



# MANUAL PARA EL PERSONAL AUXILIAR DEL ARTILLERO



# **Manual para el personal Auxiliar del Artillero**

(Real Decreto 130/2017, de 24 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos. I.T.C. 8)

Manual realizado por:

Jacinto López Pérez

&



Entidad autorizada por la  
Dirección General de Política Energética y Minas,  
para impartir cursos de Auxiliar del Artillero.  
(Madrid, 18 de Julio de 2.017)

Primera Edición: Abril de 2.017

# ÍNDICE

---

<b>CAPÍTULO I: CONOCIMIENTOS GENERALES SOBRE EXPLOSIVOS Y SISTEMAS DE INICIACIÓN.....</b>	<b>38 páginas</b>
• <b>CAPÍTULO I.1.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>12 páginas</b>
○ 1.1.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS: INTRODUCCIÓN	
○ 1.2.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS: CARGA DE LOS BARRENOS	
○ 1.3.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS: VOLADURA	
• <b>CAP I.2.- EXPLOSIVOS, SISTEMAS DE INICIACIÓN Y ELEMENTOS AUXILIARES.....</b>	<b>26 páginas.</b>
○ 2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES	
○ 2.2.- PRODUCTOS EXPLOSIVOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES	
○ 2.3.- ACCIÓN DEL EXPLOSIVO: DEFLAGRACIÓN Y DETONACIÓN	
○ 2.4.- EXPLOSIVOS INDUSTRIALES	
○ 2.5.- PARÁMETROS A TENER EN CUENTA PARA LA ELECCION DEL EXPLOSIVO	
○ 2.6.- SISTEMAS DE INICIACIÓN	
○ 2.7.- ELEMENTOS AUXILIARES	
<b>CAPÍTULO II: SEGURIDAD EN EL MANEJO, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN DE LOS EXPLOSIVOS.....</b>	<b>44 páginas.</b>
• <b>CAPÍTULO II.1.- MEDIDAS DE SEGURIDAD.....</b>	<b>20 páginas.</b>
○ 1.1.- RECOMENDACIONES Y OBLIGACIONES GENERALES A TENER EN CUENTA POR LOS OPERARIOS DE LA CARGA Y VOLADURA.	
○ 1.2. OPERACIONES DE CARGA Y VOLADURA	
• <b>CAPÍTULO II.2.- NORMATIVA.....</b>	<b>24 páginas.</b>
○ 2.1.- REGLAMENTO DE NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD MINERA.	
○ 2.2.- INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS, I.T.C.	
○ 2.3.- REGLAMENTO DE EXPLOSIVOS.	
○ 2.4.- DISPOSICIONES INTERNAS DE SEGURIDAD.	
<b>ANEXOS.....</b>	<b>8 páginas.</b>



# **CAPÍTULO I: CONOCIMIENTOS GENERALES SOBRE EXPLOSIVOS Y SISTEMAS DE INICIACIÓN**

## **CAP I.1.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS**



## 1.1.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS: INTRODUCCIÓN

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 los 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. (Por ejemplo: Por aire comprimido; Líquidos en ebullición; etc...)
- Eléctrica. (Por 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 calorífico 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 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 kWh es igual a 859,845 Kcal, 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 4.000.000 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 fisicoquímico de alta velocidad de reacción y formación de gases a altas temperaturas, adquiriendo gran fuerza expansiva. Una **detonación** es un proceso de combustión supersónica.





## 1.2.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS: 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 Hacienda y Administraciones Públicas. Tras la formación correspondiente y 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:

- Voladuras convencionales.
- Grandes voladuras
- Voladuras con riesgos peculiares
- Voladuras próximas a instalaciones eléctricas.
- Voladuras próximas a emisión de ondas

El artillero puede estar auxiliado por otro personal que deberá estar en posesión del carné de auxiliar de artillero, para lo que se requiere haber cursado la formación de cinco horas, impartida por entidad de formación acreditada.

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 de 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 respetarán 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 las posibles 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.





### 1.3.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS: 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 son las operaciones precisas para efectuar la voladura. Si hubiera sobrado explosivo y/o detonadores, se procederá a su destrucción, o devolución al 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 de 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, hay que recordar que la pega no estará formada por más de seis barrenos, y que la salida de estos 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 un 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 esta 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 con la legislación vigente en materias de residuos industriales.

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

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

&



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



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