los conductores y partes metálicas de un sistema tal, deben conservarse alejados de los estopines y de los circuitos de voladura o de otro modo aislarse eléctricamente, (3) los alambres de tierra y la varilla de tierra para tal sistema, es necesario concervarlos retirados de los rieles, alambrados y tubería que puedan conducir corrientes eléctricas erráticas desde estas fuentes hasta el lugar de disparo, (4) debe pararse todo el equipo en movimiento durante la conexión de circuitos de voladura y hasta que el disparo haya sido hecho.

Riesgos estáticos en los sistemas de cargado neumáticos.- Es un hecho bien conocido que la electricidad estática se genera cuando los sólidos se transportan neumáticamente. Debe controlarse este riesgo sise van a cargar neumáticamente mezclas de nitrato de amonio-aceite combustible sobre alambres de estopines eléctricos para evitar la iniciación prematura de éstos por la electricidad estática.

Las corrientes eléctricas generadas por el sistema de cargado neumático son siempre extremadamente pequeñas y pueden variar en polaridad , dependiendo de las condiciones

particulares de operación. La generación de corriente en sí no constituye un riesgo básico; si se permite que las cargas se almacenen en un capacitor, pueden crear suficiente energía en éste para iniciar un estopín eléctrico o aún un fulminante regular y mecha, si se descarga repentinamente.

Corrientes extrañas. - La corriente eléctrica que fluye de una fuente tal como una batería, un generador o un transformador, a través de líneas de energía a un equipo eléctrico, siempre regresará a esa fuente a través de cualquier trayectoria disponible para ella. Estas trayectorias incluyen conductores adicionales aislados de la tierra (tales como cables eléctricos), conductores no aislados de la tierra para transporte eléctrico (como rieles), y la tierra misma. Si el conductor de abastecimiento o de regreso entre la fuente y la carga se interrumpiera, como por el quemado de un fusible, pueden producirse corrientes peligrosamente altas en un sistema conectado a tierra. La primera defensa contra este riesgo requiere que los objetos metálicos continuos (líneas de transmisión, rieles, etc.) estén retirados de la inmediata vecindad de los circuitos de voladura eléctrica. Además, deben efectuarse mediciones para localizar corrientes erráticas antes de utilizar estopines eléctricos en una operación en particular.

La técnica adecuada para efectuar mediciones de corrientes erráticas requiere el uso de voltímetros de CA y CD capaces de leer 0.05 volts. Cada voltímetro se conecta entre los puntos

(por ejemplo, un tubo y un riel) en cuestión, usando un rango alto para evitar dañar el instrumento en caso de que existan altos voltajes. LA sensibilidad del voltímetro se incrementa gradualmente, utilizando el selector de rangos hasta hasta que se obtenga un valor medible. A continuación, se conecta directamente a través de las terminales del voltímetro una resistencia de 1 ohm, que simula la resistencia del alambre del puente de un estopín. El voltaje que se lee a través de la resistencia de 1 ohm es el valor numérico en amperes de la corriente que fluye por ella.

La lectura del voltaje de CA o CD a través de la resistencia de 1 ohm nunca debe de exceder de 0.05. Esto es, la máxima corriente que puede tolerarse es de 0.05 amperes o un quinto de la misma corriente de disparo de los estopines comerciales (0.25 amperes) . Esto cumple con las recomendaciones del Instituto de Fabricantes de Explosivos.

Líneas de transmisión de alto voltaje y potencia . Se ofrecen las siguientes recomendaciones generales cuanso se efectúen voladuras cerca de las líneas de transmisión :

(1) El punto de voladura nunca debe estar localizado más cerca a una línea de transmisión o de potencia que la distancia igual a la longitud del alambre de guía más la longitud de ambos alambres del estopín.

(2) Si no puede localizarse un punto de disparo que cumpla con lo anterior, es indispensable utilizar, en lugar de estopines eléctricos y alambre guía, los Retardos MS, cordones

detonantes estándar (que no estén forrados con alambre) o cordones detonantes de baja carga explosiva. Lo anterior supone un sistema completamente no eléctrico.

(3) Si no se encuentran disponibles las unidades de retardo, cordón detonante estándar, o cordón de baja carga los alambres del estopín deben anclarse seguramente en o cerca del disparo.

(4) Si los alambres del estopín o una línea de guía vuelan hasta tocar una línea de energía, la cuadrilla de voladura no debe intentar retirar el alambre. Es indispensable pedir a la compañía eléctrica que lleve a cabo esta tarea.

V.3 .- CARGADO DE BARRENOS

El cargado abarca la operación completa de colocar una carga en la forma deseada con uno o más cebos y dejarlos listos para el disparo. Las cargas se confinan con taco, haciendo esto posible que los explosivos desarrollen máxima eficiencia al efectuar trabajo útil en el rompimiento del material vecino.

V.3.1 .- PREPARACION DEL CARTUCHO CEBADO .

Un cartucho cebado, o cebo, consiste en un explosivo sensible a los fulminantes, dentro del cual se ha insertado el fulminante de una mecha cebada.

Los cartuchos cebados siempre deberán prepararse de manera que se satisfagan los requisitos siguientes:

- 1.- El conjunto mecha- fulminante debe sujetarse al cartucho de modo que no pueda separarse del mismo accidentalmente.
- 2.- La colocación del fulminante dentro del cartucho debe ser segura y eficaz.
- 3.- Con una lezna u otra herramienta adecuada se le hace al cartucho un agujero de un tamaño suficiente que permita, sin esfuerzo introducir el fulminante dentro del cartucho. No se recomienda amasar el cartucho ni aflojar la envoltura por ningún concepto, pues tal operación es inconveniente porque puede causar que se derrame el explosivo y que se dificulte fijar

debidamente el fulminante dentro del cartucho.

- 4.- Evitar someter la mecha a cocas, dobleces marcados o nudos que puedan dañar su estructura.
- 5.- El cartucho cebado debe colocarse dentro del barreno, el cual debe atacarse de tal modo que no se maltrate la mecha.

Hay varios métodos de fijar la mecha cebada al cartucho; los que se describen a continuación, cumplen los requisitos enumerados.

El cebado lateral

En el cebado lateral se perfora el costado del cartucho, formando una cavidad en el centro de éste, donde queda colocado el fulminante. La mecha cebada se sujeta al cartucho atándola o entrelazándola.



Figura 5-9 Forma de perforar un agujero en un cartucho para el cebado lateral, utilizando una lezna, o uno de los mangos de las pinzas para engargolar.

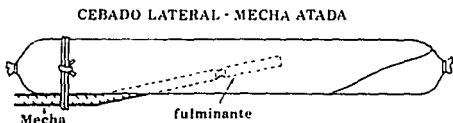


Figura 5-10 Método correcto de cebar, empleando cebado lateral y atando la mecha.

Atando la mecha.

La figura 5.10 muestra como se inserta el fulminante en la cavidad hecha en el cartucho y cómo se sujeta la mecha atándola al cartucho con un cordón.

Este método se recomienda por ser el que mejor satisface los requisitos que se han enumerado. La mecha y el fulminante no se pueden sacar del cartucho accidentalmente y el fulminante se mantiene en su posición correcta. La mecha se dobla sólo ligeramente y emerge del cartucho a un lado, donde no estorba ni la insercción de los demás cartuchos, ni está expuesta a ser maltratada por el atacador.

Entrelazando la mecha

Como se notará en la fig. 5.11, se practica una perforación cerca de un extremo, la cual atraviesa el cartucho en un ángulo de 45 grados aproximadamente, y unos 3 a 5 centímetros más adelante la cavidad donde se ha de colocar el fulminante. El fulminante atraviesa el cartucho y se inserta en la mencionada cavidad hasta llegar a su lugar en el centro del cartucho, finalmente se estira la mecha.

Cebando el extremo del cartucho

En este método se perfora un agujero siguiendo el eje del cartucho hasta llegar al punto donde se coloca el fulminante. Hay que tener cuidado de que el agujero esté en el centro y de

que tenga la profundidad adecuada.

Cuando el extremo del cartucho por donde se inserte el fulminante queda al fondo del barreno (fig. 5.12) , la mecha se dobla a 180 grados y queda colocada al lado del cartucho.

Si se orienta el extremo perforado del cartucho hacia la boca del barreno, el fulminante se inserta a la profundidad adecuada, y la mecha se sujeta al cartucho atándola con un cordón, como se muestra en la figura 5.13 .

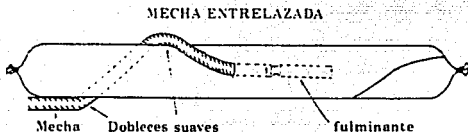


Figura 5-11 Mecha entrelazada a través del cartucho, misma que no tiene dobleces pronunciados.

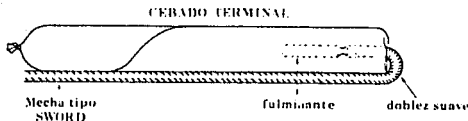


Figura 5-12 Método utilizado cuando el extremo del cartucho por donde se inserta el fulminante, al fondo del barreno, y para el cual se recomienda la mecha tipo SWORD.

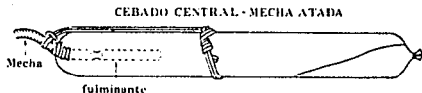


Figura 5-13 Método utilizado cuando el extremo del cartucho por donde se inserta el fulminante, queda hacia la boca del barreno.

V.3.2 . - BARRENOS Y EQUIPOS DE BARRENACION

Los barrenos varían bastante en tamaño y tipo, se perforan utilizando diferentes clases de equipo, y en todas las direcciones posibles.

Los barrenos pequeños de 1 a 2 1/2 plg. de diámetro y hasta 30 pies de profundidad se perforan usualmente con máquinas de tipo de percusión operadas por aire, tales como son las pistolas neumáticas de pierna o de mano, y pequeñas perforadoras montadas sobre orugas. Los barrenos de diámetro pequeño se perforan empleando máquinas hidráulicas de rotación con brocas de diamante en donde se requieren profundidades de 100 pies o mayores.

Los desarrollos logrados en el equipo de perforación móvil han sido significativos con el reemplazo del equipo montado en ruedas. Se encuentran disponibles muchos tipos de autopropulsión montados en orugas en el rango de 2 1/4 a 6 plg. de diámetro

El equipo de perforación móvil para diámetros grandes se adapta especialmente a bancos de canteras de 40 pies de altura y más. Los barrenos más grandes, en el rango de 9 plg. no siempre producen resultados satisfactorios con patrones de barrenación correspondientemente mayores. El equipo de perforación por percusión con barrenos de diámetro más pequeños y con patrones de barrenación más cerrados permite una mejor distribución de los explosivos y, por lo tanto, mejor fragmentación. Una ventaja suplementaria es la reducida

vibración que se obtiene con barrenos pequeños, ya que se inician menos kilos de explosivos por periodo de retardo.

El desarrollo de equipo de rotación ha contribuido a un fuerte mejoramiento de la eficiencia en operaciones de voladura en todo el país . Las máquinas rotatorias del presente pueden perforar barrenos de hasta 15 pulgadas de diámetro con profundidades de 100 pies, y en algunos casos de hasta 150 pies y las capacidades de pies por jornada reducen considerablemente los costos.

Preparación de los barrenos de diámetro pequeño.

La condición y profundidad de todos los barrenos debe revisarse cuidadosamente antes de intentar cargar explosivos.

Tanto los barrenos verticales como los horizontales deben limpiarse para utilizar el espacio disponible para los explosivos con el fin de facilitar, el cargado. El lodo o arenilla que quedan dentro de los barrenos, son capaces de provocar una falla parcial o total del barreno debido al encampanamiento o separación de la carga, o por el daño provocado a la mecha de seguridad o a los alambres de los estopines. Los barrenos pueden limpiarse con aire comprimido o con agua o, si el lodo es pesado, mediante una combinación de los dos.

A menudo es necesario un atacador construido adecuadamente para colocar la carga, el que también es útil para hacer una última revisión del barreno, precisamente antes de cargar.El

atacador es necesario que sea lo suficientemente largo para que llegue al fondo del barreno y no debe contener piezas de metal, salvo ciertos conectores apropiados para unir secciones. El mejor material para los atacadores es madera dura de grano recto, los atacadores deben ser redondos o casi redondos y ser de un diametro suficientemente pequeño para entrar con facilidad en el barreno. Por lo general el mejor tamaño para uso general es de 1 1/4 a 1 1/2 plg. a menos que el barreno sea demasiado pequeño. El atacador debe conservarse en buena condición, y no permitirse que el extremo se astille o que adquiera un punto producido por un uso excesivo.

Colocación de las cargas.

Las dinamitas generalmente vienen empacadas en cartuchos que facilitan su cargado. Estos pueden ser de 8 , 12, 16 o 24 plg. y varían bastante en diámetro, de acuerdo con el tamaño del barreno. Por lo general se desea la máxima densidad de carga, cuando menos en el fondo del barreno, y los cartuchos deben ser tan grandes como lo permita el barreno para un cargado rápido y seguro. Casi siempre es suficiente una holgura de 1/4 a 1/2 plg, aunque los barrenos ásperos necesitan más espacio, especialmente para los cartuchos más largos.

La operación de compactar la carga en el barreno se conoce para como atacado. En algunos casos sólo se necesita una presión constante con el atacador, pero en cualquier caso, el operario puede, por lo general, determinar por el "toque" del

atacador, después de una breve experiencia, cuando la carga ha sido atacada adecuadamente. Una vez que se ha cubierto todo el espacio, el atacado adicional es inútil y puede ser peligroso, particularmente si el atacante se maneja con demasiada energía.

El cebo nunca debe forzarse o atacarse, debiéndose únicamente empujar o bajar con cuidado hasta su posición de preferencia con un cartucho que actúe como amortiguador entre el cebo y el atacante. El cartucho amortiguador, por lo general, no es necesario, cuando se utilizan cartuchos de 16 o 24 plg. de largo.

Los agentes explosivos granulados es posible vaciarlos en barrenos de pequeño diámetro y pueden detonar con éxito si se ceban adecuadamente.

Al cargar agentes explosivos granulados en barrenos de pequeño diámetro se considera adecuado un solo cebo para asegurar la detonación de columnas cortas del orden de 15 pies, o menos, pero para cargas más largas deben colocarse cebos adicionales a una distancia no mayor de 15 pies entre sí.

Cargado neumático.

Desde que se introdujo el cargado a granel de agentes explosivos en barrenos de pequeño diámetro fue obvio que para obtener una eficiencia óptima deberían utilizarse sistemas de cargado neumático. Sin embargo existía gran preocupación respecto a los riesgos de la electricidad estática asociados con dicho sistema. Los sistemas de cargado actuales han sido

diseñados para proporcionar una eficiencia óptima en el cargado, así como seguridad contra riesgos de electricidad estática.

Las altas velocidades de carga (hasta 60 lb/min) y capacidades asociadas con estas unidades, los hacen principalmente aplicables a frentes grandes o donde deban cargarse barrenos largos. Para cargar con esta unidad, la manguera se inserta en el fondo del barreno y después se retira a medida que se va llenando.

Preparación de barrenos de diámetro grande.

Antes de cargar barrenos verticales grandes, deben examinarse visualmente utilizando un espejo o luz artificial para localizar cualquier falla, caverna, lugar excepcionalmente áspero o rocas sueltas. La bitácora de barrenación debe tenerse a mano para referencia y, en caso de duda, es necesario comprobarse la condición del barreno con el atacador. Es indispensable medir y registrar las profundidades exactas, según se va cargando. Un barreno obstruido puede, en ocasiones, abrirse con el atacador o con una vara de acero que cuelgue de una cuerda, o en algunos casos, ser útil usar el equipo de barrenación.

Es necesario retirar toda roca suelta que esté cerca de la boca del barreno y la porción superior, hasta donde se pueda alcanzar para que no haya posibilidad de que entre material extraño durante el cargado. En muchos casos es indispensable

utilizar un tubo de ademe en la parte superior del barreno durante la barrenación para evitar derrumbes. El agua y los lodos de barrenación deben retirarse, si fuera posible, ya sea con el equipo original de barrenación o con un equipo portátil hecho para este fin.

La perfecta limpieza del barreno asegura que llegue la carga hasta el fondo del barreno y acelera la operación de cargado en general.

Colocación de las cargas.

Los barrenos de gran diámetro generalmente se cargan con los cartuchos de mayor diámetro posible para utilizar al máximo el diámetro del barreno. Una holgura de 1 plg es, por lo general, suficiente y en donde los barrenos son uniformes y suaves, 1/2 plg es, algunas veces, suficiente. Si los barrenos están secos, los cartuchos pueden soltarse desde la boca. Si el barreno contiene agua, los cartuchos deben bajarse hasta que la columna quede arriba del agua. El soltar cartuchos bajo estas condiciones puede provocar que los cartuchos se deshagan en la superficie del agua, especialmente si el producto es suave y existe poca holgura en los lados.

Simetría de la barrenación.

El paralelismo entre barrenos así como la simetría de patrón de barrenación son factores que intervienen en la homogeneidad de la fragmentación de una voladura.

Cuando no se tiene en cuenta este factor los resultados

que se esperan no podrán ser homogéneos, pudiendo presentar en algunos lugares excelentes resultados y en otros muy malos, debido a las diferentes concentraciones de carga explosiva provocada por la desviación de los barrenos.

La adecuada localización de los barrenos involucra varios factores, uno de los más importantes es la densidad de carga del explosivo. Dentro de lo límites es lógico que si se alcanza una alta densidad, puede romperse un bordo máximo. Se sigue también, que se podrá mover menor bordo con menor densidad de carga. Esta es una importante consideración económica, ya que los costos actuales de mano de obra y de materiales involucrados en la perforación de los barrenos son muy elevados. Para producir el mayor tonelaje por pie de barreno, debe seleccionarse el explosivo más denso que sea consistente con una fragmentación aceptable en el fondo del barreno. Aunque algunos explosivos densos son más caros que otros voluminosos, el factor más importante influye en la economía total es el costo de explosivos más barrenación.

Taco.- Generalmente es aconsejable por razones de seguridad y eficiencia, confinar confinar explosivos mediante un material inerte adecuado conocido como taco. Una de las funciones de éste es proteger a las cargas de explosivos contra la ignición o detonación accidental. Los materiales convencionales que se utilizan en el taco son los siguientes: mezcla de arena y arcilla plástica en proporción de dos a uno, arcilla, arena. tierra negra.

V.3.3.- PLANTILLAS DE BARRENACION

Viendo en la superficie del banco, las áreas fracturadas alrededor de los barrenos, pueden ser representadas como círculos. Es lógico asumir que todos los puntos en la superficie deben caer dentro de uno de esos círculos para que ocurra una fragmentación efectiva. En la figura 5.14, podemos darnos una idea de lo que sucede cuando tenemos una plantilla rectangular y los barrenos dispuestos uno detrás de otro, la relación bordo espaciamento es de 1:1.25. Comparado con lo que sucede en una plantilla de barrenación con los barrenos dispuestos a tresbolillo.

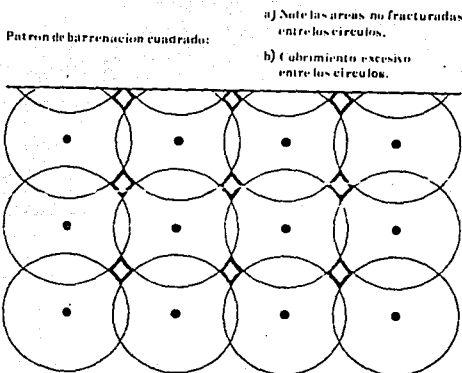


FIG. 5.14

Las plantillas de barrenación a tresbolillo producen una mejor distribución de los círculos de fracturas por lo tanto mayor fragmentación en la rezaga para el mismo factor de carga. En realidad el alcance óptimo se obtienen cuando los barrenos forman un triángulo equilátero. Fig. 5.15

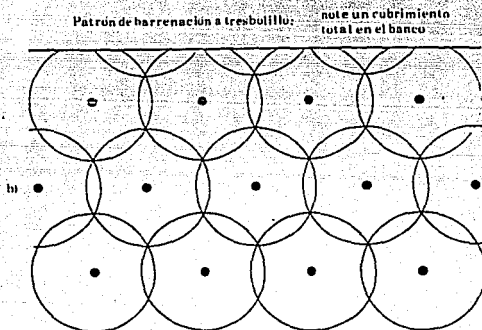


FIG. 5.15

Plantillas de barrenación: Relación bordo - espaciamiento.

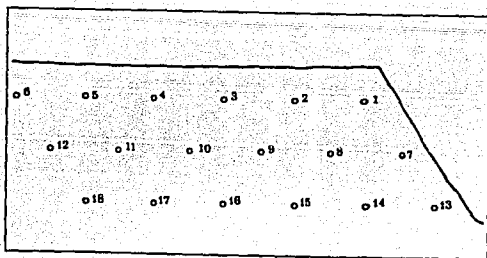
La mejor distribución de energía para un buen rompimiento con la plantilla más extendida se logra con el uso de una plantilla a tresbolillo teniendo una relación B:E entre 1 y 1.5. Todas las plantillas cuadradas proporcionan menos cobertura. Note que si la relación B:E se incrementa más allá de 2, la extensión de las fracturas radiales alcanzan la cara libre antes de que esté completamente desarrollado. Como resultado la presión es liberada rápidamente resultando

fracturada una superficie de diámetro pequeño y mayor cantidad de roca en vuelo. Esto por lo tanto puede ser menos benéfico cuando la relación B:E se incrementa 1:1.5.

Iniciación de plantillas de barrenación.

Un factor que puede afectar en gran medida el grado de fracturación, es la interacción de esfuerzos en el terreno causada por la iniciación simultánea de barrenos colindantes. La fracturación puede ser obtenida pero garantizando que cada barreno sea iniciado independientemente, esto se puede lograr de dos maneras :

- 1.- Iniciando cada barreno en secuencia como se muestra en la figura 5.16
- 2.- Disponer de la plantilla de barrenación en "V" de tal forma que los barrenos inicien simultáneamente y en interacciones simultáneas de los esfuerzos de terreno.



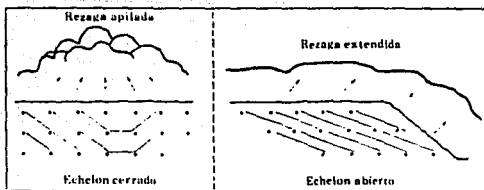
Iniciación individual de barrenos.

FIG. 5.16

Con frecuencia la mejor solución es normalmente iniciar en "V" abierta que es simple y en la mayoría de los casos se obtienen buenos resultados.

TIPOS Y CARACTERISTICAS DE PLANTILLAS EN "V"

Abiertas o cerradas.- Las plantillas en echelón son clasificadas como abiertas o cerradas, dependiendo si se desea sacar una cuña en "V" en el banco o disparar a dos caras libres como se muestra en la figura 5.17, las plantillas cerradas originan que la rezaga quede concentrada en una posición central y nos puede ayudar a mejorar la fragmentación, debido a impactos entre rocas de barrenos opuestos. Las plantillas en "V" abiertas producen rezaga extendida de manera uniforme. Estas son apropiadas para cargadores fontales.



Voladura con diferente salida y posición de rezaga.

FIG. 5.17

CAPITULO VI

ANALISIS DE COSTOS EXPLOSIVOS VS MAQUINARIA CONVENCIONAL

VI.1 - OPERACIONES A CIELO ABIERTO

Identificación de los factores que intervienen en una voladura a cielo abierto. En este tema quedan incluidas todas las operaciones que se realizan en minería a cielo abierto, canteras, etc. Los factores que intervienen en los resultados de una voladura son los siguientes:

- 1.- Tipo de roca
- 2.- Tipo de explosivo
- 3.- Factor de carga
- 4.- Factor de energía
- 5.- Geología estructural
- 6.- Simetría de barrenación
- 7.- Forma de cebado

1.- Tipo de roca

El comportamiento de las ondas provocadas por la detonación de un explosivo en un barreno es diferente para cada tipo de roca. La propagación de las ondas es más rápida en una roca dura que en una roca blanda (ver tabla 6.1). La composición de la roca tiene gran influencia en la fragmentación de éstas. Muchas rocas duras se rompen con mayor facilidad que una roca suave.

2.- Tipo de explosivo

Cada explosivo cuenta con características propias como

son: densidad, velocidad de detonación, resistencia al agua, energía disponible etc. y que influyen en el desarrollo óptimo de una voladura.

Valores Típicos de velocidad de las ondas "P" y "S"

Material	Velocidad m/seg (P)	Velocidad m/seg (S)	Densidad
Granito	3900-6100	2100-3350	2.67
Gabro	6500	3450	2.98
Basalto	5600	3050	3.00
Dunita	8000	4100	3.28
Arenisca	2400-4300	900-3050	2.45
Caliza	3000-6100	2750-3200	2.65
Lutita	1800-4000	1050-2300	2.35
Sal	4400-6400	--	--
Yeso	2100-3600	1100	2.30
Pizarra	3600-4450	2850	2.80
Mármol	5800	3500	2.75
Cuarcita	6000	--	2.85
Esquistos	4500	2900	2.80
Gneiss	4700-5600	--	2.65
Aluvión	500-2000	--	1.54
Arcilla	1100-2500	580	1.40
Suelo residual o vegetal	150-750	90-550	1.1-2.0
Material de acarreo por glaciar	400	--	1.5-2.0
Arena	1400	450	1.93
Agua	1450	0	1.0
Hielo	3350	--	0.9
Aire	340	0	--
Hierro	5800	3200	3.6-5.0
Concreto	3570	2150	2.7-3.0
Goma, caucho, hule	1040	27	1.15
Plástico	2350	1500	--
Celulosa	3600	1700	--

TABLA 6.1

3.- Factores de carga.

Se define como la cantidad de explosivo utilizado por cada metro cúbico o por cada tonelada de roca y se expresa en grs/m³ o grs/ton.

El factor de carga que se utiliza varía dependiendo del tipo de roca. Pero aun cuando se trata de una misma roca puede variar dependiendo de: el grado de intemperismo, la geología

del yacimiento o el tamaño del equipo utilizado en la operación de carga acarreo y el tamaño de la trituradora. En las tablas 6.2, 6.3 y 6.4 se muestran diferentes factores de carga recomendados para diferentes tipos de rocas.

Al inicio de la operación es recomendable utilizar el factor más alto de la tabla para una roca determinada y se deberá ajustar conforme se obtengan los resultados. Sin embargo la tabla nos da una idea del factor que debemos utilizar.

4. - FACTOR DE ENERGIA.

El factor de energía depende del tipo de explosivo que se está utilizando, es importante darnos cuenta de que aún teniendo el mismo factor de carga podemos tener factores de energía diferentes. Esto obedece a la energía que proporciona cada explosivo.

Este factor se mide en unidades de energía por metro cúbico o en unidades de energía por tonelada (U.E./ton o U.E./m³).

5. - GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Las estructuras geológicas tales como fisuras, oquedades, fallas, potencia y posición de los estratos, etc., juegan un papel muy importante en los resultados de las voladuras, por lo que se deben de tener las precauciones pertinentes para optimizar resultados.

En rocas fisuradas las voladuras deben ser planeadas cuidadosamente tomando en cuenta la magnitud de las fisuras, normalmente los patrones de barrenación no deben ser muy

amplios, se deben utilizar explosivos de baja velocidad y que generen mayor cantidad de gases. Cuando se utilizan diferentes tipos de explosivos conviene señalar que las unidades de energía por unidades de peso es importante y se debe tomar en cuenta al comparar sus efectos.

En rocas estratificadas las voladuras deben ser planeadas tomando en cuenta la dirección de la estratificación.

Cuando la estratificación tiende a la horizontal es conveniente que la inclinación de los barrenos permita los planos de contacto de los estratos para optimizar el funcionamiento del explosivo. (figura 6-1).



FIG. 6.1
Modelo de estratificación.

Si la estratificación tiende a la vertical es conveniente disponer las voladuras que el barreno rompa en ángulo recto con los planos de estratificación (figura 6-2). Los planos de fractura inherentes del yacimiento son un factor importante en la determinación del patrón de barrenación. Si los planos de fractura están muy espaciados, las fracturas radiales producidas por la prolongación de las ondas de choque producto de los gases explosivos, son interrumpidos y darán como resultado una fragmentación pobre, por lo que el patrón de

barrenación debe ser reducido. Cuando los planos de fractura están poco espaciados, el material puede ser fracturado con mayor facilidad por lo que se pueden utilizar mayores diámetros de perforación y ampliar la plantilla.

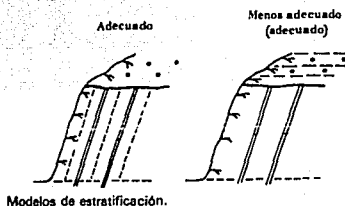


FIG. 6.2

6. - SIMETRIA DE LA BARRENACION.

El paralelismo entre barrenos así como la simetría del patrón de barrenación son factores que intervienen en la homogeneidad de la fragmentación de una voladura. (figura 8-4.)

Cuando no se tiene en cuenta este factor los resultados que se esperan no podrán ser homogéneos, pudiendo presentar en algunos lugares excelentes resultados y en otros muy malos, debido a las diferentes concentraciones de carga explosiva provocados por la desviación de los barrenos. (figura 8-5).

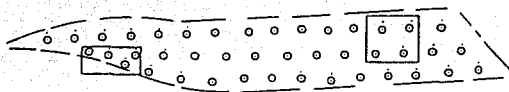


FIG. 6.3 Figura donde se muestra patrón de barrenación asimétrico.

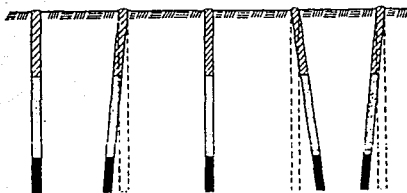
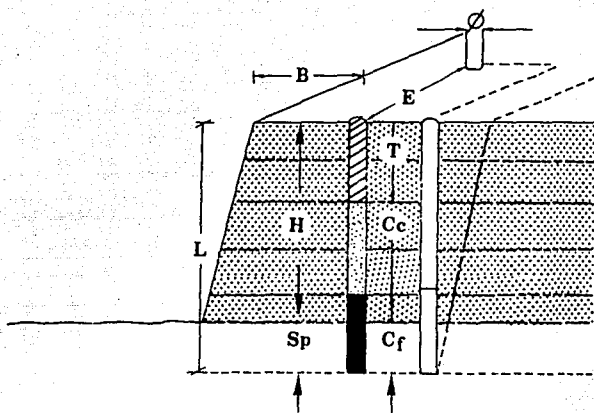


FIGURA 6.4 Sección donde se muestra la desviación de la barrenación.

7.- FORMA DE CEBADO.

El cebado adecuado de un explosivo es de vital importancia para obtener una reacción completa del explosivo que se está detonando, esto es tanto en calidad como en cantidad de producto cebante. Se debe tomar en cuenta que la presión de detonación del cebo deberá ser superior a la presión del producto cebado con el fin de obtener un cebado eficaz.



Parámetros de voladuras.

Donde:

- ϕ - Diámetro del barreno (pulgadas)
- B - Bordo (m)
- E - Espaciamiento (m)
- L - Longitud del barreno (m)
- H - Altura del banco (m)
- T - Taco (m)
- Sp - Sub-perforación (m)
- Cc - Carga de columna (m, kgs)
- Cf - Carga de fondo (m, kgs)
- Fc - Factor de carga (grs/m³ o grs/ton)

TABLA 6.2 **Rocas ígneas**

<i>Roca</i>	<i>Factor de carga kgs/m³</i>
Riolita y dacita	0.530 a 0.715
Granodiorita	0.590 a 0.800
Andesita	0.530 a 0.715
Diorita	0.530 a 0.770
Basalto	0.590 a 0.770
Gabro, dolerita o diabasa	0.530 a 0.715

TABLA 6.3 **Rocas metamórficas**

<i>Roca</i> <i>No foliada</i>	<i>Factor de carga kgs/m³</i>
Mármol	0.475 a 0.770
Hornfels	0.475 a 0.715
Taconita	0.475 a 0.770
Gneiss	0.475 a 0.715
 <i>Roca Foliada</i>	
Pizarra	0.290 a 0.475
Esquisto de clorita	0.350 a 0.600
Micaesquisto	0.350 a 0.600

TABLA 6.4 **Rocas sedimentarias**

<i>Roca</i>	<i>Factor de carga kgs/m³</i>
Conglomerado	0.350 a 0.660
Brecha	0.350 a 0.600
Arenisca	0.475 a 0.770
Caliza	0.230 a 0.475
Dolomita	0.290 a 0.475

En capítulos anteriores se han expuesto los aspectos fundamentales acerca de los explosivos en México tales como el inicio de su utilización, las características principales que poseen, su presentación en el mercado mexicano, y las restricciones a que esta sujeta su utilización, para poder presentar un panorama más real de los casos en que es conveniente su utilización a continuación por medio de un ejemplo se presentan los análisis de precios unitarios de la extracción del metro cúbico de roca en banco utilizando explosivos y utilizando maquinaria convencional que en este análisis será una retroexcavadora que utiliza como equipo adicional un martillo hidráulico.

EJEMPLO.

Se requiere excavar 3.000 m³ de basalto, se cuenta con equipo de perforación de 1" y se trabajara con bancos de 5 m.de altura.

DATOS.

Tipo de roca: Basalto

Densidad de roca: 3.00 g/cc.

Factor de carga: 0.610

Díametro de barrenación: 1"

Altura de banco: 5.00 m

Subbarrenación: 0.70 m

Altura de taco: 1.20 m

Densidad de alto explosivo (Dinamita Godyne): 1.2 g/cc.

Densidad de agente explosivo (Anfomex): 0.85 g/cc.

Se propone una relación de 20% de Dinamita, carga de fondo y 80% de agente explosivo, carga de columna.

$$\text{Longitud de explosivo} = \frac{\% \text{ de explosivo}}{\text{Densidad de exp. xkg/m}}$$

Para un diámetro de 1" la carga por metro de barrenación es de 0.51 kg/m .

Suponiendo que carguemos 1 kg de explosivo con la relación 20:80.

$$\text{Long. de alto exp.} = \frac{0.20}{1.2 \times 0.51} = 0.33$$

$$\text{long de agente exp.} = \frac{0.80}{0.85 \times 0.51} = 1.85$$

20% Dinamita = 0.2 kg de carga = 0.33 m
80% Anfomex = 0.8 kg de carga = 1.85 m
100% = 1 kg de carga total = 2.18 m

Altura a llenar = H del barreno - H del taco

H del barreno = H del banco + Subbarrenación

H del barreno = 5.0 + 0.7 = 5.70 m.

Altura a llenar = 5.70 - 1.20 = 4.50 m.

$$\frac{4.50}{2.18} = 2.06 \text{ veces la carga explosiva de 1 kg.}$$

Es decir que la carga total de explosivo por barreno es:

$$CT = 2.06 \times 1 = 2.06 \text{ kg.}$$

de los cuales:

$$2.06 \times 0.20 = 0.412 \text{ kg} = 0.68 \text{ m de carga de fondo.}$$

$$2.06 \times 0.80 = 1.648 \text{ kg} = 3.81 \text{ m de carga de columna.}$$

VOLUMEN A FRAGMENTAR POR BARRENO.

$$\text{VOL/BARRENO} = \frac{\text{Explosivo a cargar}}{\text{Factor de carga}}$$

$$\text{VOL/BARRENO} = \frac{2.06}{0.610} = 3.38 \text{ M3/BARRENO}$$

$$\text{No. DE BARRENOS} = \frac{\text{m}^3 \text{ a tumbar}}{\text{m}^3 / \text{barreno}}$$

$$\text{No. DE BARRENOS} = \frac{3\ 000}{3.38} = 887.5 = 888 \text{ BARRENOS.}$$

EXPLOSIVO POR M3.

$$\text{DINAMITA GODYNE} = \frac{0.412}{3.38} = 0.12 \text{ KG/M3.}$$

$$\text{AGENTE EXPLOSIVO ANFOMEX} = \frac{1.648}{3.38} = 0.49 \text{ KG/M3.}$$

Carga por metro (pies) de barrenación con un explosivo de densidad 1.0 g/cm³

Diámetro de barrenación		Carga		Diámetro de barrenación		Carga kg/mt.	
Pulg.	cm	lbs/pie	Kg/mt	Pulg.	cm	lbs/pie	kg/mt
1	2.54	0.34	0.51	6 7/8	22.54	26.82	39.88
1 1/8	2.86	0.43	0.64	6 3/8	16.19	13.81	20.60
1 1/4	3.18	0.53	0.79	6 1/2	16.51	14.39	21.42
1 3/8	3.49	0.64	0.95	6 5/8	16.83	14.94	22.23
1 1/2	3.81	0.77	1.15	6 3/4	17.15	15.51	23.08
1 5/8	4.13	0.90	1.34	6 7/8	17.46	16.09	23.94
1 3/4	4.45	1.04	1.55	7	17.78	16.68	24.82
1 7/8	4.76	1.20	1.79	7 1/8	18.10	17.28	25.72
2	5.08	1.36	2.02	7 1/4	18.42	17.90	26.64
2 1/8	5.40	1.54	2.29	7 3/8	18.73	18.52	27.56
2 1/4	5.72	1.72	2.56	7 1/2	19.05	19.15	28.50
2 3/8	6.03	1.92	2.86	7 5/8	19.37	19.60	29.47
2 1/2	6.35	2.13	3.17	7 3/4	19.69	20.45	30.43
2 5/8	6.67	2.34	3.48	7 7/8	20.00	21.12	31.43
2 3/4	6.99	2.57	3.82	8	20.32	21.79	32.43
2 7/8	7.30	2.81	4.18	8 1/8	20.64	22.48	33.45
3	7.62	3.06	4.55	8 1/4	20.96	23.17	34.48
3 1/8	7.94	3.32	4.94	8 3/8	21.27	23.88	35.54
3 1/4	8.26	3.59	5.34	8 1/2	21.59	24.60	36.61
3 3/8	8.57	3.87	5.76	8 5/8	21.91	25.33	37.70
3 1/2	8.89	4.17	6.21	8 3/4	22.23	26.07	38.80
3 5/8	9.21	4.47	6.65	9	22.86	27.58	41.04
3 3/4	9.53	4.78	7.11	9 1/8	23.18	28.35	41.19
3 7/8	9.84	5.11	7.60	9 1/4	23.50	29.13	43.35
4	10.16	5.45	8.11	9 3/8	23.81	29.93	44.54
4 1/8	10.48	5.79	8.62	9 1/2	24.13	30.73	45.73
4 1/4	10.80	6.15	9.15	9 5/8	24.45	31.54	46.94
4 3/8	11.11	6.51	9.69	9 3/4	24.77	32.37	48.17
4 1/2	11.43	6.89	10.25	9 7/8	25.08	33.20	49.41
4 5/8	11.75	7.28	10.83	10	25.40	34.08	50.72
4 3/4	12.07	7.68	11.43	10 1/8	25.72	34.90	51.94
4 7/8	12.38	8.09	12.04	10 1/4	26.04	35.77	52.23
5	12.70	8.51	12.66	10 3/8	26.35	36.65	54.54
5 1/8	13.02	8.94	13.30	10 1/2	26.67	37.54	55.87
5 1/4	13.34	9.38	13.96	10 5/8	26.99	38.44	57.21
5 3/8	13.65	9.84	14.64	10 3/4	27.31	39.35	58.56
5 1/2	13.97	10.30	15.33	10 7/8	27.62	40.27	59.93
5 5/8	14.29	10.77	16.03	11	27.94	41.20	61.31
5 3/4	14.61	11.26	16.76	11 1/8	28.26	42.14	62.71
6	15.24	12.28	18.25	11 1/4	28.58	43.09	64.13
6 1/8	15.56	12.77	19.00	11 3/8	28.89	44.05	65.66
6 1/4	15.88	13.30	19.79	11 1/2	29.21	45.03	67.01

U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA.
 ANALISIS DE PRECIO UNITARIO
 TESTIS USO DE EXPLOSIVOS EN EXC. A CIELO ABIERTO.
 VIGENCIA: 18 DIC 92

CONCEPTO MAQB001
 UNIDAD: M3
 CANTIDAD: 1.000

PARTIDA 01
 ALCANCE: EXCAVACION EN BANCO DE MATERIAL TIPO C CON MAQUINARIA CONVENCIONAL.

CLAVE	R E C U R S O	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
					0003

+ MAND DE OBRA					
AYUD001	AYUDANTE GENERAL	JOR	1.0000	50,937.00	50,937.00
CAB0001	CABO	JOR	0.1000	64,195.00	6,419.50
HERR001	HERRAMIENTA MENOR	% MO	0.1000	57,356.50	5,735.65
S U B T O T A L					63,092.15
		Rendimiento	34.0000 M3/JOR		
+ T O T A L M A N D O D E O B R A					\$1,855.65
+ MAQUINARIA					
RETR001	RETRGEXCAVADORA C/MARTILLO	HR	1.0000	257,789.46	257,789.46
S U B T O T A L					257,789.46
		Rendimiento	4.2500 M3/HR		
+ T O T A L D E M A Q U I N A R I A					\$60,656.34
				COSTO DIRECTO	\$62,511.99
				COSTOS INDIRECTOS + UTILIDAD (29.00 %)	\$18,128.48
				PRECIO UNITARIO	\$80,640.47

U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA.
 COSTO HORA MAQUINA
 TESIS USO DE EXPLOSIVOS EN EXC. A CIELO ABIERTO.

VIGENCIA: 27-ABR-92

MAQUINA RETROO: RETROEXCAVADORA C/MARTILLO

=====

DATOS GENERALES

MAFCA : POCALIN	MOTOR :	
MODELO : 90	POTENCIA : 140 (HP)	
COSTO COMPRA MAQ. BASE: 508,295,680.00 MONEDA:	TIP CAM 1.00 M.N.	
COSTO COMPRA EQ. ADIC.: 150,000,000.00 MONEDA:	TIP CAM 1.00 M.N.	
GASTOS DE IMPORTACION Y TRANSPORTE (0.07 %)		481,806.98
VIDA ECONOMICA (VE) 9,125 HRS.	HORAS POR AÑO (HA) 1,125	
LLANTAS MAQ. BASE :	CANTIDAD 0	COSTO LLANTA 0.00
LLANTAS EQ. ADIC. :	CANTIDAD 0	COSTO LLANTA
TIP. CAMBIO LLANTAS: BASE	1.00	ADICIONAL 1.00
COSTO TOTAL DE LLANTAS (VLL)	0.00	HORAS DE VIDA (HV)
TASA DE INTERES (I')	19.00 %	SEGUROS (S') 2.50 %
MANTENIMIENTO (Q)	1.00	ALMACENAJE (K) 0.00 %
FAC. CONSUMO GASOLINA (CB-B)	20.00 %	DIESEL (CB-D) 18.00 %
FAC. LUBRICANTES GASOLINA (CL-G)	0.33 %	DIESEL (CL-D) 0.33 %
COSTO COMBUSTIBLE GASOLINA (PCB)	0.00 L	DIESEL (PCD) 870.00 L
COSTO LUBRICANTE GASOLINA (PLB)	0.00 L	DIESEL (PLD) 6,200.00 L
CAPACIDAD DEL CARTER (C)	150.0 L	CAMB.ACEITE CADA (T) 150 HR

VALOR DE ADQUISICION (VA)	688,777,486.98 M.N.
VALOR DE RESCATE (VR) (0.17 %)	1,170,921.73 M.N.

CARGOS FIJOS :

DEPRECIACION (D) =	75,354.14
INVER001 INVERSION (I) =	53,506.20
SEGURO0: SEGUROS (S) =	7,040.29
ALMACENAJE (A) =	0.00
MANTE001 MANTENIMIENTO (M) =	75,354.14
	SUMA CARGOS FIJOS 211,254.77

=====

CARGOS POR CONSUMO :

FACTOR DE OPERACION DE EQUIPO (FOE)	0.24
COMBUSTIBLE GASOLINA =	0.00
COMBUSTIBLE DIESEL =	5,261.76
LUBRICANTE GASOLINA =	0.00
LUBRICANTE DIESEL =	6,887.46
LLANTAS =	0.00
	SUMA CARGOS CONSUMO : 12,149.22

=====

COSTO HORARIO SIN OPERACION :	223,403.99
--------------------------------------	-------------------

=====

CARGOS POR OPERACION :

FACTOR OPERACION MANO DE OBRA (FMO)	0.80	SALARIO P/JORNADAS DE 8 HRS
CL OPERADOR CANT	DESCRIPCION	SALARIO
FOPER002	1 OPERADOR EQUIPO MAYOR	169,130.00
FAYUD001	1 AYUDANTE GENERAL	50,937.00
F		
	SALARIO TOTAL :	\$220,067.00
	SUMA CARGOS OPERACION :	\$34,385.47

=====

*** COSTO HORARIO :	\$257,789.46
----------------------------	---------------------

=====

U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA.
 ANALISIS DE PRECIO UNITARIO
 TESIS USO DE EXPLOSIVOS EN EXC. A CIELO ABIERTO.
 VIGENCIA: 26 NOV 92

CONCEPTO EXPLO02
 UNIDAD: M3
 CANTIDAD: 1.000

PARTIDA 02
 ALCANCE: EXPLOTACION DE ROCA EN BANCO CON EXPLOSIVOS.

CLAVE	R E C U R S O	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
					0002
+ MATERIALES					
ACER002	ACERO SECCIONAL	PZA	0.0014	81,650.00	114.31
AGEN002	AGENTE EXPLOSIVO AMFOMEX	KG	0.4900	2,220.00	1,087.80
BROC002	BROCA CORMANT	PZA	0.0018	677,694.00	1,219.85
COPL002	COPLES CORMANT	PZA	0.0019	77,121.00	146.53
CORD002	CONDON DETONANTE	M	0.1389	1,086.00	150.85
DINA002	DINAMITA GODYNE 1" X 8"	KG	0.1200	16,600.00	1,992.00
+ TOTAL MATERIALES					44,711.34
+ MANO DE OBRA					
AYUD001	AYUDANTE GENERAL	JOR	1.0000	50,937.00	50,937.00
CABD001	CABO	JOR	0.2000	64,195.00	12,839.00
POBL002	OFICIAL POBLADOR	JOR	1.0000	88,420.00	88,420.00
HERRO01	HERRAMIENTA MENOR	% MO	0.0300	152,196.00	4,565.38
S U B T O T A L					156,761.88
+ TOTAL Rendimiento 187.0000 M3/JOR					838.29
+ MAQUINARIA					
COMP700	COMPRESOR DE 700 PCM	HR	0.5200	87,623.42	45,564.19
TRAK001	TRACK DRILL	HR	1.0000	60,099.64	60,099.64
S U B T O T A L					105,663.82
+ TOTAL Rendimiento 23.3800 M3/HR					4,519.41
COSTO DIRECTO					\$10,069.04
COSTOS INDIRECTOS + UTILIDAD (29.00 %)					\$2,920.02
PRECIO UNITARIO					\$12,989.06

U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA
 COSTO H O R A M A Q U I N A
 TESIS USO DE EXPLOSIVOS EN EXC. A CIELO ABIERTO

VIGENCIA: 10-NOV-92

MAQUINA TRAK001 TRACK DRILL

=====

DATOS GENERALES

MARCA :		MOTOR :	
MODELO :		POTENCIA :	(HP)
COSTO COMPRA MAQ. BASE:	145,000,000.00	MONEDA:	TIP CAM 1.00 M.N.
COSTO COMPRA EQ. ADIC.:	0.00	MONEDA:	TIP CAM 1.00 M.N.
GASTOS DE IMPORTACION Y TRANSPORTE (12.00 %)		17,400,000.00
VIDA ECONOMICA (VE)	8,000 HRS.	HORAS POR AÑO (HA)	1,500
LLANTAS MAQ. BASE : LLAN001	CANTIDAD 2	COSTO LLANTA	200,000.00
LLANTAS EQ. ADIC. :	CANTIDAD 0	COSTO LLANTA	
TIP. CAMBIO LLANTAS: BASE	1.00	ADICIONAL	1.00
COSTO TOTAL DE LLANTAS (VLL)	400,000.00	HORAS DE VIDA (HV)	3000
TASA DE INTERES (I')	10.00 %	SEGUROS (S')	3.00 %
MANTENIMIENTO (Q)	1.72	ALMACENAJE (K)	0.00 %
FAC. CONSUMO GASOLINA (CR-G)	20.00 %	DIESEL (CB-D)	18.00 %
FAC. LUBRICANTES GASOLINA (CL-G)	0.33 %	DIESEL (CL-D)	0.33 %
COSTO COMBUSTIBLE GASOLINA (PCG)	0.00 L	DIESEL (PCD)	0.00 L
COSTO LUBRICANTE GASOLINA (PLG)	0.00 L	DIESEL (PLD)	0.00 L
CAPACIDAD DEL CARTER (C)	0.0 L	CAMB.ACEITE CADA (T)	HR

VALOR DE ADQUISICION (VA) 162,000,000.00 M.N.
 VALOR DE RESCATE (VR) (21.00 %) 34,020,000.00 M.N.

CARGOS FIJOS :

I	DEPRECIACION (D) =	15,997.50	
S	INVERSION (I) =	6,534.00	
K	SEGUROS (S) =	1,960.20	
Q	ALMACENAJE (A) =	0.00	
	MANTENIMIENTO (M) =	27,515.70	
	SUMA CARGOS FIJOS	52,007.40	=====

CARGOS POR CONSUMO :

FACTOR DE OPERACION DE EQUIPO (FOE)	0.60		
COMBUSTIBLE GASOLINA =	0.00		
COMBUSTIBLE DIESEL =	0.00		
LUBRICANTE GASOLINA =	0.00		
LUBRICANTE DIESEL =	0.00		
LLANTAS =	133.33		
SUMA CARGOS CONSUMO :		133.33	=====
COSTO HORARIO SIN OPERACION :		52,140.73	=====

CARGOS POR OPERACION :

FACTOR OPERACION MANO DE OBRA (FOMO)	0.80	SALARIO P/JORNADAS DE 8 HRS	
CL OPERADOR CANT	DESCRIPCION	SALARIO	
FAYUD001	1 AYUDANTE GENERAL	50,937.00	
F		0.00	
F			
SALARIO TOTAL :	\$50,937.00		
SUMA CARGOS OPERACION :		\$7,958.91	=====
**** COSTO HORARIO :		\$60,099.64	=====

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
 FACULTAD DE INGENIERIA.
 COSTO HORA MAQUINA
 TESIS USO DE EXPLOSIVOS EN EXC. A CIELO ABIERTO

VIGENCIA: 10-NOV-92

MAQUINA COMP700 COMPRESOR DE 700 PCM

 DATOS GENERALES

MARCA : INGERSOLL	MOTOR :	
MODELO :	POTENCIA :	250 (HP)
COSTO COMPRA MAQ. BASE: 185,000,000.00 MONEDA:	TIP CAM	1.00 M.N.
COSTO COMPRA EQ. ADIC. : 0.00 MONEDA:	TIP CAM	1.00 M.N.
GASTOS DE IMPORTACION Y TRANSPORTE (12.00 %)		22,200,000.00
VIDA ECONOMICA (VE) 8,000 HRS.	HORAS POR AÑO (HA)	1,800
LLANTAS MAQ. BASE : LLAN001 CANTIDAD 4	COSTO LLANTA	200,000.00
LLANTAS EQ. ADIC. : CANTIDAD 0	COSTO LLANTA	
TIP. CAMBIO LLANTAS : BASE 1.00	ADICIONAL	1.00
COSTO TOTAL DE LLANTAS (VLL) 800,000.00	HORAS DE VIDA (HV)	3000
TASA DE INTERES (I') 10.00 %	SEGUROS (S')	3.00 %
MANTENIMIENTO (Q) 1.72	ALMACENAJE (K)	0.00 %
FAC. CONSUMO GASOLINA (CB-G) 20.00 %	DIESEL (CB-D)	18.00 %
FAC. LUBRICANTES GASOLINA (CL-G) 0.33 %	DIESEL (CL-D)	0.33 %
COSTO COMBUSTIBLE GASOLINA(PCG) 0.00 L	DIESEL (PCD)	870.00 L
COSTO LUBRICANTE GASOLINA(PLG) 0.00 L	DIESEL (PLD)	6,200.00 L
CAPACIDAD DEL CARTER (C) 20.0 L	CAMB.ACEITE CADA (T)	120 HR

VALOR DE ADQUISICION (VA)	206,400,000.00 M.N.
VALOR DE RESCATE (VR) (20.00 %)	41,280,000.00 M.N.

CARGOS FIJOS :

I	DEPRECIACION (D) =	20,640.00
S	INVERSION (I) =	6,880.00
K	SEGUROS (S) =	2,064.00
M	ALMACENAJE (A) =	0.00
Q	MANTENIMIENTO (M) =	35,500.80
	SUMA CARGOS FIJOS	65,084.80

CARGOS POR CONSUMO :

FACTOR DE OPERACION DE EQUIPO (FOE)	0.30
COMBUSTIBLE GASOLINA =	0.00
COMBUSTIBLE DIESEL =	11,745.00
LUBRICANTE GASOLINA =	0.00
LUBRICANTE DIESEL =	2,568.04
LLANTAS =	266.67
SUMA CARGOS CONSUMO :	14,579.71
COSTO HORARIO SIN OPERACION :	79,664.51

CARGOS POR OPERACION :

FACTOR OPERACION MANO DE OBRA (FOMO)	0.80	SALARIO P/JORNADAS DE 8 HRS
CL OPERADOR CANT	DESCRIPCION	SALARIO
FAYUD001	1 AYUDANTE GENERAL	50,937.00
F		0.00
SALARIO TDOTAL :	\$50,937.00	
SUMA CARGOS OPERACION :	\$7,958.91	
**** COSTO HORARIO :	\$87,623.42	

U.N.A.P. FACULTAD DE INGENIERIA.
 ANALISIS DE PRECIO UNITARIO
 TESIS USO DE EXPLOSIVOS EN EXC. A CIELO ABIERTO.
 VIGENCIA: 26 NOV 92

CONCEPTO MAQB001
 UNIDAD: M3
 CANTIDAD: 1.000

PARTIDA 01
 ALCANCE: EXCAVACION EN BANCO DE MATERIAL TIPO C CON MAQUINARIA CONVENCIONAL.

CLAVE	R E C U R S O	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
					0003

+ MAND DE OBRA					
AYUD001	AYUDANTE GENERAL	JOR	1.0000	50,937.00	50,937.00
CABD001	CABO	JOR	0.1000	64,195.00	6,419.50
HERR001	HERRAMIENTA MENOR	% MD	0.1000	57,356.50	5,735.65
S U B T O T A L					63,092.15
		Rendimiento	34.0000 M3/JOR		
+ T O T A L M A N D D E O B R A					\$1,855.65
+ MAQUINARIA					
RETR001	RETROEXCAVADORA C/MARTILLO	HR	1.0000	257,957.47	257,957.47
S U B T O T A L					257,957.47
		Rendimiento	4.2500 M3/HR		
+ T O T A L D E M A Q U I N A R I A					\$60,695.88
				COSTO DIRECTO	\$62,551.53
				COSTOS INDIRECTOS + UTILIDAD (29.00 %)	\$18,139.94
				PRECIO UNITARIO	\$80,691.47

U.N.A.M FACULTAD DE INGENIERIA
 COSTO HORA MAQUINA
 TESIS USO DE EXPLOSIVO EN EXC. A CIELO ABIERTO

VIGENCIA: 27-ABR-92

MAQUINA PETR001 RETROEXCAVADORA C/MARTILLO

 DATOS GENERALES

MARCA : POCLEIN	MOTOR :	
MODELO : 90	POTENCIA :	140 (HP)
COSTO COMPRA MAQ. BASE : 538,295,680.00 MONEDA:	TIP CAM	1.00 M.N.
COSTO COMPRA EQ. ADIC. : 150,000,000.00 MONEDA:	TIP CAM	1.00 M.N.
GASTOS DE IMPORTACION Y TRANSPORTE (0.07 %)		481,806.98
VIDA ECONOMICA (VE) 9,125 HRS.	HORAS POR AÑO (HA)	1,225
LLANTAS MAD. BASE :	CANTIDAD 0	COSTO LLANTA 0.00
LLANTAS ED. ADIC. :	CANTIDAD 0	COSTO LLANTA
TIP. CAMBIO LLANTAS: BASE	1.00	ADICIONAL 1.00
COSTO TOTAL DE LLANTAS (VLL)	0.00	HORAS DE VIDA (HV)
TASA DE INTERES (I')	19.00 %	SEGUROS (S') 2.50 %
MANTENIMIENTO (Q)	1.00	ALMACENAJE (K) 0.00 %
FAC. CONSUMO GASOLINA (CB-G)	20.00 %	DIESEL (CB-D) 18.00 %
FAC. LUBRICANTES GASOLINA (CL-G)	0.33 %	DIESEL (CL-D) 0.33 %
COSTO COMBUSTIBLE GASOLINA (PCG)	0.00 L	DIESEL (PCD) 659.00 L
COSTO LUBRICANTE GASOLINA (PLG)	0.00 L	DIESEL (PLD) 7,000.00 L
CAPACIDAD DEL CARTER (C)	150.0 L	CAMB.ACEITE CADA (T) 150 HR

VALOR DE ADQUISICION (VA) 688,777,486.98 M.N.
 VALOR DE RESCATE (VR) (0.17 %) 1,170,921.73 M.N.

CARGOS FIJOS :

DEPRECIACION (D) =	75,354.14	
INVER001 INVERSION (I) =	53,506.20	
SEGU001 SEGUROS (S) =	7,040.29	
ALMACENAJE (A) =	0.00	
MANTE001 MANTENIMIENTO (M) =	75,354.14	
	SUMA CARGOS FIJOS	211,254.77

CARGOS POR CONSUMO :

FACTOR DE OPERACION DE EQUIPO (FOE)	0.24	
COMBUSTIBLE GASOLINA =	0.00	
COMBUSTIBLE DIESEL =	3,985.63	
LUBRICANTE GASOLINA =	0.00	
LUBRICANTE DIESEL =	7,776.16	
LLANTAS =	0.00	
	SUMA CARGOS CONSUMO :	11,761.79
	COSTO HORARIO SIN OPERACION :	223,016.56

CARGOS POR OPERACION :

FACTOR OPERACION MAND DE OBRA (FOMO)	0.80	SALARIO P/JORNADAS DE 8 HRS
CL OPERADOR CANT	DESCRIPCION	SALARIO
FOPER002	1 OPERADOR EQUIPO MAYOR	169,130.00
FAYUD001	1 AYUDANTE GENERAL	50,937.00

F
 SALARIO TOTAL : \$220,067.00
 SUMA CARGOS OPERACION : \$34,385.47

 **** COSTO HORARIO : \$257,402.03

Después de analizar los precios unitarios podemos observar que la extracción de roca con explosivos es más económica ya que el costo unitario por metro cúbico es más bajo, pero con la información que tenemos de capítulos anteriores podemos saber que no es suficiente para descartar la utilización de maquinaria.

VENTAJAS DE EXPLOSIVOS SOBRE MAQUINARIA

- a) Costo.- El precio unitario con explosivos es considerablemente más bajo.
- b) Tiempo de ejecución .-Se reduce bastante lo cual se refleja directamente en el precio unitario.
- c) Menor cantidad de personal.- Permite un control de recursos humanos más eficiente.

VENTAJAS DE MAQUINARIA SOBRE EXPLOSIVOS

- a) Obtención de permisos .- Se deben de cubrir menos requisitos para la obtención de permisos.
- b) Mayor precisión en la fragmentación .- Con la máquina se fragmenta la roca al tamaño adecuado.

- c) Personal técnico menos capacitado.- Se requieren operadores y personal de mantenimiento fácil de conseguir en el medio de la construcción .
- d) Normas de seguridad menos estricto .- El control para el cumplimiento de éstas es más sencillo.
- e) Supervisión .- Puede ser más flexible.
- f) Clima.- No afecta tan severamente la ejecución de la obra.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

De lo expuesto en capítulos anteriores se pueden observar dos ventajas concretas de uso de explosivos sobre maquinaria convencional .

1.- La diferencia entre los precios unitario obtenidos en el capítulo 6 , que es más económico para el uso de explosivos debido principalmete a los diferentes tipos de maquinaria a utilizar, retroexcavadora para el caso convencional y perforadora para el caso de explosivos. Lo anterior se ve reflejado directamente en el costo horario-máquina , los costos de operación y consumo principalmente, son más bajos para la perforadora .

A pesar de que el costo final será barrenación más explosivo se obtiene un precio unitario más bajo con respecto al uso de maquinaria convencional.

2.- El tiempo de ejecución de la obra se reduce considerablemente para el caso de uso de explosivos , ya que es posible obtener en una voladura un volumen considerable de roca extraída , con el tipo de explosivo y patrón de barrenación que decida usarse de acuerdo a las características de la roca.

A diferencia de utilizar maquinaria , donde extraer grandes volúmenes de roca implicaría necesariamente mayor aplicación de horas-máquina en la cantidad necesaria para obtener un rendimiento óptimo.

A pesar de los dos puntos anteriores , se debe tomar en cuenta que la aplicación de los explosivos es más difícil que usar maquinaria y que un error puede traer graves consecuencias desde la pérdida de tiempo por una detonación accidental , fragmentación inadecuada para el tipo de maquinaria disponible, (trituradora, cargadores, camiones, etc.) debido al mal cálculo de la voladura, hasta la pérdida de vidas humanas. Se debe considerar que el empleo de explosivos requiere de personal capacitado y asesoría adecuada para que las ventajas enumeradas anteriormente se hagan efectivas.

A continuación se presentan una serie de recomendaciones para obtener una seguridad adecuada en una voladura.

MANEJO Y USO DE EXPLOSIVOS.

Asegurar un control más efectivo en el manejo de explosivos y artificios, en la recepción, almacenaje en los polvorines y transportación, así como su uso en los diferentes frentes de trabajo, voladuras primarias y secundarias (moneo y plasteo).

La responsabilidad en el manejo, uso de explosivos y artificios que corresponde a las personas involucradas, comúnmente es como sigue:

SUPERVISOR DE OBRAS.

- a) Asegurarse que su gente tenga una clara conciencia de seguridad para garantizar una operación sin riesgos innecesarios.
- b) Vigilar por la seguridad de su personal y de las áreas

circunvecinas al realizar las voladuras.

- c) Calcular la carga de explosivos y llenar el vale de explosivos para cargar barrenos; solicitar autorización del responsable del Área.
- d) Solicitar al almacenista se surtan los explosivos y artificios.
- e) Realizar la voladura apegándose a las normas de seguridad que se requieren.
- f) Hacer la devolución de explosivos y artificios sobrantes al polvorin por conducto del almacenista.

ALMACENISTA.

- a) Es responsable del movimiento de entradas y salidas de los explosivos en polvorines, y es la única persona que deberá tener llave de éstos.
- b) Surtir al supervisor de la obra los explosivos y artificios que se solicitan con la autorización del responsable del Área.

ASPECTOS RECOMENDADOS EN EL MANEJO DE EXPLOSIVOS.

- Lavar su frente antes de barrenar (para una posible detección de barrenos quedados).
- No regresar al lugar del disparo antes de media hora en lugares ventilados o límites permisibles de tiempo en cada zona.
- Controlar y vigilar los accesos a las áreas de voladuras durante el disparo.

- Mantener la menor cantidad posible de personas en una voladura.

QUEMA DE DESPERDICIOS (DESTRUCCION)

Cuando se requiere destruir explosivos comerciales, se recomienda solicitar el apoyo del fabricante a través de los técnicos expertos con que cuenta, para cada caso en particular.

SEGURIDAD EN ACCESORIOS

ESTOPIN ELECTRICO.

- No utilizar estopines eléctricos cerca de lugares que contengan electricidad estática.
- No utilizar estopines eléctricos en las cercanías de transmisoras de radiofrecuencia.
- El circuito de disparo debe estar aislado de alambres descubiertos, rieles, tuberías.
- No colocar alambres o cables eléctricos cerca de fulminantes eléctricos u otros explosivos, sino hasta el momento de preparar el disparo.
- Probar cada uno de los estopines utilizando el galvanómetro especial diseñado para ese fin.
- No disparar un circuito de fulminantes con menos de la corriente mínima requerida.
- Los extremos de los alambres deberán de estar siempre limpios.
- Mantener en corto circuito los alambres de los fulminantes u otro hasta que esté lista la voladura para dispararse.

LAS CAUSA DE ACCIDENTES EN EL USO DE EXPLOSIVOS.

Han ocurrido accidentes al usar cualquiera de los dispositivos y métodos existentes diseñados para iniciar voladuras a cielo abierto.. Al investigar estos accidentes se ha comprobado que invariablemente se han debido a una o más de las siguientes causas básicas:

1) FALTA DE EXPERIENCIA DEL OPERARIO

El operario no tenía preparación necesaria ni entendía los principios de la técnica del uso de la mecha, y violó una o más de las reglas fundamentales de dicha técnica.

2) LAS COMUNICACIONES INADECUADAS

La exposición de una o más personas a las consecuencias de una voladura, debido a comunicación inadecuada entre mineros en lugares de trabajo vecinos y cercanos, o entre el pegador y otras personas, dando lugar a la presencia inadvertida e inoportuna de personas extrañas a la voladura en la zona de peligro.

3) LA PRESENCIA PROLONGADA EN EL LUGAR DE TRABAJO

Recuerde que una vez que se haya encendido una mecha cebada, se inicia una serie de sucesos que ha de culminar con la detonación de la carga explosiva de un barreno. El tiempo perdido en la frente (o la planificación defectuosa de la tarea) durante la operación de encendido, así como la falta de preparación de las mechas antes de comenzar a encenderlas, multiplica las posibilidades de que el operario se exponga a

ser lastimado sería o fatalmente por el primer barreno que detone.

REGLAS Y PRECAUCIONES PARA ENCENDER MECHAS CON SEGURIDAD.

Ya sea que la voladura consista de uno o de muchos barrenos, y ya sea que se enciendan a mano o con Ignitacord, invariablemente se deberán observar las reglas y precauciones siguientes:

- 1) No intente usar mecha a menos que usted sea un operario conocedor y experimentado, o que lo haga bajo supervisión directa de una persona con conocimientos y experiencia. Un operario con experiencia es aquel que ha sido responsable de trabajos con explosivos día tras día y que ha empleado mecha por un período de cuando menos un mes. Además debe conocer y entender todas las recomendaciones y precauciones enumeradas en este capítulo.
- 2) Cuando falte poco tiempo para encender una o más mechas, deberán establecer comunicaciones positivas con todas la personas que pudieran estar presentes en el lugar de la voladura o cerca de él. Los pegadores y demás operarios en lugares cercanos o intercomunicados, deberán ser protegidos por algún sistema eficaz de señales o comunicaciones, que elimine la posibilidad de que cualquiera de ellos llegue a exponerse a una voladura a cargo de uno de sus compañeros de trabajo. Además, toda persona que no esté participando directa y personalmente en las voladuras, deberá ser retirada a un lugar seguro, incluyendo el público, en su caso

- 3) Las cuadrillas deben de consistir de dos hombres, y deberán planearse y discutirse con anticipación todos los detalles relacionados con cada voladura, incluyendo la preparación de las mechas para facilitar su encendido, así como el tiempo necesario para encenderlas.

PRECAUCIONES GENERALES QUE SE DEBEN TOMAR EN RELACION A

- Personal
- Antes y después de cada voladura
- En la voladura

PERSONAL

En el momento que se requiere introducir una persona al uso de explosivos, se debe:

- Capacitar y adiestrar en el manejo del uso de explosivos.
- Deberá tener una clara conciencia de lo que debe y no debe hacer con el explosivo.
- Que se encuentre física y mentalmente preparada para el manejo de explosivos.
- Que sea obediente con la normas de seguridad preestablecidas.
- Deberá reconocer que la seguridad de él o de sus compañeros es su responsabilidad.
- Se deben elaborar juntas de seguridad cada semana o por lo menos una vez al mes, y repetir las normas de seguridad a los trabajadores y supervisores.
- Deberán encontrarse señalamientos claros en lugares donde

exista un peligro .

- El número de personas en las brigadas de voladuras debe ser el mínimo requerido.

ANTES Y DESPUES DE LA VOLADURA

- No preparar cebos en el interior de polvorines o cerca de lugares donde exista explosivo.
- No golpear o friccionar los iniciadores.
- No transportar cañuelas e iniciadores junto con cartuchos explosivos de área de voladura.
- No jugar en las áreas de trabajo.
- No cargar explosivos antes de una hora después de terminar la barrenación (por el riesgo de alta temperatura dentro del barreno).
- El cargado neumático deberá hacerse con manguera antiestática.
- Verificar que el amarre está correcto, para evitar que exista robo de barrenos.
- Una vez iniciada la voladura, el personal debe dirigirse a un lugar seguro.
- No regresar al Área de voladuras hasta que los gases tóxicos producidos por la voladura hayan sido disipados.
- Rociar con agua la rezaga tumbada así como el frente, tablas y cielos para disipar completamente los gases tóxicos y posible detección de barrenos quedados.
- Amacizar completamente el área.
- Detección de barrenos quedados. Si observa agente explosivo

(AN/FO), lave cuidadosamente con agua hasta extraer todo el AN/FO del barreno.

- Si se encuentra alto explosivo (Godyne) trate de extraerlo con un alambre y una palanqueta de cobre. Si no lo logra deténelo con un nuevo cebo.
- Ventilar adecuadamente el área de trabajo.
- Observar chicoloneo (fuqueo) y verificar si la cantidad de explosivo usado es el adecuado para realizar el trabajo.
- Si existe un peligro: atenderlo con el personal experimentado en el uso de explosivos y no permitir la entrada a gente innecesaria en el área de trabajo.

EN VOLADURA.

- Cuidar perfectamente todas las posibles entradas a las áreas de voladura.
- Dar tres señales: Dos preventiva y una de acción.
- El personal involucrado en voladuras deberá conocer estas señales y no permitir el paso a ninguna persona al lugar del disparo.
- El personal de guardia en el área de voladuras deberá estar en lugares alejados y seguros de proyecciones, rodamientos o deslizamientos de rocas.
- Una vez realizado el disparo, espere un mínimo de 30 minutos o límites permisibles de tiempo para cada zona al regresar al área volada (Esto para dar tiempo suficiente por si no hubiera detonado algún barreno y también para el desalojo de gases tóxicos en su caso).

Durante el encendido de la voladura de cañuela deberán estar dos personas, para que en caso de caerse o resbalarse uno de ellos, el otro pueda auxiliario. En el caso de retirarse de la voladura en vehículo, uno de ellos deberá tener el motor en marcha, mientras que el otro realiza el encendido.

AL CARGAR EXPLOSIVO

- Despejar el área de voladuras de materiales y personal innecesario.
- Soplar todos los barrenos y en caso de encontrarse alguno tapado u obstruido, barrenarlo nuevamente.
- Proceder al cargado, tomando en cuenta las recomendaciones mencionadas anteriormente.

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

- 1.- *Los Mineros Mexicanos*, Trinidad García.
- 2.- *Manual de fórmulas técnicas*, Kurt Gleck
- 3.- *Manual técnico de cordón detonante "Primacord"*, Cia Mexicana de Mechas S.a. de C.v.
- 4.- *Diseño de voladuras a cielo abierto*, CIL Explosives service technique .
- 5.- *Seguridad*, Conferencia preparada y presentada por el departamento técnico de ATLAS DE MEXICO, S.A. de C.V., en la primera y segunda convención nacional de seguridad en Zacatecas, Zacatecas.
- 6.- *Reglamento y Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos*, Secretaría de la Defensa Nacional
- 7.- *Voladuras suaves*, Ing.Jorge Aguilera asesor Técnico Du Pont
- 8.- *Cálculo de energía de explosivos*, J.R Deshaies