



# **MANUAL DEL OPERARIO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, EN ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DE EXTERIOR**

**ITC 02.1.02. ET 2003-1-10**



**Manual del operario de Perforación y Voladura en  
actividades extractivas de exterior  
ITC. 02.1.02. ET 2003-1-10**

[www.tecmina.net](http://www.tecmina.net)

**Pso. Maragall, 48-50, 1º, 1ª**  
**08041 – Barcelona**  
**Tel. 934 500 173**  
**e-mail: [info@tecmina.net](mailto:info@tecmina.net)**

Manual realizado por:



**C/Domingo Lobera, 1, Local**  
**50008 - Zaragoza**  
**Tel. 976 133 230**  
**e-mail: [zaragoza@tecmina.net](mailto:zaragoza@tecmina.net)**

Primera Edición: Junio de 2.012



## ÍNDICE

<b>CAPITULO I: DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>24 páginas</b>
1.- INTRODUCCIÓN: MAQUINARIAS Y EQUIPOS PRESENTES EN ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DE EXTERIOR	08 Páginas
2.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS DE PERFORACIÓN	08 Páginas
3.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS DE CARGA Y VOLADURA	08 Páginas
<b>CAPÍTULO II: TÉCNICAS PREVENTIVAS Y DE PROTECCIÓN ESPECÍFICAS DE CADA PUESTO DE TRABAJO EN PARTICULAR.....</b>	<b>126 páginas</b>
1.- PELIGROS ASOCIADOS A LAS TAREAS DEFINIDAS EN EL CAPÍTULO I.	46 Páginas
1.B.- PELIGROS ASOCIADOS DURANTE EL TRABAJO	22 Páginas
1.A.- PELIGROS ASOCIADOS ANTES DE COMENZAR A TRABAJAR	24 Páginas
2.- MEDIDAS PREVENTIVAS ACORDES A LOS PELIGROS ASOCIADOS EN LAS ACTIVIDADES ANTERIORES	20 Páginas
3.- PRIMEROS AUXILIOS.	40 Páginas
4.- PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN	14 Páginas
5.- PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGURO	06 Páginas
<b>CAPÍTULO III: EQUIPOS DE TRABAJO, EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL O MEDIOS AUXILIARES UTILIZADOS EN EL PUESTO DE TRABAJO.....</b>	<b>122 páginas</b>
1.- CONOCIMIENTO GENERAL DE CADA EQUIPO DE TRABAJO EN PARTICULAR	64 Páginas
1.B.- CONOCIMIENTO GENERAL DE LOS EXPLOSIVOS Y SUS ACCESORIOS	38 Páginas
1.A.- CONOCIMIENTO GENERAL DE LAS MÁQUINAS Y SUS ACCESORIOS	26 Páginas
2.- LIMITACIONES TÉCNICAS EN EL USO PREVISTO DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO, SEGÚN ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE	04 Páginas
3.- ELEMENTOS Y SISTEMAS DE SEGURIDAD ASOCIADOS A LOS EQUIPOS DE TRABAJO	08 Páginas
4.- PELIGROS RESIDUALES ASOCIADOS A CADA EQUIPO DE TRABAJO EN PARTICULAR, ESPECIFICADOS EN EL MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL EQUIPO.	26 Páginas
5.-MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN INDICADAS POR LOS FABRICANTES DE LOS EQUIPOS, INSTRUMENTAL Y SUSTANCIAS, EN SU CASO.	10 Páginas
6.-POSIBLES PRESCRIPCIONES O LIMITACIONES IMPUESTAS POR LOS TALLERES DE REPARACIÓN Y/O MANTENIMIENTO DE CADA MÁQUINA EN PARTÍCULAR	02 Páginas
7.- MEDIDAS INCORPORADAS A LA MÁQUINA EN PARTICULAR EN CASO DE ADECUACIÓN A LAS DISPOSICIONES ESTABLECIDAS EN EL ANEXO I DEL REAL DECRETO 1215/1.997	08 Páginas



**CAPÍTULO IV: CONTROL Y VIGILANCIA SOBRE EL LUGAR DE TRABAJO Y SU ENTORNO.....32 páginas**

1.- CONOCIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA EL CONTROL Y VIGILANCIA DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS O INSTALACIONES	06 Páginas
2.- CONTROL Y VIGILANCIA DEL LUGAR DE TRABAJO SEGÚN PROCEDIMIENTOS INTERNOS	16 Páginas

**CAPÍTULO V: INTERFERENCIAS CON OTRAS ACTIVIDADES.....18 páginas**

1.- PROTOCOLOS/PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS CUANDO SE EJECUTEN TRABAJOS DE FORMA SIMULTÁNEA.	18 páginas
---	------------

**CAPÍTULO VI: NORMATIVA Y LEGISLACIÓN.....56 páginas**

1.- LEY 31/1995, DE 8 DE NOVIEMBRE DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES: DERECHOS Y OBLIGACIONES.	08 Páginas
2.- LEGISLACIÓN MINERA.	42 Páginas
3.- INSTRUCCIONES DE TRABAJO. DISPOSICIONES INTERNAS DE SEGURIDAD	06 Páginas

**BIBLIOGRAFÍA.....2 páginas**



# **CAPÍTULO I: DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS**

## **CAPÍTULO I.1.- INTRODUCCIÓN: MAQUINARIA Y EQUIPOS PRESENTE EN ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DE EXTERIOR**



## 1.- INTRODUCCIÓN: MAQUINARIA Y EQUIPOS PRESENTE EN ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DE EXTERIOR

En primer lugar, y antes de entrar a definir los trabajos que realizan los trabajadores de perforación y voladura, haremos una pequeña explicación de algunas de estas máquinas y equipos presentes en las actividades extractivas de exterior, aunque sólo sea para el conocimiento de su existencia y características básicas, sin profundizar en ellas, ya que ese sería el objetivo de otro manual.

Las maquinas que describiremos a continuación son, por este orden:

- Las máquinas de arranque y carga de más habituales: Palas Cargadoras, Excavadoras Hidráulicas y Buldócer.
- Los vehículos de transporte de materiales: Dúmper y Camiones volquetes.
- Equipos Auxiliares: Motorailas, Motoniveladoras y Retropalas o mixtas.
- Equipos de arranque y carga de gran dimensiones: Dragalinas y Rotopalas.
- Equipos de perforación.
- Equipos de corte..

### **Pala Cargadora:**

Equipo de carga en canteras y graveras dada su versatilidad: puede realizar labores de carga en camiones y tolvas, carga y transporte a cortas distancias, labores de acopio,... etc.

Según sea su tren de rodaje se pueden diferenciar en:

**Pala cargadora sobre orugas:** Se utiliza para trabajos que requieran pequeños desplazamientos en terrenos más abruptos donde las aristas de las piedras puedan dañar los neumáticos.







**Pala cargadora sobre ruedas:** Puede ser: de bastidor rígido (único), o de bastidor articulado. Tiene mayor capacidad de desplazamiento. Si han de trabajar en el frente, para proteger los neumáticos de terrenos rocosos se les acoplan cadenas para mejorar en fuerza de tracción y adherencia al terreno.

### Excavadora Hidráulica

Se trata de un equipo de excavación y de carga.

Al igual que la anterior hay de dos tipos en función de su tren de rodaje: sobre neumáticos y sobre orugas; y otros dos tipos según su sentido de ataque de los frentes: frontal o retroexcavadora.

La retroexcavadora es la más utilizada, por su versatilidad y variedad de usos y puede ir montada sobre neumáticos y orugas, siendo sobre éstas el uso más normal en minería.

La excavadora de ataque frontal suele ir montadas sobre orugas. Su uso es menos frecuente en las actividades extractivas de exterior de pequeña y mediana producción, aunque su presencia es mayor que la retroexcavadora en minería de grandes producciones.

### Bulldózer

Es un equipo de gran versatilidad, siendo sus aplicaciones más comunes: Desbroce de terrenos, nivelaciones, producción en arranque (escarificado), transporte (empuje) y apilado del material, empuje del material vertido en las escombreras.

El sistema de tracción puede ser sobre orugas (más frecuente) o sobre ruedas neumáticas o metálicas, accionándose en ambos casos por medio de motores diesel. El accionamiento de los implementos se realiza por medios hidráulicos





## Dúmpер

Dúmpер es una palabra inglesa que significa descargar-volcado. Esta es la principal característica de estos vehículos: el volcado del material por el basculamiento de la caja.

Es el equipo de transporte más importante en las explotaciones a cielo abierto, transporta el material desde el frente a la tolva del primario. Suelen ser vehículos extraviales, de gran tonelaje y capacidad de carga, no concebidos para circular por carreteras.

Los dúmpерes se clasifican de modo general en: Volquetes convencionales y volquetes articulados (tractovagones y volquetes articulados de 2 o 3 ejes).

## Camión Volquete

Equipo de transporte utilizado en explotaciones a cielo abierto, para efectuar la distribución de los materiales a los clientes y, en numerosos casos para el transporte del material desde el frente, función que suelen realizar en las explotaciones pequeñas y medianas.

Pueden circular por vías públicas. Sus dimensiones y capacidades son menores que las de los Volquetes

## Mototralla

Máquina utilizada en explotaciones a cielo abierto para mantenimiento de pistas, arranque y empuje de material blandos, trabajos de escarificado y de explanación de terrenos.





### **Motoniveladora**

Máquina utilizada en explotaciones a cielo abierto para mantenimiento de pistas, nivelados, rasantes y acondicionamiento de taludes suaves.



### **Retropalas o mixtas**

Muy versátil y de infinidad de usos, desde trabajos de pequeña entidad como pala cargadora o retroexcavadora, a la realización de zanjas, acondicionamiento de pistas y taludes, saneos de frentes, troceo de rocas y un largo etcétera.



### **Dragas y dragalinas**

Máquina utilizada para el arranque de materiales en explotaciones a cielo abierto de gran entidad, mediante el método de descubiertas o transferencias. El cazo tiene gran capacidad de carga, llegando a estar en algunos modelos por encima de los 100 m<sup>3</sup>. También se utilizan en extracciones bajo lámina de agua.





## Rotopalas

Equipo de trabajo para el arranque de materiales en explotaciones a cielo abierto de gran entidad. Consiste en un rodete giratorio equipado de cangilones, que son los elementos que realizan el arranque, descargando el material en el interior del rodete que, equipado con una cinta, evacua el material hacía la parte de atrás del equipo. Son equipos con gran capacidad productiva y precisan de una cierta potencia de las capas de mineral o estéril a arrancar.

Precisan de varios operadores, que se ocupen de las diferentes acciones que se pueden llegar a realizar desde el mismo: Arranque, Carga, Transporte y Descarga.





## Perforación de barrenos

Equipo utilizado en la perforación de barrenos para la voladura. Hay varias clasificaciones:

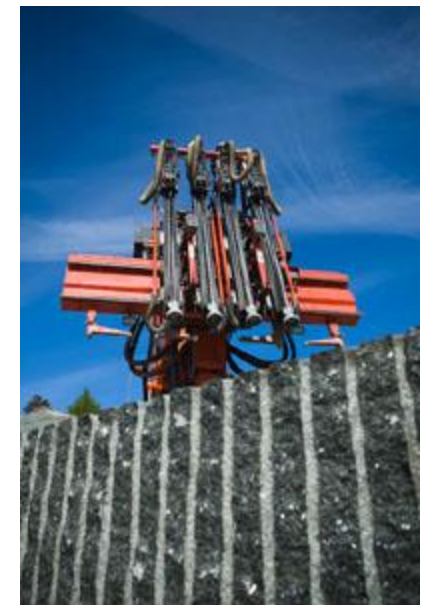
Por su Funcionamiento: Manuales o Mecánicas.

Por su sistema de accionamiento: Neumática o Hidráulica.

Por su sistema de perforación: Rotación, Percusión, Rotopercusión.

Por la posición del Martillo: Con martillo en cabeza, con martillo en fondo.

Según sea su tren de rodaje: sobre orugas y máquinas sobre ruedas neumáticas.





## Corte de bancos

### Cortadora de Hilo diamantado.

El uso principal es la realización de cortes verticales y horizontales, con el objetivo de crear lo que se conoce como “torta”, separándola del resto del macizo, de tal forma que permita el volcado de la misma, sobre un lecho de tierras, para su posterior partición en tamaños más manejables.

El equipo consta de un bastidor con un grupo motor principal que acciona el giro del hilo y otro grupo motor para realizar el desplazamiento a lo largo del carril de la máquina.



### Rozadora de brazo.

Misma función que la anterior, aunque tiene menos profundidad de ataque. Permite la obtención directa de los bloques finales.

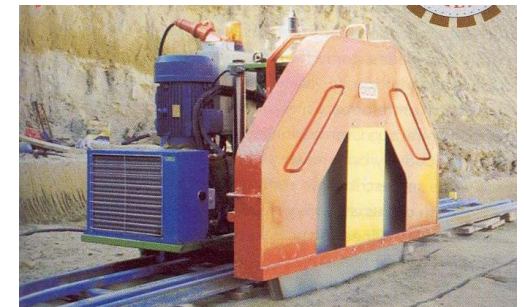
El equipo consta esencialmente de un bastidor con un grupo de motores para accionar el giro de la cadena de corte del brazo y la orientación del mismo, y otro para el desplazamiento del equipo a lo largo del carril.



### Cortadora de Disco.

Misma función que las anteriores, aunque aún tiene menos profundidad de ataque, que la rozadora. Permite la obtención directa de los bloques finales, con un excelente acabado de cara.

El equipo consta esencialmente de un bastidor con un grupo de motor para accionar el disco de corte y otro para el desplazamiento del equipo a lo largo del carril.





# CAPÍTULO I: DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS

## CAPÍTULO I.2.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS DE PERFORACIÓN



## 2.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS DE PERFORACIÓN

Las necesidades de penetrar en los macizos rocosos está motivada por diferentes objetivos, que van desde la investigación de las características de estos o en busca de diversos recursos minerales, pasando por la necesidad de romper estos macizos para su extracción, ya sea para el aprovechamiento de los recursos minerales; para la ejecución de diferentes infraestructuras, como pueden ser carreteras, puentes, presas, túneles, edificios, etc...; o para la sustentación de estos macizos mediante el bulonado de los mismos.

A fin de conseguir esta penetración a lo largo de la historia se han desarrollado diferentes sistemas, como son:

- Térmicos: soplete o lanza térmica, Plasma, Fluido caliente, Congelación.
- Hidráulicos: Chorro de Agua, Erosión, cavitación.
- Sónicos: Vibración de alta frecuencia.
- Químicos: Microvoladuras, Disolución.
- Eléctricos: Arco eléctrico, Inducción magnética.
- Sísmicos: Con detonación por voladura, Golpeo mecánico.
- Nucleares: Fusión, Fisión.

El sistema de penetración en los macizos rocosos más implantado y mejor desarrollado es el sistema de perforación mecánica, y es el que se utiliza para la perforación de barrenos para la ejecución de voladuras y bulonado, así como para la ejecución de sondeos de investigación, con o sin toma de testigos, así como los sondeos de explotación de sustancias minerales y agua.

Será en este sistema en el que nos centraremos en el presente manual, al ser el que habitualmente se emplea en el puesto de trabajo del Perforista/Barrenero para la realización de voladuras de producción en las actividades extractivas de exterior y obras civiles.







## 2.1.- Tipos de Perforación Mecánica

Los trabajos de perforación se inician con el previo replanteo de las mallas o lugares donde se debe realizar la perforación en los frentes de trabajo. Esto se hace, en el caso de perforaciones para voladuras, siguiendo una determinada geometría, que varían en función de cada lugar donde se vaya a realizar la voladura, el tipo de voladura, la clase de roca a volar, etc... Hay diferentes tipos de clasificación de las perforaciones.

Dentro de la perforación mecánica, podemos distinguir, en primer lugar, dos grandes grupos:

- **Perforación manual:** Son equipos relativamente ligeros, que son operados a mano por el perforista. Actualmente están en desuso, limitándose su presencia en trabajos muy específicos de perforación en rocas ornamentales, demoliciones, taqueos, repiés, zonas pocos accesibles en minería de exterior. Es más común su uso en galería de interior de poca sección. Utilizan la rotoperCUSión, y actúan como “martillos en cabeza”, o sea desde fuera del barreno y son, por lo general, de accionamiento neumático.
- **Perforación mecanizada:** El equipo de perforación se sitúa sobre un chasis o estructura. Estas estructuras pueden ser autodesplazables o remolcables. A su vez pueden ir montadas sobre neumáticos o sobre cadenas (orugas). De estos equipos podemos encontrar desde los más básicos, a los más sofisticados que disponen de cabina para su conducción y manejo, perfectamente equipada y con todas las variables de perforación. (Percusión, Rotación, RotoperCUSión, Martillo en cabeza, Martillo en fondo, Neumáticos, Hidráulicos,...)



Por





otro lado tenemos que los métodos mecánicos de perforación en rocas son tres:

- **Método percusión:** Es el más antiguo, y en la actualidad menos utilizado. El concepto básico es un elemento metálico que golpea y deshace la roca (pico o trepano); un elemento que recoge el material triturado (cuchara de válvula). El trabajo es discontinuo, precisa dejar de perforar para extraer el material arrancado. Indicados para terrenos de dureza media y baja. Contraindicados para terrenos detríticos y poco cohesionados, muy duros o plásticos. Rendimientos bajos (de 2 a 20 m/día).
- **Método rotativo:** En este supuesto la perforación se realiza únicamente mediante la rotación del elemento de ataque a la roca (boca), consiguiendo el desgaste de la roca, por el efecto que en ella se produce de abrasión por la rotación del elemento de corte y el empuje del mismo. El método se subdivide a su vez en dos:

- Penetración por trituración: la boca de perforación son los triconos.
- Penetración por corte: la boca de perforación son elementos especiales.

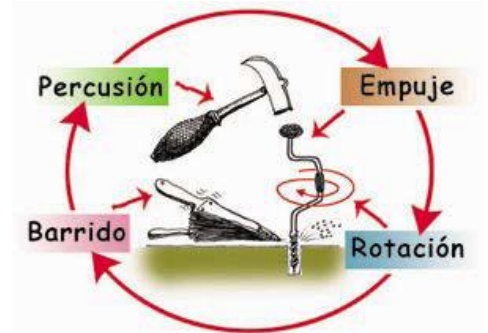
Durante el proceso en este método tenemos:

- Rotación: La boca varía la posición sobre la roca, generando el desgaste o corte.
- Empuje: Es necesario para mantener en contacto el útil de perforación con la roca.
- Barrido: Para extraer el detritus generado en el fondo del barreno.

- **Método rotopercusión:** Es el método de mayor uso. En este supuesto la perforación se realiza bajo un doble efecto: la rotación del elemento de ataque a la roca, al que se le añade un impacto sobre el mismo, golpeándolo a fin de conseguir que transmita esta energía de impacto al fondo del barreno.

Durante el proceso en este método tenemos:

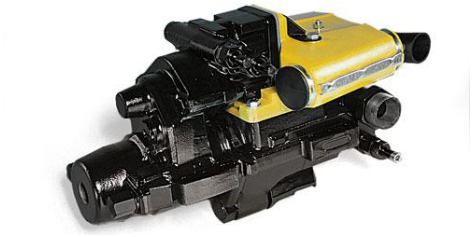
- Percusión: Los impactos producidos consiguen generar unas ondas de choque, que se transmiten a la boca, mejorando el efecto rompedor del equipo.
- Rotación: La boca varía la posición de golpeo, mejorando la penetración en la roca.
- Empuje: Es necesario para mantener en contacto el útil de perforación con la roca.
- Barrido: Para extraer el detritus generado en el fondo del barreno.





Otra división en la perforación mecanizada, particularmente en la rotopercutiva, es según la posición del martillo:

- **Martillo en Cabeza:** Es el sistema de perforación más clásico o convencional y de mayor implantación. En este tipo de perforadoras las dos acciones principales: percusión y rotación, se realizan fuera del barreno, transmitiéndose la energía a través del varillaje hasta la boca de perforación. Los martillos pueden ser de accionamiento neumático o hidráulico.
- **Martillo en Fondo:** En este sistema la percusión se realiza dentro del barreno y la rotación desde el exterior. Precisan un mayor diámetro de barreno para trabajar, debiendo ser mayor a los 75 mm (3"). El accionamiento del pistón de percusión se realiza con un sistema neumático, mientras que la rotación puede ser neumática o hidráulica.



Las ventajas principales del accionamiento hidráulico sobre el neumático son:

- Menor coste energético. (Trabajo a mayor presión. Un tercio de la neumática).
- Menor coste de accesorios de perforación. (Aumento del 20% en la vida del varillaje).
- Mayor capacidad de perforación. (Entre un 50-100% mayor).
- Mejores condiciones ambientales. (Menor ruido, mejor ergonomía).
- Mayor elasticidad operacional. (En la presión, frecuencia de percusión,...).
- Mayor facilidad de automatización. (Cambio de varillaje, antiatranques).



Los inconvenientes son:

- Mayor inversión inicial.
- Reparaciones más complejas y costosas. Mayor formación del personal de mantenimiento.



## 2.2.- Compresores

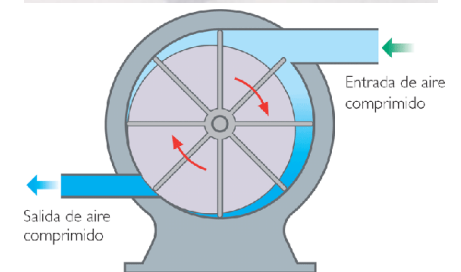
Como hemos comentado anteriormente, todos los equipos de perforación precisan de aire comprimido para su funcionamiento: unos, los de accionamiento neumático, tanto para la rotopercusión como para el barrido; y otros los de accionamiento hidráulico, para el barrido. Los carros perforadores suelen portar el compresor incorporado al equipo, estando este diseñado para el equipo de perforación específico.

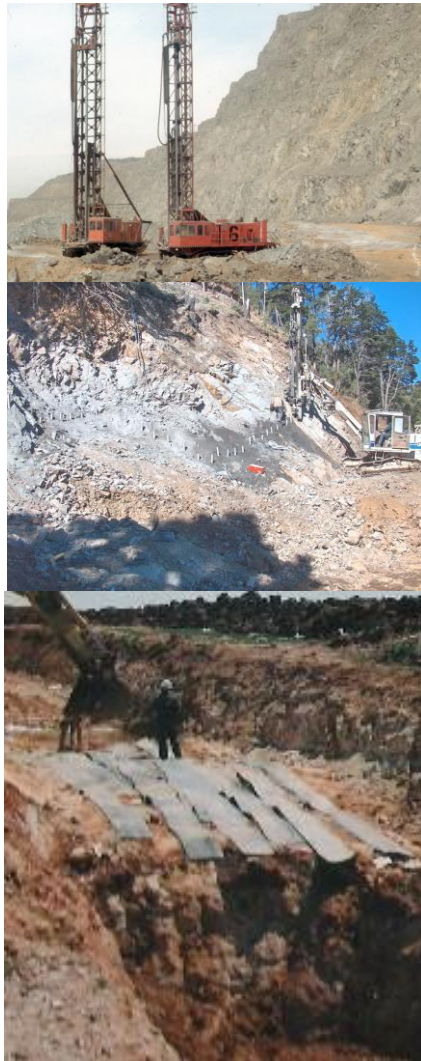
En cambio hay otros equipos de perforación neumáticos, en que el compresor es independiente de la estructura de perforación y que debe ser seleccionado de acuerdo con las características de este equipo. También sucede así en el supuesto de la perforación manual. La selección del compresor se hace en función del caudal de aire que es preciso suministrar para realizar todas las acciones de rotopercusión y barrido, así como la presión necesaria del aire suministrado.

El equipo compresor móvil se sitúa, sobre una estructura sobre neumáticos, normalmente de uno o dos ejes, desplazable por arrastre por el propio equipo perforador, o por otro vehículo.

Hay tres tipos de compresores:

- **De Pistón:** Son los más antiguos. En muchas ocasiones son fijos y conectados a una red de distribución del aire. Muy empleados en minería de interior y en explotaciones de roca ornamental.
- **De Tornillo:** La presión se consigue por la interacción de dos rotores helicoidales, que engranan entre sí. Ocupan menos volumen y son ideales para incorporar a los carros perforadores.
- **De Paletas:** Con un solo rotor sobre el que se montan las paletas radiales flotantes, en un eje excéntrico, produciendo el desplazamiento del estator para aumentar la presión.





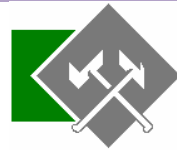
### 2.3.- Tipos de trabajos con perforación de barrenos

El objetivo de la perforación para voladuras es crear unos lugares o huecos para el alojamiento de los explosivos, con las dimensiones adecuadas (diámetro y longitud), en un esquema predefinido de separación entre estos y su inclinación. Los principales trabajos para los que se utiliza la perforación mecanizada de barrenos en actividades mineras y obras civiles, son:

- **Perforación de bancos:** Es el método más utilizado y más eficiente para las voladuras de rocas. Tiene la ventaja principal de disponer de, al menos, un frente libre para la salida y proyección del material volado. Permite esquematizar el sistema de voladura, al ser en gran parte de una geometría repetitiva.

Se usa tanto en interior como en exterior. Lo normal es utilizar barrenos verticales, con una cierta inclinación, aunque ocasionalmente también se utilizan barrenos horizontales con menor rendimiento.

- **Perforación para Carreteras:** Variante de la voladura en banco, normalmente se ejecuta en obras civiles. Hay dos variables principales:
  - Trinchera: que requiere la perforación de barrenos de contorno, teniendo además los barrenos diferentes direcciones, inclinaciones e incluso diferentes longitudes, aunque siempre son verticales.
  - Media ladera. También dispone de barrenos con diferentes longitudes e inclinaciones, pero además se emplean barrenos horizontales.
- **Perforación en zanjas:** Normalmente se emplean barrenos de pequeño diámetro y de no mucha longitud.



- **Perforaciones en rampas:** Las principales características de estas perforaciones son las diferentes longitudes de los barrenos, conforme se va avanzando la rampa.
- **Perforación de contorno:** Muy utilizada en la extracción de rocas ornamentales de gran dureza. Los barrenos se utilizan posteriormente para introducir cargas explosivas que desprendan los bloques, o para el uso de cuñas manuales o hidráulicas.
- **Perforación de avance de galerías y túneles:** Siempre es preciso abrir un hueco inicial o cuele hacia el que se dirigirán la salida del resto de barrenos. Los barrenos son horizontales.
- **Perforación de producción:** Se denomina así a las voladuras de extracción de mineral, primordialmente en minería subterránea.
- **Perforación de Chimeneas:** Principalmente se utiliza en minería de interior y en obra civil, cuando se emplea un método mecanizado. Hay diferentes sistemas en función de cada caso concreto y del equipo disponible.
- **Perforación de rocas de recubrimiento:** Perforación de macizos rocosos situados bajo lechos de materiales sin consolidar o columna de agua. Precisa de entubado durante la perforación.
- **Sostenimiento de Rocas:** Perforación necesaria en zonas de rocas con problemas de estabilidad y en las que es necesario insertar bulones.
- **Perforación de Sondeos:** Para investigación con o sin toma de testigos continuos. Precisan de elementos de corte especiales. También sondeos para alumbramiento de aguas y otros.





# CAPÍTULO I: DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS

## CAPÍTULO I.3.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS DE VOLADURA



### 3.- CARGA Y VOLADURA

Cómo hemos dicho anteriormente, uno de los usos principales de la perforación mecánica es la creación de barrenos, que posteriormente son cargados con explosivos, para el arranque de rocas, en trabajos de extracción de materiales minerales y para la ejecución de obras civiles y demoliciones.

Así tenemos que el objetivo esencial de los barrenos, es disponer de un hueco donde ubicar el explosivo, justo en el lugar adecuado y con la capacidad suficiente, para que este libere, en el momento justo, la energía concentrada químicamente, con el fin de lograr la fragmentación deseada del material rocoso.

Esta liberación de la energía es lo que habitualmente conocemos como explosión. Una definición de explosión es la que realizó Berthelot, químico francés que estudio el fenómeno de la detonación de lo explosivos: **“la repentina expansión de los gases en un volumen mucho más grande que el inicial, acompañada de ruidos y efectos mecánicos violentos”**.

Los tipos de explosión que podemos encontrar son los siguientes:

- Mecánica. Ejemplo: Por aire comprimido; líquidos en ebullición; etc...
- Eléctrica. Ejemplo: Arco Eléctrico; Cortocircuitos; etc...
- Nuclear.
- Química. Es la que se produce en los explosivos comerciales.

Los explosivos comerciales son una mezcla de sustancias combustibles y oxidantes, que una vez iniciadas originan una reacción exotérmica (desprende energía) de alta velocidad, generadora de productos gaseosos a alta temperatura. La alta velocidad con la que se produce el desprendimiento de energía, es donde radica la efectividad de los explosivos comerciales.







El poder calorífico de los explosivos suele ser muy bajo comparado con otras sustancias, así tenemos que el poder caloríficos de la trilita (uno de los explosivos comerciales más potentes), es de 1.120 Kcal/kg., mientras que el de la Antracita (tipo de carbón) es de unas 7.000 Kcal/kg. Por lo que la diferencia la marca la velocidad de desprendimiento de esta energía.

Para tener una idea real de la energía que se desprende el siguiente ejemplo es bastante ilustrativo: Tenemos una central térmica de 550 MW de potencia instalada, cada MW es igual a 0,238 Kcal/sg., así la potencia instalada equivale a 130.900 Kcal/s. Un kilogramo de explosivo de 1.000 Kcal/kg, dispuesto en una columna de 1 metro de longitud y con una velocidad de detonación de 4.000 m/s, desarrolla una potencia de 4.800.800 Kcal/s.

Por otro lado, otros de los efectos de la explosión es la generación de gases, que producen un volumen hasta 10.000 veces mayor que el del barreno donde están alojados, ayudando a la fragmentación y desplazamiento del material rocoso.

El proceso mediante el cual se produce el desprendimiento de energía y generación de los gases, tiene tres procesos diferenciados:

- **Combustión:** Es la reacción química que genera un desprendimiento de calor. Precisa de una sustancia combustible y otra comburente (normalmente oxígeno que en los explosivos va incorporado).
- **Deflagración:** Proceso en el que la transmisión de la reacción de combustión se basa en la conductividad térmica. Es una reacción superficial y de baja velocidad (< a 1.000 m/s).
- **Detonación:** Proceso físico-químico de alta velocidad de reacción y formación de gases a altas temperaturas, adquiriendo gran fuerza expansiva. Una **detonación** es un proceso de combustión supersónica.



### 3.1.- Carga de los barrenos

Es la operación que sigue a la perforación. En ella se debe introducir dentro de la columna del barreno el explosivo, de acuerdo con las directrices marcadas por el Ingeniero proyectista titulado universitario de Minas.

Este trabajo debe ser desarrollado por personal especialista y autorizado. La manipulación del explosivo la realizará siempre el Artillero, que será designado por la Dirección Facultativa. Para ser artillero se debe superar un examen ante la Administración competente, dependiente actualmente del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Tras la superación del examen se expide un certificado de aptitud (cartilla de artillero), con la indicación del tipo de trabajos autorizados, con validez para todo el territorio nacional y con una vigencia de 5 años.

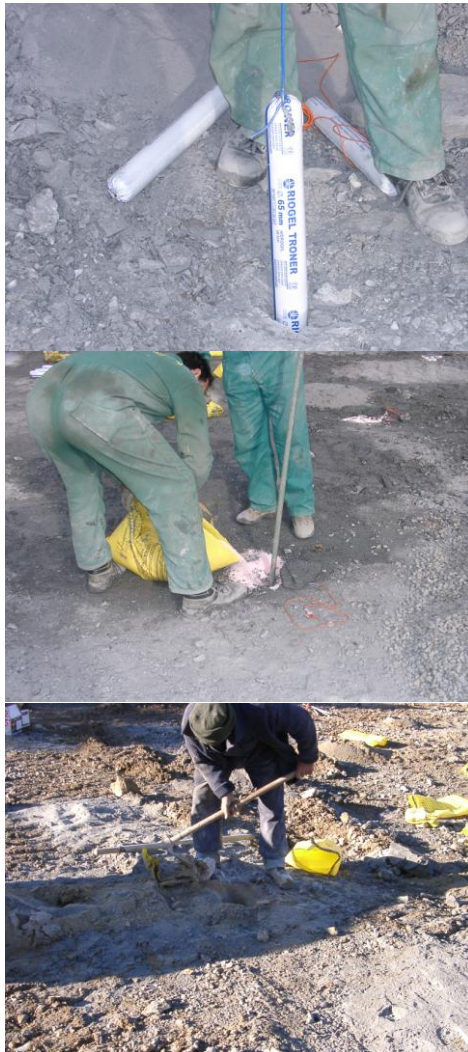
Los tipos de trabajos diferenciados, para los que se exige autorización son:

- Pegas con Mecha
- Pegas Eléctricas.
- Trabajos de Exterior.
- Trabajos de Interior. (Diferenciando si con o sin atmósfera inflamable)
- Pegas submarinas.

El artillero puede estar auxiliado por otro personal que deberá ser autorizado e instruido por la Dirección Facultativa, de acuerdo a lo dispuesto en una Disposición Interna de Seguridad (DIS).

Es habitual que entre la finalización de la perforación y la carga de la voladura pase un determinado periodo de tiempo, siendo recomendable que este sea el menor posible, a fin de que no se produzcan deterioros significativos en las condiciones de los barrenos perforados.





El proceso de carga se inicia con la comprobación de todos y cada uno de los barrenos, de sus buenas condiciones para la carga, asegurándonos que no hay atranques que impidan el paso de los explosivos y accesorios, o presencia de agua, en cuyo caso se procurará extraerla, o si no fuera posible, utilizar el explosivo adecuado resistente a la misma, lo cual se debe haber previsto.

Se continúa con el reparto del explosivo en el frente o voladura a cargar, diferenciando la carga de fondo de la de columna.

Durante la carga se deberán seguir las indicaciones que en el estadillo de perforación, nos haya indicado el perforista, con especial atención a los comentarios, sobre posibles incidencias durante la perforación, que nos indiquen posibles zonas de atranques, cavidades, etc...

La carga se realiza barreno por barreno, introducción en primer lugar la carga de fondo, habiendo preparado previamente el cartucho-cebo, si fuera necesario. Es habitual que en voladuras en banco, la longitud de los barrenos sea de algo más de 20 metros, por lo que se deberán tomar medidas adicionales para bajar los cartuchos de la carga de fondo, hasta el final del barreno, evitando golpes innecesarios. Nos aseguraremos que existe contacto entre los diferentes cartuchos introducidos. En el supuesto de cargas espaciadas, la continuidad deberá conseguirse mediante el uso de cordón detonante. Se continuará con la carga de columna, para finalizar con el retacado. En todo momento se respetaran las cantidades, características y dimensiones previstas para la carga de fondo, columna y retacado, reflejadas en el esquema de voladuras.

En el caso de utilizar explosivo a granel, se dispondrá de los medios adecuados que nos aseguren que no se introduce más explosivos del previsto en el esquema de voladura, estando atentos a la posible existencias de cavidades, grietas, fisuras, que aumenten la capacidad de recepción de explosivos. En estos casos se embolsará el explosivo, tomando las medidas pertinentes para evitar las oquedades. Si en algún barreno se cargó más explosivo del máximo autorizado, se tratará como barreno fallido y no se detonará con los demás, salvo que no haya riesgo por proyecciones.



### 3.2.- Voladura

Una vez finalizada la carga y retacado de todos los barrenos y retirado de la zona de voladuras todos los embalajes sobrantes, pasamos a la siguiente fase que serían las operaciones precisas para efectuar la voladura. Si hubiera sobrado explosivo y/o detonadores, se procederá a su destrucción, devolución o depósito en caso de existir depósitos auxiliares de almacenamiento.

Estas operaciones se inician con el reparto de los detonadores o conectores, en función del esquema de tiro o de iniciación previsto para la voladura.

El reparto de los detonadores o conectores lo realiza el Director Facultativo, o el artillero si así lo decidió la dirección facultativa.

Es una operación muy importante, por lo que deberemos asegurarnos que la distribución es la correcta, a fin de que la salida prevista de los barrenos sea la adecuada.

En voladuras con detonadores ordinarios y mecha lenta, recordar que la pega no estará formada por más de seis barrenos, y que la salida de los mismos no se hace por número de detonador, si no por la longitud de la mecha de encendido, que en ningún caso será inferior a 1,5 metros.

Las voladuras con detonadores eléctricos, electrónicos o no eléctricos, el retardo en el inicio de los detonadores, viene determinada por el número identificativo de los mismos.

Una vez distribuidos correctamente los detonadores se procederá a la conexión entre ellos, asegurándonos de la continuidad del circuito. Para ello se harán las revisiones y comprobaciones que sean necesarias. Finalizada la conexión, y antes de realizar la comprobación, se procederá a la retirada de todo el personal auxiliar, a los lugares previamente designados como de seguridad.





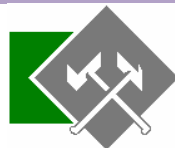
También se procederá al control de posibles accesos al lugar de voladuras. Las comprobaciones del circuito eléctrico se realizarán tomando las medidas de seguridad previstas y previas al inicio de la pega.

En los detonadores eléctricos y electrónicos la comprobación del circuito se puede realizar con equipos técnicos auxiliares: comprobadores, lo cual no ocurre con los detonadores no eléctricos, que la única comprobación posible es la visual, lo que requiere una mayor concentración y reiteración en la operación. Una vez comprobado adecuadamente el circuito, se procederá al inicio de la voladura, previa activación de las señales visuales y/o acústicas previstas en el protocolo de la voladura.

En las voladuras con mecha lenta, se debe disponer de una trozo de mecha testigo, de la mitad de longitud de la mecha más corta utilizada en los barrenos. Esta longitud debe ser suficiente para garantizar la retirada del artillero al lugar seguro, antes del inicio de la pega. La mecha testigo será la primera en encenderse, siguiendo posteriormente el orden de menor longitud a mayor longitud. Iniciada la detonación, se contará el número de estas, asegurándonos que coinciden con el número de barrenos iniciados, no volviendo al frente de voladuras hasta media hora después de la última detonación, en caso de que haya habido dudas sobre el número de barrenos explosionados.

Transcurrido un tiempo prudencial desde el disparo, según el tipo y lugar de voladura, el artillero se personará en el frente volado, comprobando la efectividad de la misma y que no han quedado barrenos sin explosionar, o cualquier otro incidente destacable. Tras dicha comprobación, de estar todo correcto, permitirá el acceso a los equipos de carga y transporte. De no ser conforme la inspección, lo comunicará al Director Facultativo y este tomará las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Todos los materiales sobrantes de la voladura no explosivos, se tratarán de acuerdo a la legislación vigente en materias de residuos industriales.



**Han intervenido en la confección de este manual:**

**Jacinto López Pérez**  
Ingeniero de Minas  
Ingeniero Técnico de Minas  
Máster en Prevención de Riesgos Laborales



[www.tecmina.net](http://www.tecmina.net)

En Cataluña

**Pso. Maragall, 48-50, 1º, 1ª**  
**08041 – Barcelona**  
**Tel. 934 500 173**  
**e-mail: [info@tecmina.net](mailto:info@tecmina.net)**

En Aragón

**C/Domingo Lobera, 1, Local**  
**50008 - Zaragoza**  
**Tel. 976 133 230**  
**e-mail: [zaragoza@tecmina.net](mailto:zaragoza@tecmina.net)**



[www.tecmina.net](http://www.tecmina.net)

Pso. Maragall, 48-50, 1º, 1ª  
08041 – Barcelona  
Tel. 934 500 173  
e-mail: [info@tecmina.net](mailto:info@tecmina.net)

C/Domingo Lobera, 1, Local  
50008 - Zaragoza  
Tel. 976 133 230  
e-mail: [zaragoza@tecmina.net](mailto:zaragoza@tecmina.net)