

14.1. Introducción a las rocas ornamentales¹

Con la denominación de rocas ornamentales se considera la utilización de la piedra natural y se incluye un grupo de rocas naturales formado por granitos, mármoles y pizarras principalmente y otras rocas con aspecto y cualidades para su uso en obra civil y edificaciones.

Se puede definir la piedra natural, como producto industrial, a aquellas rocas que después de un proceso de elaboración son aptas para ser utilizadas como materiales nobles de construcción, o elementos ornamentales, conservando íntegramente su composición, textura y características físico-químicas.

La división comercial más comúnmente aceptada de esta industria es la siguiente:

- a) Granitos** y similares, definido comercialmente, sin pretender rigor petrográfico, en la norma UNE.22.170-85.

“Se entiende por granito ornamental el conjunto de rocas ígneas compuestas por diversos minerales (fundamentalmente por cristales de cuarzo, feldespatos y micas, en distintas proporciones que contribuyen a su clasificación, y que le confieren una textura granular (ver figura), que se explotan en forma de bloques de naturaleza coherente y que se utilizan en la construcción. Se aprovechan sus cualidades estéticas, una vez elaboradas, con procedimientos tales como aserrado, pulido, tallado, esculpido, etc. Suelen ser rocas muy homogéneas, de gran dureza y resistencia a las alteraciones. El granito cristaliza a partir de magma enfriado muy lentamente. Es más duro que el mármol y las calizas, lo que dificulta mucho la extracción y posterior transformación. Esta denominación incluye, además del granito propiamente dicho en sus distintas variedades, pegmatitas, granodioritas, monzonitas, tonalitas, dioritas y gneises”.



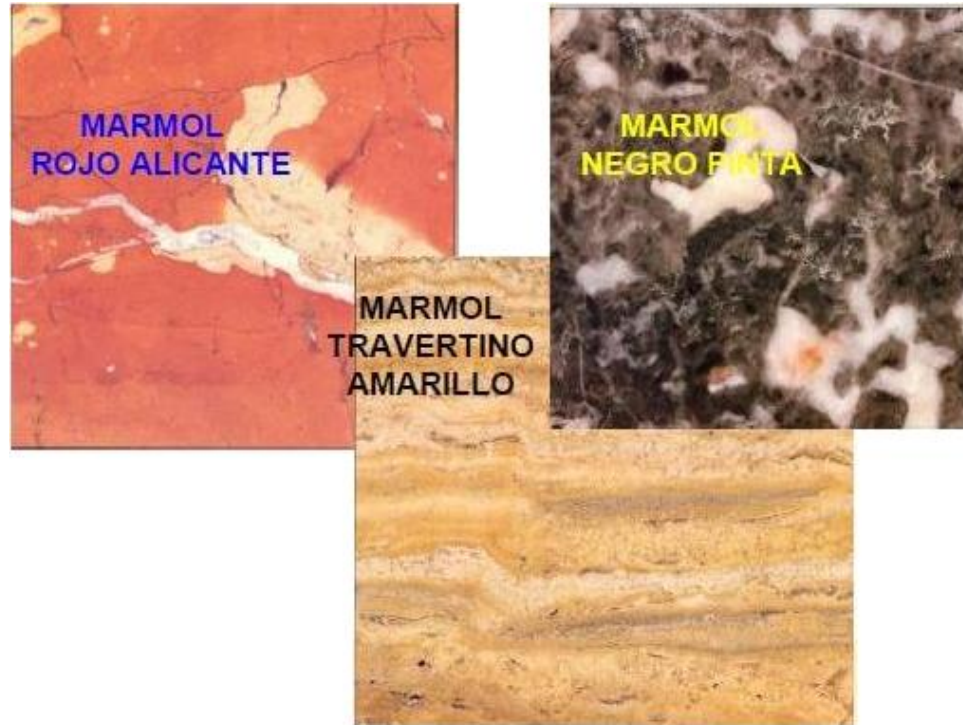
- b) Mármoles**, calizas marmóreas y similares, definido comercialmente, sin pretender rigor petrográfico, en la norma UNE.22.180-85.

“Mármoles y calizas marmóreas. Esta definición es aplicable al conjunto de rocas constituidas fundamentalmente por minerales carbonatados de dureza 3-4 (calcita, dolomita, etc.). Esta denominación incluye los mármoles propiamente dichos, que son rocas metamórficas compuestas esencialmente de calcita o de dolomita. Es una roca compacta formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones alcanzan un alto grado de cristalización.

El componente básico del Mármol es el carbonato cálcico cuyo contenido supera el 90%, los demás componentes son considerados impurezas, siendo estas las que nos dan gran variedad de colores en los mármoles, y definen sus características físicas (ver figura)”.

¹ Manual de Rocas Ornamentales; Prospección, explotación, elaboración y colocación. Madrid, 1996. Profesor López Jimeno, Carlos, y otros. ETSI de Minas de Madrid. Loemco. FPN.

Tras un proceso de pulido por abrasión el mármol alcanza un alto nivel de brillo natural, es decir sin ceras ni componentes químicos. Las calizas denominadas marmóreas son rocas carbonatadas, frecuentemente recristalizadas, compactas, de grano fino, normalmente con vetas de calcita e impurezas que proporcionan colores variados y, a veces, con inclusión de fósiles”.



c) Pizarras, definido comercialmente en la norma UNE.22.190-85.

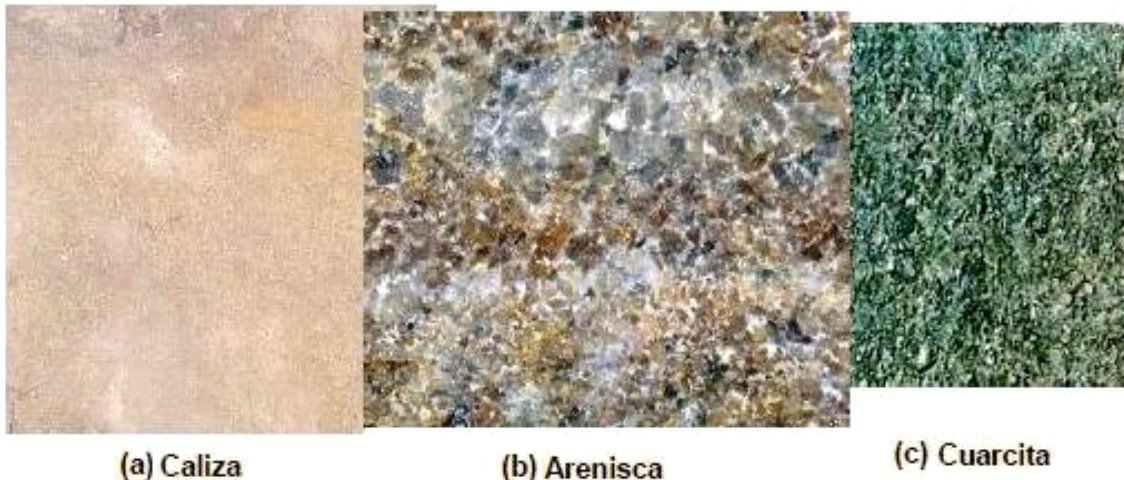
“Los elementos tabulares de pizarras son fragmentos de roca cuyas principales caras son esquistosidad natural de este tipo de rocas. Las pizarras son rocas metamórficas de grano fino cuya propiedad principal es que poseen unos planos de foliación muy desarrollados, debida a la orientación planar de sus minerales principales, que constituye la esquistosidad,. Esto permite, que mediante procesos manuales de hienda o exfoliación a favor de estos planos, se puedan obtener placas de espesores milimétricos y de caras muy lisas. Estas rocas proceden de sedimentos o rocas arcillosas preexistentes, que posteriormente fueron afectadas por movimientos orogénicos, que aportaron presiones y temperaturas en un régimen de metamorfismo de muy bajo grado y las transformó en el estado y forma que presentan actualmente”.



“La textura predominante en estas rocas es la lepidoblástica, observándose una masa de minerales filitosa con una orientación paralela muy definida. A veces destacan algunos agregados minerales de mayor grosor dispersos en la matriz mayoritaria de grano fino. Los minerales principales que componen estas rocas son: el cuarzo, la sericita, la clorita, así como illita-clorita interstratificada. También es frecuente, que aparezcan como elementos accesorios, ciertos óxidos y sulfuros de hierro, minerales arcillosos, carbonatos, materia carbonosa, circón, turmalina, apatito, etc.

La pizarra suele ser de color negro azulado o negro grisáceo, pero existen variedades rojas, verdes y otros tonos (ver figura). Debido a su impermeabilidad, la pizarra se utiliza en la construcción de tejados, como piedra de pavimentación e incluso para fabricación de elementos decorativos”.

d) Rocas, Otras piedras (areniscas, cuarcitas, alabastros, etc.).



La forma de presentación o expedición de las rocas ornamentales puede ser como material bruto en bloques de forma regular o irregular, material semielaborado, en bloques cuadrados de entre 2 y 3 metros, o en forma de tabla de espesor entre 2 y 3 cm y como material elaborado para revestimiento, plaquetas de pavimentos, adoquines, bordillos, etc., y como figuras y elementos ornamentales diversos.

El mercado está muy atomizado², con más de 800 canteras y unas 3.000 empresas de transformación para adaptar el producto a las exigencias del mercado.

La separación entre extracción, minería de labores de arranque, y mineralurgia o labores de transformación del producto obtenido en cantera no está siempre definida ya que según las tecnologías de extracción se pueden obtener en la cantera producto para enviar al mercado.

La elaboración de mármoles y granitos comprende la realización en los talleres de todas las operaciones necesarias para transformar los bloques obtenidos en la cantera, en planchas y piezas que tengan la forma, medida y acabado que se precisa para su puesta en obra (pavimentos, revestimientos, escaleras, elementos ornamentales, etc.).

Los bloques que alimentan al taller son de 6 a 15 t/ud. Tienen longitudes de 2 a 3 m; anchuras de 1 a 1,5 m; y alturas de 0,9 a 1,2 m. Pueden, según tipo de explotación, tener un proceso intermedio de tratamiento en la propia cantera como serrado para producir láminas de diferentes espesores, y los productos finales van desde 15 x 15 hasta 60 x 60, no necesariamente cuadrados, pueden ser de 15 x 30, 40 x 60, etc., con la denominación de losetas y piezas de dimensiones mayores denominadas tableros.

² Directorio de Productos de Cantera del MIE, 1991.

14.2. Técnicas de arranque³

En Rocas Ornamentales como calizas, granitos, mármoles y otras rocas masivas el proceso de arranque se realiza en varias etapas:

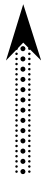
- **Primera etapa**, denominada “ARRANQUE PRIMARIO”, en la cual se extraen por diferentes procedimientos, bloques de forma más o menos paralelepípedica, de dimensiones variables pero en todo caso con 1 o varios metros de arista.
- **Segunda etapa**, denominada “CORTE O FRAGMENTACIÓN SECUNDARIA”, en ella los bloques resultantes de la primera etapa, son volcados por lo general sobre una de sus caras mayores y fragmentados en bloques de menor tamaño, denominados “Pastillones”, mediante el uso de cuñas manuales o mecánicas (pinchotes, colchones neumáticos, hidro-bag, etc.), o bien mediante el uso de explosivos rompedores o pólvoras. Para la obtención de piezas de menor tamaño de rocas ornamentales no es aconsejable la utilización de explosivos dadas las características de la roca.
- **Tercera etapa**, en esta última etapa los pastillones obtenidos en la fase anterior, se fragmentan en tamaños aun menores, de forma prismática y aptos para ser transportados bien por carretera bien por ferrocarril, Industrialmente estos fragmentos se denominan “Bloques”.

Al seleccionar el tipo de técnica utilizada para la realización de la etapa de Arranque Primario se deben tener en cuenta factores propio de la roca y factores propios de la disposición y medios disponibles:

- **Factores intrínsecos** de la roca, tales como: resistencia mecánica de la roca, resistencia a la compresión, tenacidad, dureza, porosidad y abrasividad, que determinan los rendimientos de corte. La abrasividad, o contenido en sílice, es uno de los factores más importantes, que marca en muchas de las técnicas el coste final de la unidad de superficie cortada. El coste de los elementos de desgaste en el corte es el parámetro fundamental de coste del proceso llegando a alcanzar el 70% del coste total de producción de las rocas ornamentales.
- **Factores externos**, tales como: existencia de agua, costes de adquisición y mantenimiento de los equipos de trabajo, situación geográfica de la explotación, accesos a la explotación, etc.

Todo estos factores y en mayor medida los factores intrínsecos de la roca, determinan y condicionan los rendimientos de explotación y en particular los del equipo de corte, pudiendo hacer que el método, válido en un determinado tipo de roca sea totalmente inviable en otro.

En la tabla siguiente se muestra un esquema que identifica la mayor o menor facilidad de corte para diferentes rocas ornamentales en función de las características petrográficas.

Tipo de roca		Dificultad de corte
Granito - Alto contenido en cuarzo (SiO ₂)		Mayor
Granito - Bajo contenido en cuarzo		
Mármoles		
Calizas		
Areniscas		Menor

En las **rocas carbonatadas**, como mármoles y calizas, las técnicas de arranque primario, más utilizadas en España, están basadas en al abrasividad del diamante, principalmente el método de corte con hilo diamantado, debido a sus grandes resultados y a su facilidad de manejo, aunque también pueden utilizarse las rozadoras de brazo y el disco diamantado, superando por completo el método tradicional de corte con hilo helicoidal y corte con explosivo.

³ www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/lección3.RocasOrnamentales. Septiembre 2011.

En el caso de **rocas silíceas**, como granitos, gneises, serpentinas, areniscas y cuarcitas, donde la técnica de arranque primario, más habitual tradicionalmente, era la perforación y voladura así como el uso de lanceta o lanza térmica, está siendo sustituida en la actualidad por el método de corte con hilo diamantado.

Para la división de grandes bloques secundarios y el escuadrado de los bloques comerciales se utilizan en ambos subsectores la perforación y las cuñas manuales o hidráulicas, debido a su efectividad en el corte de pequeñas superficies.

En la actualidad se están desarrollando en España nuevas técnicas de extracción mediante el arranque en cantera con “Chorro de agua” (Water Jet), obteniéndose resultados excelentes en el corte de planchas o tablas, de todo tipo de rocas ornamentales, pero que en procesos o etapas de arranque primario presenta dificultades y resultados no satisfactorios, no superados todavía. Existen sin embargo algunas explotaciones de rocas disgregadas, areniscas, donde la aplicación de esta técnica está permitiendo obtener bloques con éxito. La base tecnológica del proceso, es la capacidad de un chorro de agua a alta presión, para disgregar partículas silíceas fuertemente cementadas, más que un efecto mecánico de corte.

14.3. Tecnología de hilo diamantado

El hilo diamantado se empezó a utilizar en la década de los años 70, introduciéndose comercialmente en 1978 en las canteras de mármol de Carrara (Italia). Se puede afirmar que este nuevo tipo de hilo ha sustituido totalmente al helicoidal y que, además, ha permitido la introducción de esta técnica de corte en el campo de las rocas duras y abrasivas. La utilización de esta técnica de corte proporciona una serie de ventajas, durante la etapa de corte primario. Algunas de estas ventajas se enumeran a continuación:

1. El sistema de corte con hilo presenta un excelente aprovechamiento de la roca, obteniéndose un acabado plano de la cara cortada, eliminándose posteriores etapas o labores de escuadrado final, obteniéndose sin embargo rendimientos productivos bajos.
2. El accionamiento, control y manejo de los equipos, podrá ser realizado con total garantía por personal relativamente cualificado. Su operación no conlleva riesgos especiales.
3. No es necesaria la presencia constante del operario durante las labores de corte.
4. El empleo combinado de las técnicas de corte mediante hilo diamantado y de las técnicas de utilización de explosivos, permite un menor almacenaje de material explosivo y por ello menores riesgos derivados de su empleo y manipulación.
5. La utilización de equipos de corte con hilo diamantado, ocasiona unos niveles de ruido aproximados de 70 dBA, cumpliéndose en todo momento con los requerimientos impuestos por la normativa sobre protección de trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

Un equipo normal de corte por hilo diamantado debe tener las siguientes características (ver Figura 14.1).

- Motor eléctrico con elevado par de arranque, con variador de frecuencia para permitir velocidades progresivas y ajustar en movimiento la velocidad lineal del hilo.
- Volante de accionamiento del hilo, para garantizar una buena transmisión de potencia al hilo sin dañarlo.
- Dos poleas guías para dirigir el hilo.
- Carriles, unidos por traviesas, con cremallera central para el avance de la máquina. Rodillo secundario para asegurar que el piñón de transmisión permanezca engranado.
- Cuadro de controles y mando móvil para que el operador pueda colocarse en posición segura.
- Dispositivos de seguridad para detener la máquina en caso de rotura de hilo, manejo incorrecto de controles, excesiva absorción del motor principal, etc.

- Regulación electrónica automática de la tensión del hilo en relación con la potencia absorbida por el motor de la polea motriz, para conseguir en cada fase de corte el rendimiento máximo.
- Posibilidad de trabajo con cualquier ángulo (corte contra pared, horizontal, etc.).
- Posibilidad de cortes paralelos a cierta distancia, sin necesidad de mover la máquina.
- Transmisión doble para marcha rápida y cortes lentos.



Figura 14.1. Equipo de corte con hilo.

El hilo diamantado, que constituye en la práctica el útil de corte, está formado por un cable trenzado de hilos de acero, de 5 mm de diámetro, sobre el cual están insertados varios anillos diamantados, denominados perlinas, con un diámetro de 10 u 11 mm. Estos elementos pueden estar colocados de diferentes formas en función de la aplicación que tengan: separados por muelles, con goma o con plástico inyectado. En la Figura 14.2 pueden verse diferentes tipos de hilos diamantados.

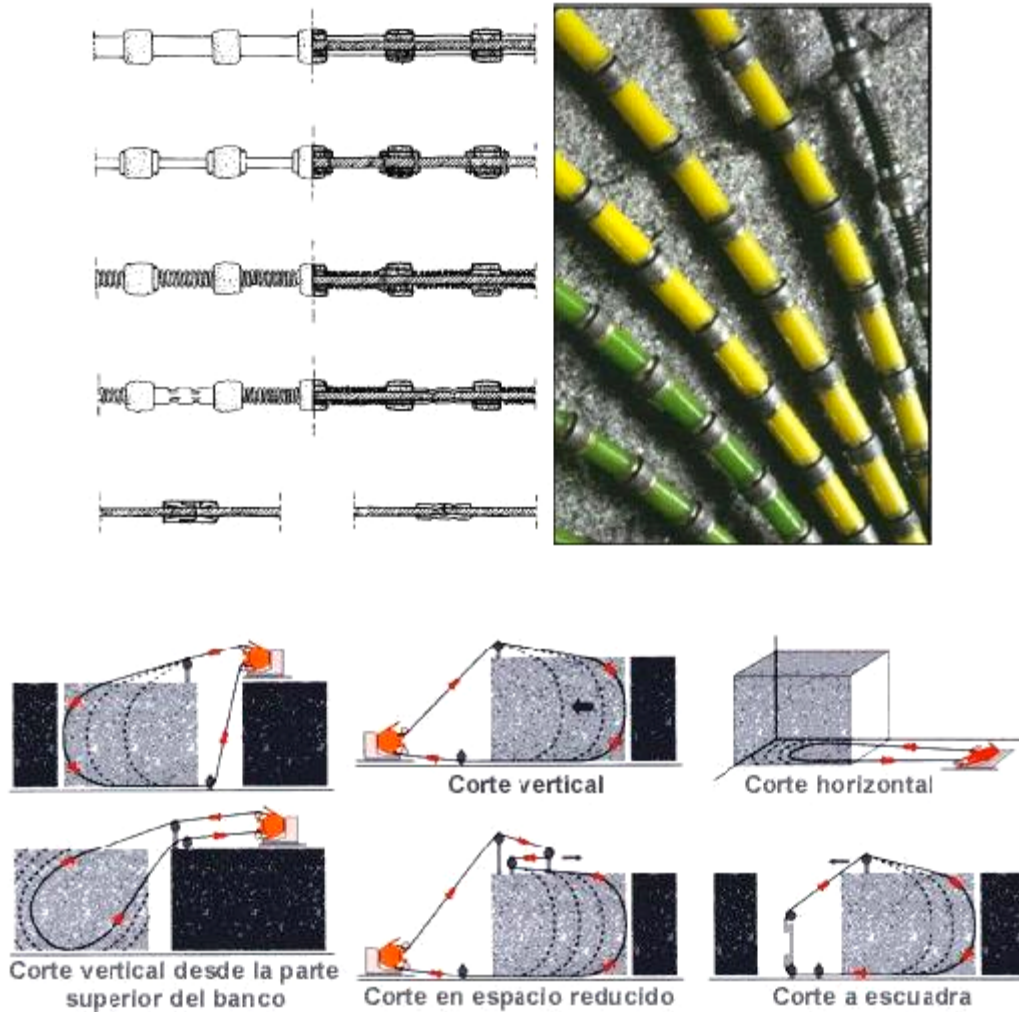


Figura 14.2. Esquema de las diferentes posiciones de un equipo de corte con hilo diamantado.

En la figura superior se muestra un esquema de las diferentes posiciones que puede adoptar un equipo de corte con hilo diamantado, lo que nos permitirá conseguir en cada momento la disposición adecuada del equipo a las necesidades de operación.

La apertura de un banco de extracción, tal como se ve en la figura anterior, se inicia en uno de sus extremos practicando una trinchera, también llamada triangulada o cajón, que precisará dos planos perpendiculares al frente cortados con hilo diamantado, mientras que el corte paralelo al frente e incluso el de levante se pueden efectuar mediante perforación y voladura, para conseguir el desprendimiento de ese bloque del macizo (Figura 14.2).

Los barrenos verticales necesarios para el paso del hilo diamantado se hacen, generalmente, con equipos rotopercutivos hidráulicos con bocas de diámetro entre 90 y 140 mm. Los taladros horizontales se suelen realizar con equipos guiados con una deslizadera especial y tuberías o varillaje de conexión para longitudes de hasta 10 m.

14.4. Técnicas de arranque con perforación y voladura

Esta técnica se basa en la extracción inicial de grandes bloques paralelepípedos de roca, sin afectar al propio material ni al macizo constituyente, y la posterior subdivisión de este hasta llegar a tamaños comerciales.

La técnica utilizada es la de perforación en pequeños diámetros (1¼”) y técnica de voladura de contorno que consiste, para no dañar la roca, en barrenos con espaciamiento pequeño, cargas desacopladas, para evitar la pulverización y daño en la circunferencia de 4 ó 5 diámetros circundantes con el barreno, y disparo instantáneo de tal forma que se suma la onda de presión y choque de la voladura en el punto central entre barrenos produciendo una línea de corte en la dirección de los barrenos (similar en concepción, cálculo y diseño a la técnica de recorte para avance de galerías).

14.4.1. Perforación

La perforación primaria, aquella que tiene como objetivo la separación de grandes bloques de roca del macizo principal de la cantera, se diseña con las siguientes características:

- a) En el diseño de los paralelepípedos se hace forzando ligeramente los ángulos contra la cara libre de desplazamiento del bloque de tal forma que se eviten los acuñamientos. Los ángulos del bloque en su parte interior, unida al macizo, deben ser algo mayores de 90°.
- b) Los barrenos horizontales se perforan con una ligera pendiente, de 1° a 3°; y los verticales con 3° a 5° hacia atrás respecto a la vertical.
- c) El diámetro de perforación está entre 1” y 1 ½”.

La perforación secundaria, a veces hay una terciaria según la escala de tamaños de la explotación, es aquella que subdivide los bloques primarios en bloques de menor tamaño para su manejo con la maquinaria de cantera hasta el taller de conformado definitivo donde se obtiene las piezas de tamaño adaptado a mercado y con el acabado comercial solicitado (abocardado, pulido, flameado, etc.).

El ritmo de perforación en las diferentes fases está en el entorno de los 150-200 m por operario y relevo (8 horas); y las máquinas, normalmente, son manejadas por un único operario.

Maquinaria moderna, con control numérico o incluso con control y supervisión remota, informatizada, puede alcanzar mayores ritmos de producción con 250-400 m por turno. La definición de la maquinaria y sus características, rendimientos y modelos de mercado corresponde a la asignatura de ampliación de rocas ornamentales y a los conocimientos especiales de perforación.

14.4.2. Voladura de recorte

El diseño de las cargas de explosivo, su cálculo, se fundamenta en la teoría de las ondas de choque generadas por la explosión y su desplazamiento a través de la roca, y el efecto de los gases resultantes de la detonación.

Los esfuerzos resultantes de la colisión de dos ondas de choque generadas por la detonación de dos barrenos adyacentes, supuesto detonación simultánea, se suman en su punto medio; y el valor de la presión transmitida, la presión máximo será la suma de la correspondiente a cada barreno, sigue una ley proporcional a la presión en un punto dado (radio del barreno) y decrece en proporción a la raíz cuadrada de las distancia y de un valor exponencial proporcional al tiempo de desplazamiento.

$$P_{\text{punto}} = P_{\text{barreno}} \cdot \text{raiz}[R_b/(E/2)] \cdot \exp(-Kt)$$

Siendo:

P_punto: Presión en un punto; en el centro entre dos barrenos continuos para detonaciones simultaneas.

P_barreno: Presión generada por la detonación a la distancia R_b del radio del barreno.

Rb: Radio del barreno.

E: Espaciamiento entre barrenos, distancia del punto medio de cada barreno con el adyacente.

t: Tiempo para alcanzar un punto determinado; $t = (E/2)/C$; C : Velocidad sísmica o velocidad de propagación de las ondas en la roca; medida en (m/s).

K: Constante de tiempo de difícil determinación. Paine propone utilizar $K = \alpha/r_{\text{expl}}$; con $\alpha = 0,03$ y siendo r_{expl} = el radio de la carga explosiva utilizada.

La tensión máxima generada corresponde a la expresión:

$$\sigma = \nu \cdot P_{\text{punto}}$$

con ν = índice de Poisson de la roca y P_{punto} definido anteriormente.

La tensión generada por la detonación, como norma general, debe ser menor que la resistencia dinámica a compresión de la roca ya que en caso contrario se produce la trituración de la roca en la zona próxima a la caña de los barrenos y un fuerte agrietamiento radial de la roca circundante con pérdidas de material (por no ser utilizables como rocas ornamentales las partes pulverizadas) o pérdida de calidad de los bloques obtenidos.

De lo anterior se deducen algunos de los principios que deben regir en el uso de la tecnología de perforación y voladura de recorte para la obtención de bloques.

- a) Empleo de cargas desacopladas. Se considera que las cargas, explosivos, están desacopladas cuando el diámetro del barreno es mayor que el diámetro del explosivo introducido y el grado de desacoplamiento se mide por la proporción existente entre el volumen del barreno y el volumen del explosivo. Esta proporción debe ser tal que la presión producida por los gases generados en la explosión, en un volumen correspondiente al diámetro del barreno, sea inferior a la resistencia de la roca a compresión.
- b) Utilizar explosivos de baja densidad, menor producción de gases de detonación por kg de explosivo. Y de baja velocidad de detonación que permiten que se disipe la energía de la onda expansiva y la presión generada a un ritmo similar a la velocidad de producción de la reacción.
- c) Disparo simultaneo de cargas, que permite que en el punto central se sumen los efectos del disparo y se generen grietas de tracción en la dirección de los barrenos y no se producen grietas perpendiculares ya que no se alcanza en puntos intermedios, no se rebasa, la resistencia a tracción dinámica de la roca. Una vez producida esta grieta principal los gases hacen el efecto de empuje y separan definitivamente el bloque del macizo.
- d) Conocer la estructura de la roca ya que determinadas formaciones tienen planos de rotura que se deben respetar o utilizar de forma favorable para la rotura deseada.

La presión de detonación, generada por una carga acoplada al barreno, que llena totalmente el volumen barrenado, se puede obtener por las expresiones:

Presión de detonación (por la onda de choque)	
$PD(\text{GPa}) = 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot re \cdot Vd^2$	$re(\text{t/m}^3); Vd(\text{m/s})$
$PD(\text{GPa}) = 0,432 \cdot 10^{-6} \cdot re \cdot VD^2 / (1 + 0,8 \cdot re)$	2º cálculo. Explosivos comerciales entre 5 y 15 Gpa.
El coeficiente puede variar, según referencias de autor, entre $0,228 \cdot 10^{-6}$ (Manual de Rocas Ornamentales, Profesor López Jimeno) y $0,432 \cdot 10^{-6}$ (Manual de Perforación y Voladura, Profesor López Jimeno).	

La presión desacoplada se obtiene mediante la expresión que tiene en cuenta la relación de volúmenes entre barreno y explosivo, siguiente:

$P_{\text{barreno}} = P_{\text{explosivo}} \cdot (\text{Vol}_{\text{expl}} / \text{Vol}_{\text{barreno}})$; con α tomando un valor entre 1 (teórico) y 1,2 (valor de uso práctico).

Se debe verificar que la presión a la que se somete a la roca es inferior a la presión máxima admisible como presión de compresión simple de la roca par que no se produzca pulverización en la zona inmediata al barreno ni fisuras de la roca que degraden el material.

14.4.3. Tipo de explosivo

El explosivo normalmente utilizado, de baja potencia y baja velocidad de detonación como la pólvora negra (mezcla de nitrato potásico, azufre y carbón vegetal), o cordón detonante de alta potencia (pentrita) que tiene gran velocidad de detonación (7.000 m/s) pero fuertemente desacoplado. El cordón detonante se fabrica en multitud de gramajes pero los más normales de uso son de 6 y 12 gr/m para voladuras de recorte.

Se debe considerar que la resistencia al agua de la pólvora es muy deficiente, muy mala, por lo que no se puede utilizar en zona con alto contenido de agua y humedad.

Existen fabricantes de explosivos especiales en cartuchos de pequeño diámetro, tipo 17 mm y 22 mm que permite al artillero la carga rápida de los barrenos.

Se dan en la Tabla 14.1 siguiente, Manual de Rocas Ornamentales, LOEMCO, Escuela e Ingenieros de Minas de Madrid; página 313. Valores de referencia.

Parámetro	Unidad	Rango de valores
Diámetro de perforación	mm	25 a 35
Espaciamiento entre barrenos	m	0,2 a 0,4
Longitud máxima del barreno	m	2 a 8
Gramajes del cordón detonante	gr/m	8 a 15
Retacado	***	Agua
Consumo específico	gr/m ³	18 a 50
Perforación específica	m/m ³	0,6 a 3,8

Tabla 14.1. Valores de referencia.

Algunas consideraciones a tener en cuenta:

- a) Para evitar el astillamiento o fractura de los bloques en las esquinas es necesario emplear barrenos guía vacíos en las proximidades de las superficies libres o en los planos de intersección.
- b) Los barrenos y los de levante no se perforan en toda su longitud, se dejan 20 ó 30 cm hasta la arista sin perforar.
- c) En el retacado, respetando el desacoplamiento, se utilizan tacos de arcilla y el propio detritus de la perforación.
- d) La iniciación debe ser instantánea.
- e) Técnicas modernas utilizan barrenos con entalladura para el control de la fractura de corte.
- f) Es necesario el estudio de las características del macizo para utilizar las fracturas preferentes y no dañar los bloques.

14.4.4. Reducción de tamaño

Las técnicas de extracción o separación de grandes bloques del macizo principal producen, normalmente, tamaños con varios metros de arista que no son manejables ni manipulables con técnicas de taller por lo que son sometidos a una reducción de tamaño en cantera mediante técnicas similares a las de extracción pero adaptadas al bloque final a conseguir.

Se utilizan técnicas de corte con hilo o explosivos (esta técnica de menor uso en la reducción de tamaño) y preferentemente técnicas de corte con maquinaria de hilo, cintas o disco de gran tamaño, rozadoras (ver imagen).



Figura 14.2. Imagen de rozadora.



Figura 14.3. Imagen de cita.



Figura 14.4. Imagen de una cantera de mármol.

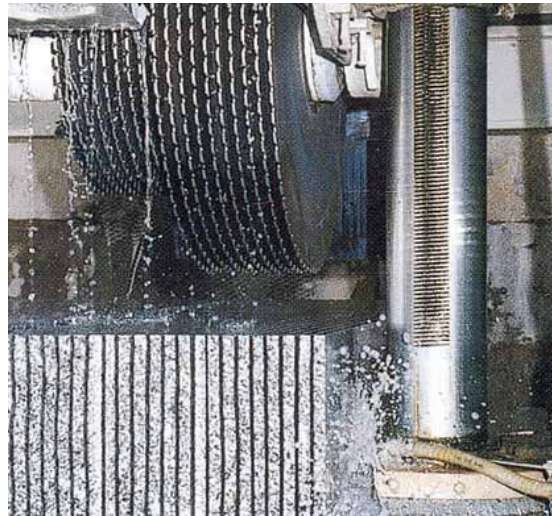
14.5. Tratamientos específicos en taller

Los tratamientos principales, enfocados al uso posterior en lo referente a su resistencia y aspecto, están condicionados por el mercado y van dirigidos en la línea de mejorar aspectos básicos de este tipo de rocas.

Se pretende mejorar, con los tratamientos superficiales, su resistencia a los agentes atmosféricos para su uso masivo en cerramientos de edificación, adaptarlos en tamaño y forma a la normativa de uso y mejorar o dotar de un aspecto final que ejerce una función decorativa, además de las funciones de resistencia mecánica debidas al propio material.

Los tratamientos principales utilizados son los siguientes:

- a) Corte.** Realizado con equipos de telares con flejes de acero, corte con hilo diamantado o equipos de corte con disco (mono o multidisco). La función principal de este tratamiento es adaptar los materiales en dimensiones adecuadas para su uso y manejo.



- b) Tratamiento superficial.** Con un objetivo básico de mejorar la resistencia a los agentes atmosféricos y aumentar su calidad y precio por el aspecto que presentan. Estos tratamientos, básicamente, son los siguientes:

- 1. Pulido.** Aplicado principalmente a los mármoles y granitos, con diversas calidades de acabado (esta terminación disminuye la absorción de medios líquidos o humedades y con tratamientos complementarios reduce de manera importante el poro, pero nunca llega a estar cerrado completamente). Se producen superficies lisas y brillantes con porosidad casi nula.



Figura 14.4. Acabado superficial pulido con brillo: se utilizan abrasivos cada vez más finos.



2. **Abujardado.** Labrar la piedra con bujarda, (martillo de bocas cuadradas con dientes) realización de pequeñas muescas, tipo cráteres, con diferentes tamaño de rugosidad. En la actualidad se utilizan máquinas que utilizan martillos y carros automáticos.



3. **Arenado.** Produce muescas de menor tamaño que el abocardado, según el tamaño del grano de la arena que se proyecta sobre la superficie de la pieza en tratamiento. En ocasiones se puede utilizar granalla metálica. El punteado, más o menos profundo depende de la presión a la que se aplica el arenado.
4. **Flameado.** Tratamiento especial con soplete que da una alta resistencia a la degradación ante los agentes atmosféricos. Se produce una superficie rústica y rugosa con un alto grado de protección contra agentes atmosféricos.



- c) **Acabados y trabajos especiales.** Cantería, bordes de terminación de piezas, figuras ornamentales, etc.

14.6. Propiedades de los materiales

Dado su empleo masivo en la construcción para diferentes usos, sus propiedades se determinan y permiten comparación mediante el uso de normativa que estandariza el ensayo.

Se dan en la tabla siguiente referencias de ensayos y normativa:

Característica/Resistencia	Normativa	Observaciones/Notas
Cambios térmicas.	UNE-EN-22-197	Mide su capacidad resistiva para uso en ambientes al exterior, resistencia a fenómenos atmosféricos.
Resistencia SO ₂ .	UNE-EN-13919	Mide su capacidad o resistencia para uso en ambientes industriales o contaminados.
Propiedades mecánicas; resistencia a compresión, choque y desgaste.	UNE-EN-22-173	Normativa específica para granitos.
Propiedades mecánicas; resistencia a compresión, choque y desgaste.	UNE-EN-22-183	Normativa específica para mármoles.
Propiedades mecánicas; resistencia a compresión, choque y desgaste.	UNE-EN-22-192	Normativa específica para pizarras.