

# Rocas Industriales y Ornamentales

Tema 6. Ensayos de caracterización de las rocas ornamentales. Aplicaciones: granitos y mármoles. Características, propiedades y mercado de los granitos y mármoles



**Gema Fernández Maroto**

Departamento de Ciencias de la Tierra y  
Física de la Materia Condensada

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Ensayos para la caracterización de las rocas ornamentales

- La caracterización de una roca ornamental: **descripción de las cualidades del material rocoso**, a nivel de sus componentes más básicos (o **caracterización intrínseca**) y del conocimiento de sus propiedades físicas (o **caracterización del comportamiento**), así como del conocimiento de la respuesta del material a distintas situaciones ambientales (o **caracterización alterológica**).
- Para ello, se realizan **ensayos normalizados** que dan un valor numérico a la calidad de la roca, ayudan a interpretar su **comportamiento en su puesta en obra**, así como **determinan cuál va a ser su ubicación idónea** (pavimento exterior, interior...) y su **durabilidad**.
- Este valor numérico permite **comparar distintos tipos de roca**.



TIPO	ENSAYO	NORMA
<b>Ensayos de caracterización intrínseca</b>	Análisis químico.	Sin norma UNE.
	Estudio petrográfico.	UNE-EN 12407:2000.
	Densidad Real y Aparente. Porosidad abierta y total.	UNE-EN 1936:1999. UNE-EN 13755:2002.
<b>Ensayos de comportamiento hídrico</b>	Coefficiente de Absorción Capilar.	UNE-EN 1925:1999.
	Expansión Hídrica.	« <i>International Journal of Rock Mechanics and Mining Science &amp; Geomechanics Abstracts</i> ». Vol. 16 nº 2. Pp. 141-156.
<b>Ensayos de caracterización mecánica</b>	Resistencia a la flexión.	UNE-EN 12372:1999.
	Resistencia a la compresión.	UNE-EN 1926:1999.
	Microdureza Knoop.	UNE-EN 22188:1985.
	Resistencia al choque.	UNE-EN 22189:1985.
	Resistencia al anclaje.	UNE-EN 13364:2002.
	Resistencia al deslizamiento sin pulimento.	UNE-EN 1341:2002. UNE-EN 1342:2003.
<b>Ensayos de envejecimiento acelerado</b>	Humectación y secado.	Ensayo no normalizado.
	Cristalización de sales.	UNE-EN 12370:1999.
	Niebla ácida y niebla salina.	UNE-EN 12326-2:2000.
	Heladicidad.	UNE 22184:1985. UNE-EN 12371:2002.
	Choque térmico.	UNE-EN 14066:2003.
	Resistencia a la abrasión.	UNE-EN 1341:2002. UNE-EN 1342:2003.

### Normas

- **AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación):**
  - Coordina los Comités Técnicos de Normalización que redactan las **Normas UNE (Una Norma Española)**.
  - Participa en la realización de las **Normas CEN (Normas de la Comunidad Europea)**.
- **Normas NLT (Normas del Laboratorio de Transporte) del CEDEX.**
- **Normas RILEM (Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayo y de Investigación para Materiales de Construcción).**
- **Normas ASTM (American Society for Testing and Materials).**
- **Normas ISO (Organización Internacional de Normalización).**

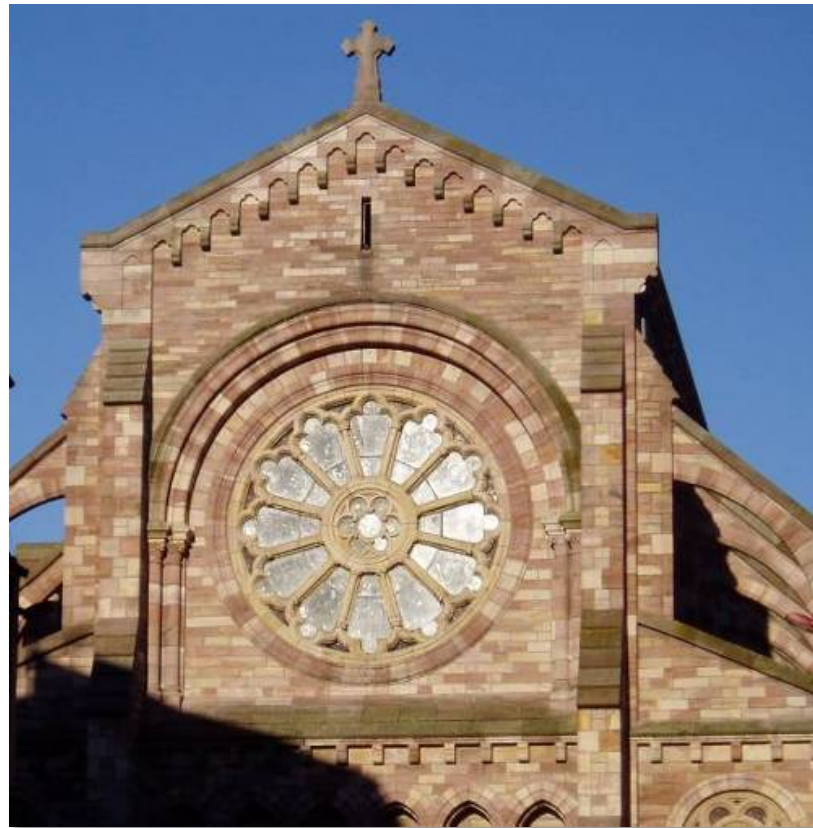
### Las Propiedades de las rocas ornamentales permiten

- Diferenciar unas rocas de otras.
- Seleccionarlas para diferentes usos.



# Propiedades que caracterizan el aspecto y la constitución física de las rocas

- Color.
- Densidad.
- Porosidad.





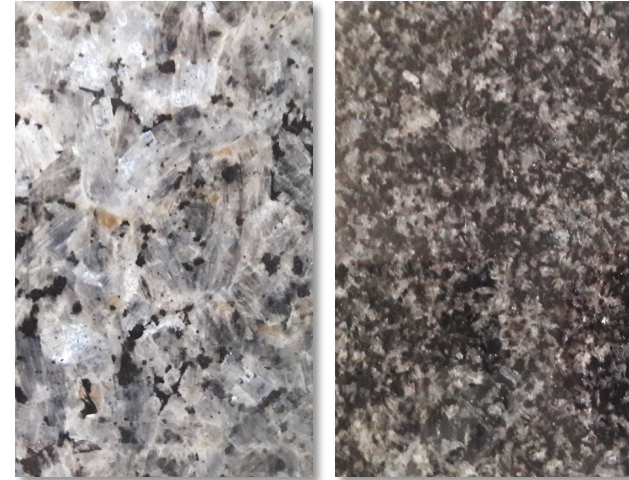
Tema 5. Tipos y génesis de las rocas ornamentales. Características y propiedades de la rocas ornamentales

## Color





## Color



### El color del material

- La variabilidad del color en una piedra natural no solo es una característica inevitable, sino una cualidad que la diferencia de los materiales artificiales (homogéneos).
- La sensibilidad de cada roca a la aparición de manchas domésticas.
- Aparición de manchas procedentes de oxidación.

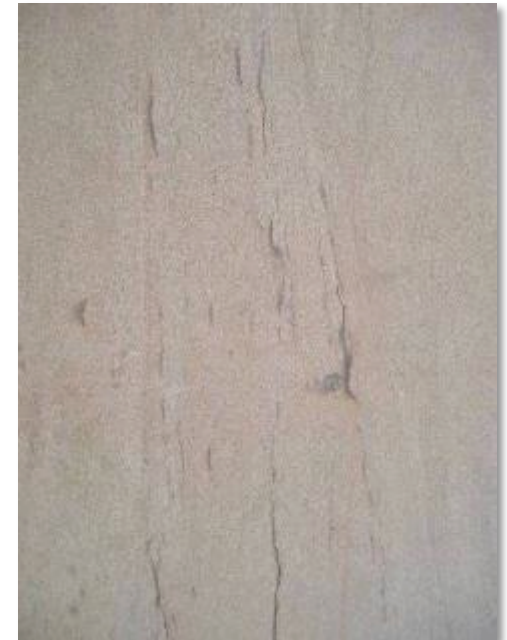


Tema 5. Tipos y génesis de las rocas ornamentales. Características y propiedades de la rocas ornamentales



Gema Fernández Maroto

Tema 5. Tipos y génesis de las rocas ornamentales. Características y propiedades de la rocas ornamentales





## Presencia de discontinuidades

- Lo que los canteros denominan pele o repelos presentes en la mayor parte de las calizas pueden provocar el desprendimiento de fragmentos de la roca ornamental. Problemas en instalaciones a gran altura.





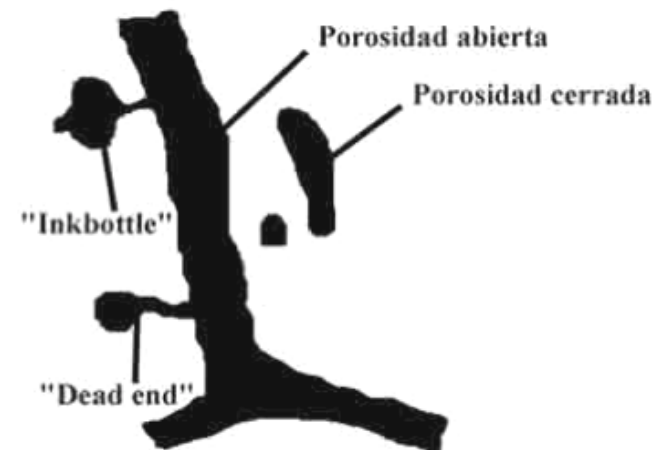
## Presencia de macroporos

- Estudio de la cantera para **orientar la explotación hacia zonas con un mínimo de macroporos.**
- Relleno de los huecos derivados de la macroporosidad con **cemento de marmolista adecuadamente coloreado.**



## Sistema poroso de una roca

- El **sistema poroso** se puede definir petrofísicamente por la porosidad, así como por el tamaño y forma de los poros.
- La **porosidad** de un material pétreo: relación entre el volumen total de poros y el volumen total de la probeta o roca.
- **Clasificación de la porosidad:**
  - **Porosidad abierta:** volumen de poros que presentan un cierto grado de interconexión con el exterior, y por lo tanto, está estrechamente relacionada con su durabilidad.
  - **Porosidad cerrada:** es aquel volumen de poros de una roca que no presenta ningún tipo de comunicación con el exterior.
- La suma de la porosidad conectada y la no conectada se denomina **porosidad total de la roca**, la cual es un parámetro de conjunto muy importante que controla sus propiedades mecánicas.



## Densidad real, la densidad aparente, la porosidad abierta y total

- Se determinan mediante el ensayo hídrico de **Absorción de Agua**. Este ensayo se puede realizar a presión atmosférica o al vacío. La porosidad (**n**) se define como el «*volumen ocupado por los espacios vacíos ( $V_v$ ) por unidad de volumen de roca ( $V$ ), expresado en porcentaje*»:

$$n = V_v / V$$

- El comportamiento de la **densidad aparente y la porosidad es inverso**.
- Cuanto mayor sea la **densidad aparente, menor es la porosidad**, lo que condiciona una menor capacidad de la roca para absorber agua.

## Densidad real, densidad aparente, porosidad abierta y total

- La **porosidad** influye tanto en las **propiedades físicas de la roca**, como en la **durabilidad y calidad del material**. Una roca porosa absorberá más agua, por lo que sus minerales serán más susceptibles al ataque por el propio agua o por otros agentes químicos.

Roca	Densidad de la roca seca (kg/m <sup>3</sup> )	Porosidad abierta (%)
Mármol de Macael	2,7	0,5
Arenisca de Villamayor	1,7	33
Caliza de Páramo	2,4	9
Dolomía de Boñar	2,3	15
Granito de Axeitos	2,6	2

## Densidad

- Densidad de los granos minerales.
- Densidad aparente:

$$\rho_d = M_s / V_t$$

<u>MINERAL</u>	<u>DENSIDAD</u>
Cuarzo	2,65
Ortosa	2,55-2,63
Plagioclasa	2,63-2,74
Moscovita	2,7-2,8
Biotita	2,8-3,2
Calcita	2,72
Dolomita	2,86
Yeso	2,30-2,37



## Rocas ornamentales

# ENSAYOS DE COMPORTAMIENTO HÍDRICO

- **ABSORCIÓN DE AGUA.**
- **EXPANSIÓN HÍDRICA.**
- **DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL Y APARENTE Y DE LA POROSIDAD ABIERTA Y TOTAL.**

## Ensayos de comportamiento hídrico

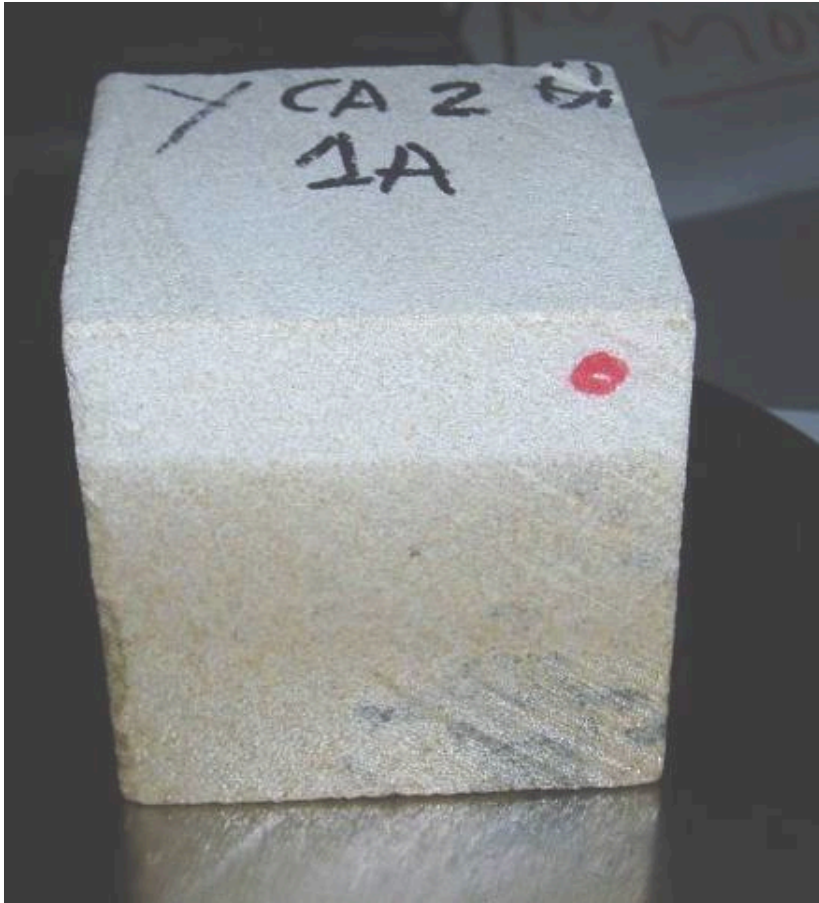
- Con este nombre, se conocen los ensayos que se realizan para **determinar las propiedades físicas que caracterizan el comportamiento que presenta una Roca Ornamental frente al agua.**
- El **agua** es el principal agente de alteración ya que **interviene en casi todos los procesos de deterioro de una roca**, tanto a nivel **químico como físico o biológico**, debido a que sirve de transporte de iones de modo que puede introducir en la roca todo tipo de soluciones y/o contaminantes.
- El agua afecta a **propiedades mecánicas de la roca** ya que el **aumento del contenido en humedad en una roca provocará una menor resistencia mecánica**, así como condiciona la durabilidad del material rocoso.

## Ensayos de comportamiento hídrico

- Uno de los problemas que afectan tarde o temprano a las rocas de edificación son las **humedades**, especialmente las procedentes del subsuelo que son las más habituales.
- El ensayo de ***Coefficiente de Absorción por capilaridad*** permite conocer la **facilidad con la que el agua puede distribuirse por la roca**. Se determina cuantificando el incremento de masa de una probeta cúbica de roca a lo largo de determinados intervalos de tiempo, obteniéndose así una curva que indica la velocidad de saturación en agua de la roca.



## Coeficiente de absorción por capilaridad





## Coeficiente de absorción por capilaridad

- El valor de las sucesivas pesadas (en gramos) permite extraer un coeficiente en función de la superficie de la probeta ( $\text{cm}^2$ ) y del tiempo (s).



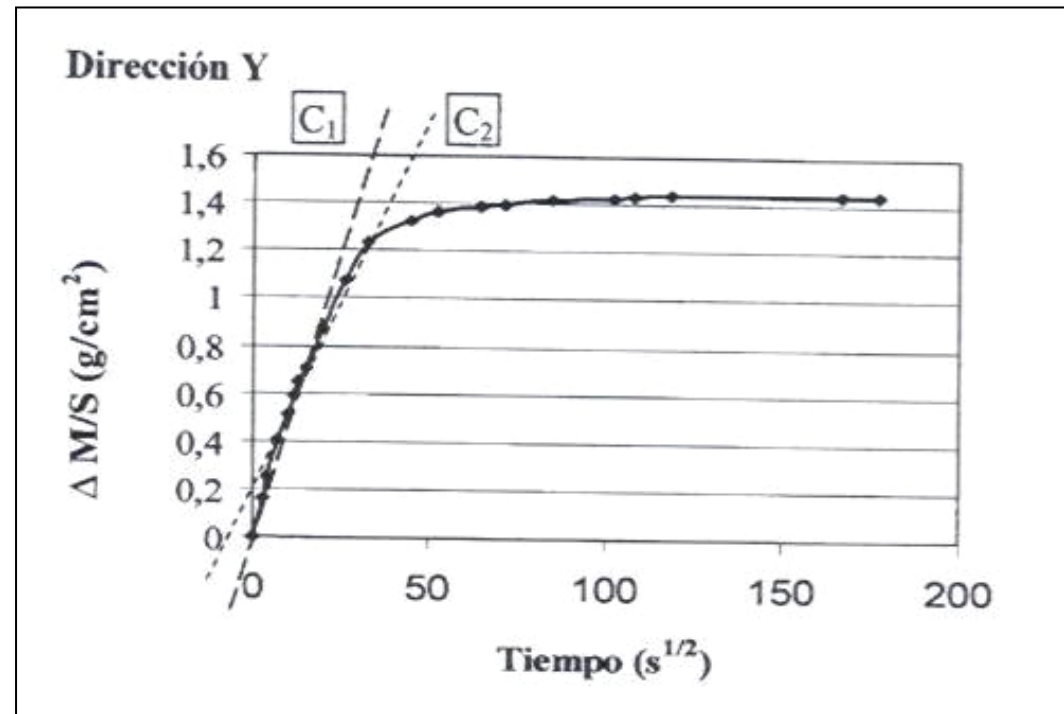


## Coeficiente de absorción por capilaridad de diferentes tipos rocosos

Roca denominación comercial (tipo rocoso, procedencia)	Coeficiente de capilaridad (%)
Piedra de Boñar (Caliza dolomitizada, León)	3,42
Piedra de Espinosa (Arenisca, Burgos)	1,67
Morada Calañas (Pizarra, Huelva)	1,05
Gris Perla (Granito, Pontevedra)	0,25

## Coeficiente de absorción por capilaridad

- También se puede expresar en una gráfica que relaciona la variación del peso con la raíz cuadrada del tiempo.



## Coeficiente de absorción por capilaridad

- Las discontinuidades de cualquier tipo conducen preferentemente al ascenso capilar.
- $CI < 100 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$  en zonas de zócalos y salpicaduras.
- $CI < 150 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$  en zonas de relieves de fachadas.
- Este ensayo permite conocer **la facilidad con la que la humedad puede distribuirse por el paramento** y por lo tanto, los usos más adecuados para ese tipo de piedra.

## Ensayo de expansión hídrica

- El ensayo de *Expansión Hídrica* se utiliza para determinar el **incremento de volumen que experimentan las rocas al humedecerse**.
- No tiene norma UNE, pero es un ensayo importante para determinar qué **rocas no son materiales aptos para su instalación en exteriores**.
- Valores de expansión superiores al 0,006% (60 micras por cada 10 cm) presentan problemas en su instalación en exteriores. Los > a 0,1% son totalmente desaconsejables.

## Rocas ornamentales

# ENSAYOS DE COMPORTAMIENTO MECÁNICO

- RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.
- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.
- RESISTENCIA AL CHOQUE.
- MICRODUREZA KNOOP.
- RESISTENCIA AL ANCLAJE.
- RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTOS SIN PULIMENTO.



## Ensayos de comportamiento mecánico

- Los ensayos de comportamiento mecánico **cuantifican las propiedades mecánicas** de las rocas ornamentales.
- Estas propiedades se refieren al **comportamiento de los materiales pétreos sometidos a esfuerzos mecánicos de diferentes tipos**.
- Contribuyen a determinar los **daños físicos irreversibles** que pueden sufrir las rocas en edificios a **partir de determinado nivel de tensiones**.
- Los ensayos **determinan tanto la resistencia de la roca ante los esfuerzos mecánicos como su dureza y cohesión**.

## Ensayos de comportamiento mecánico

- La **Dureza** de una roca es la **resistencia que opone a adquirir una deformación permanente, y es el resultado de la dureza de sus componentes minerales y del grado de cohesión entre ellos**, por lo que está directamente relacionada con la densidad, la resistencia a la compresión y la elasticidad del material. Esbert *et al* (1997).
- **Factores que influyen en los ensayos de comportamiento mecánico:**
  - INTRÍNSECOS: características petrográficas del material:
    - TEXTURA Y COMPOSICIÓN MINERAL.
    - GRADO DE ALTERACIÓN.
    - POROSIDAD.
  - EXTRÍNSECOS: los que están supeditados de las condiciones bajo las que se realizan los ensayos:
    - TAMAÑO Y FORMA DE LAS PROBETAS.
    - CONTENIDO EN AGUA.

## Resistencia a la flexión

- La información sobre los posibles problemas de fractura en la instalación de una roca cuando está sometida a cargas mayores de las que puede soportar se obtiene del ensayo de **Resistencia a la flexión**, en el que se **determina la capacidad de una roca sometida a una carga para deformarse antes de la ruptura**.



- Importante en cubiertas, dinteles, peldaños de escalera, revestimientos exteriores con presencia de viento.
- **Bajo**  $< 100 \text{ Kg/cm}^2$  (areniscas).
- **Medio**  $100\text{-}200 \text{ Kg/cm}^2$  (granitos, calizas).
- **Alto**  $> 200 \text{ Kg/cm}^2$  (pizarras).

## Resistencia a la compresión simple

- Para evaluar la capacidad de una roca para **soportar cargas importantes y cumplir con las funciones estructurales que demanda la edificación**, se utiliza el ensayo de (*Resistencia a la compresión*).
- Factores como la **composición mineral, textura, porosidad de la roca o tamaño y forma de las probetas** condicionan los resultados de este ensayo.
- El **contenido en agua o el grado de meteorización** afectan positiva o negativamente al comportamiento de las rocas.
- Una roca seca ofrece mayor resistencia que la misma roca saturada.
- Una roca con alto grado de meteorización presenta menor resistencia mecánica que una roca sana.



### Resistencia a la compresión simple



- Basaltos o cuarcitas: superan los 200 MPa.
- Tobas y rocas muy meteorizadas tienen una resistencia muy baja (< 25MPa).

## Resistencia a la compresión simple



## Rocas ornamentales

Nombre comercial de la roca (clasificación petrológica)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la flexión (MPa)
Dorado Perla (granito de dos micas con cordierita)	136,0	10,0
Negro Villar (diabasa)	217,0	38,0
Caliza crema Escobedo (biomicrita)	124,45	7,82
Travertino Ágata-Madera (travertino)	67,99	1,29
Verde Pirineos (serpentinita)	34,45	5,92
Pizarra del Alto Bierzo (pizarra)	49,59	100,69
Arenisca Ojo de Perdíz (ortocuarcita)	35,69	6,08

## Microdureza Knoop

- El ensayo de ***Microdureza Knoop***, mide la resistencia de la roca a ser penetrada por una punta de diamante tallada en forma de pirámide.
- Se puede conocer la **durabilidad del pulido en una roca** así como la cohesión superficial de la misma.
- Poco útil en rocas heterogéneas.
  - Bajo < 1000 MPa.
  - Medio 1000-2500 MPa.
  - Alto > 2500 MPa.
- Se mide la longitud de la diagonal mayor de cada una de las huellas resultantes.

## Resistencia al choque

- La calidad de una roca como material utilizable en pavimentos se estima mediante el ensayo de ***Resistencia al choque*** en el que se comprueba la **resistencia a la rotura de una muestra de roca por el efecto de la caída de un peso vertical sobre la misma.**
- Este ensayo determina las rocas que pueden ser colocadas en pavimentos donde es frecuente el impacto de objetos: solados, peldaños de escaleras, encimeras o mostradores.



Tema 5. Tipos y génesis de las rocas ornamentales. Características y propiedades de la rocas ornamentales



## Resistencia al anclaje

- En el caso de revestimientos de interior o exterior, sobre los que se vayan a aplicar anclajes, es recomendable determinar **el valor de la carga de rotura que una placa de roca puede soportar en los agujeros de anclaje a un paramento**, determinando así el **espesor mínimo que ha de tener la placa**. Para ello, se realiza el ensayo de *Resistencia al anclaje*.
- Recomendado para revestimientos interiores o exteriores: calcular con precisión el tipo y la profundidad de inserción en función de la piedra y las características del edificio.

Variedad	Valores medios
Granitos	2.300 N
Mármoles y calizas	1.700 N
Areniscas	900 N



Tema 5. Tipos y génesis de las rocas ornamentales. Características y propiedades de la rocas ornamentales



<b>Nombre comercial de la roca (clasificación petrológica)</b>	<b>Resistencia al anclaje (N)</b>	<b>Resistencia al choque (cm)</b>
<b>Gris Ávila (granito biotítico, Ávila)</b>	<b>1926,71</b>	<b>63,75</b>
<b>Mármol del Bierzo (caliza marmorizada tableada, Villafranca del Bierzo)</b>	<b>1315,49-2524,52</b>	<b>71,25-102,5</b>
<b>Arenisca Ojo de perdiz (ortocuarcita, Soria)</b>	<b>493,16</b>	<b>42,50</b>
<b>Pizarra de Bernardos (pizarras-filitas, Segovia)</b>	<b>3979,16</b>	<b>118,75</b>
<b>Arenisca de Villamayor (arenisca fel despática, Salamanca)</b>	<b>1094,73</b>	<b>88,33</b>
<b>Piedra Maragata (cuarcita, León)</b>	<b>1441,08</b>	<b>95</b>

## Resistencia al deslizamiento sin pulimento

- El ensayo de ***Resistencia al deslizamiento sin pulimento*** está especialmente indicado para  **baldosas utilizadas en pavimentos exteriores e interiores**.
- Los resultados de este ensayo permiten definir el **acabado de un tipo de roca, para el cual la baldosa resultante no presente peligro de accidentes por deslizamiento**.



## Rocas ornamentales

# ENSAYOS DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

- HUMECTACIÓN Y SECADO.
- CRISTALIZACIÓN DE SALES.
- NIEBLA SALINA Y NIEBLA ÁCIDA.
- HELADICIDAD.
- CHOQUE TÉRMICO.
- RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.

## Ensayos de envejecimiento acelerado

- Con los ensayos de envejecimiento acelerado, se trata de evaluar la **resistencia o durabilidad de los materiales ante los principales agentes de deterioro**.
- Se consigue mediante la **reproducción, en laboratorio, de las distintas situaciones ambientales** a las que se pueden ver sometidos los materiales de construcción.
- Se denominan **“acelerados”** porque la reproducción de las agresiones ambientales en el laboratorio se realiza a una escala muy superior a la real, prediciendo comportamientos futuros y durabilidad de las rocas una vez utilizadas en construcción.

### Humectación y secado

- El *ensayo de **Humectación y secado*** permite evaluar la **calidad del material** para ser instalado en el exterior, en zonas de clima muy húmedo o bien, en partes de un edificio en las que la roca se va a ver sometida a alternancias de **estado seco y mojado**.
- Los **edificios** se ven sometidos a **cambios periódicos de humedad y sequedad** como consecuencia de la alternancia de **días secos y lluviosos**.
- **Ciclos de 24h:**
  - **1°**. Se sumergen las probetas en agua.
  - **2°**. Se secan las probetas en una estufa.
  - **3°**. Se dejan enfriar para evitar choques térmicos.
- Evalúa la calidad del material para ser **instalado a la intemperie**.

## Humectación y secado

- Materiales con arcillas: pueden mostrar fisuras ó pérdidas de material
- En las calizas puras pueden darse procesos de disolución (lentos, solo importantes cuando hay aguas agresivas).
- En algunos granitos, las biotitas pueden presentar oxidación.



## Cristalización de sales

- Caracteriza la resistencia de la roca al **deterioro físico que produce la acción de las sales**. Es importante para evaluar el **comportamiento del material que va a ser colocado en la parte baja de los edificios y en ambientes costeros**.
- En general, los materiales con una **red de poros de pequeño tamaño** pero mal comunicados entre sí, son los que sufren mayores daños, manifestados como pérdidas de material (disgregación, picado, pérdidas de partículas...).



## Niebla ácida y niebla salina

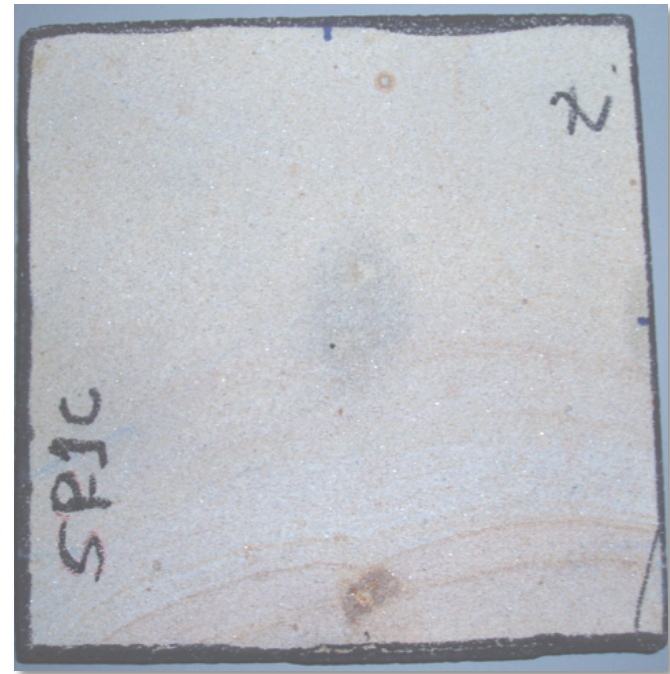
- La evaluación del **efecto de atmósferas fuertemente contaminantes** (industriales y/o urbanas, o costeras) sobre las rocas, se realiza mediante el ensayo de ***Niebla ácida y Niebla salina***.
- Con este ensayo se consigue información **sobre el comportamiento de la roca instalada en edificios de zonas urbanas** en las que el ambiente atmosférico es **fuertemente contaminante (niebla ácida)**, o bien, en **zonas próximas al mar (niebla salina)**.
- La reacción del  $\text{SO}_2$  atmosférico con los carbonatos de los materiales forma cristales de yeso que producen alteraciones en forma de disgregaciones, costras, etc.

## Heladicidad

- En climas fríos y húmedos, donde las temperatura pueden ser inferiores a 0°C, la calidad de una roca para ser utilizada en pavimentos exteriores, bordillo, adoquines, etc., se determina mediante el ensayo de ***Heladicidad***.
- En este ensayo se analiza el **efecto de las heladas sobre las rocas, cuando estas están saturadas en agua.**
- La realización de **ensayos de resistencia a la compresión antes y después de este ensayo** permite estimar la pérdida de resistencia del material con los ciclo hielo-deshielo.

## Choque térmico

- En ausencia de humedad, las variaciones de temperatura afectan muy poco a los materiales rocosos empleados en construcción.
- Sin embargo, la combinación humedad-oscilaciones térmicas sobre las rocas condiciona por una parte la ubicación de la misma y, por otra, la elección del tipo rocoso.
- La durabilidad de una roca en estas condiciones se evalúa mediante el ensayo de **Choque térmico**.
- Mediante este ensayo se conocerá también **si los componentes metálicos de la roca van a producir manchas de oxidación**. Para ello se simula el efecto de la lluvia sobre materiales sometidos previamente a insolación.



### Resistencia a la abrasión

- Determinación de la **velocidad de desgaste de la piedra frente al roce continuado** debido a pisadas o arrastre de objetos sobre su superficie.
- En piedra natural se hace **girar la probeta sobre una pista circular con abrasivo** al tiempo que se le aplica una presión constante.
- Determinar si una roca puede ser empleada como **baldosa** para **revestimientos exteriores**.



## Ensayos

- **Absorción de agua (%): mayor absorción implica mayor susceptibilidad a la degradación.** Bajo 0,1-1% (granitos, mármoles). Medio 1-2% (pizarras, calizas). Alto > 2% (travertinos, areniscas).
- **Resistencia al desgaste por rozamiento: mayor resistencia supone mejor comportamiento para pavimentos.** Bajo 0-2,5mm (granitos). Medio 2,5-8 mm (calizas, cuarcitas, pizarras). Alto > 8mm (areniscas, calizas).
- **Densidad: mayor densidad supone mejor comportamiento mecánico pero más carga sobre anclajes,** mayores problemas de transporte y colocación. Areniscas 2,0, granitos 2,6, mármoles 2,7, pizarras 2,8 (g/cm<sup>3</sup>).



## Ensayos

- **Resistencia a la heladicidad:** valores altos pueden impedir su uso en exteriores. Bajo 0-0,5%. Medio 0,5-1%. Alto > 1%.
- **Resistencia a compresión:** muy importante en caso de someter a la piedra natural a cargas elevadas. Alto 800-1500 Kg/cm<sup>2</sup> (granitos, mármoles). Medio 400-800 Kg/cm<sup>2</sup>. Bajo < 400 Kg/cm<sup>2</sup>.
- **Resistencia al anclaje:** valor de carga de rotura de una placa de piedra natural en los puntos de anclaje. Condiciona el espesor mínimo que ha de tener y por tanto el peso de los elementos de fachada. Bajo < 100 Kg/cm<sup>2</sup>. Medio 100-250 Kg/cm<sup>2</sup>. Alto > 250 Kg/cm<sup>2</sup>.
- **Resistencia a la flexión:** importante en cubiertas, dinteles, peldaños de escalera, revestimientos exteriores con presencia de viento. Bajo < 100 Kg/cm<sup>2</sup> (areniscas). Medio 100-200 Kg/cm<sup>2</sup> (granitos, calizas). Alto > 200 Kg/cm<sup>2</sup> (pizarras).
- **Resistencia al impacto:** relativamente importante en rocas utilizadas en solados, encimeras, etc. Bajo < 25 cm. Medio 25-150 cm. Alto > 150 cm.

## Ensayos

- **Módulo elástico:** relaciona la carga aplicada y deformación elástica. Importante en mampostería o sillería. Bajo  $< 150 \text{ Kg/cm}^2$ . Medio 150-450  $\text{Kg/cm}^2$ . Alto  $> 450 \text{ Kg/cm}^2$ .
- **Microdureza Knoop:** resistencia puntual. **Poco útil en rocas heterogéneas.** Bajo  $< 1000 \text{ MPa}$ . Medio 1000-2500 MPa. Alto  $> 2500 \text{ MPa}$ .
- **Choque térmico:** evalúa el **comportamiento ante los agentes atmosféricos.** La presencia de cambio de color, oxidaciones y chorreos puede impedir su uso en exteriores.
- **Resistencia al  $\text{SO}_2$  (pérdida de peso %):** se emplea para **evaluar el comportamiento en ambientes urbanos contaminados.** Bajo 0-1%. Medio 1-2%. Alto  $> 2\%$

## Ensayos aconsejables por uso

	RE	RI	PE	PI	PL
Densidad	XX	XX	XX	X	X
Absorción	XX	X	XX	X	X
R. Compresión	XX	X	XX	X	XX
R. Flexión	XX	X	XX	XX	XXX
R. Choque	X		XXX	XX	XXX
R. Heladicidad	XXX	X	XXX	X	XX
R. Desgaste	X	X	XXX	XX	XXX
Choque térmico	XXX	X	XXX	X	XX

- RE: Revestimientos exteriores
- RI: Revestimientos interiores
- PE: Pavimentos exteriores
- PI: Pavimentos interiores
- PL Peldaños
  - XXX: Muy importante
  - XX: Importante

### Marcado CE

- El marcado CE indica que los productos son conformes **con las normas armonizadas elaboradas por el CEN (Comité Europeo de Normalización), por mandato de la Comisión de UE.**
- El Organismo que representa a España en el CEN es AENOR.
- **La evaluación de conformidad presupone:**
  1. **Que el fabricante dispone de un sistema de control de producción en fábrica** (que garantice la adecuación de la producción a las normas).
  2. **Que se han realizado** previa declaración y se realizan una **serie de ensayos** de Control que nos permite mantener y declarar unos valores.
- Tras esto, el fabricante realiza una **“declaración de conformidad”** y extenderá un **“etiquetado”** en su producto.

### Ideas importantes

La **pedra natural es un material heterogéneo**, utilizarla respetando su heterogeneidad es fundamental para tener éxito en su aplicación.

**“De gustos y colores no se debe discutir”**. Proverbio en latín.  
Realmente no se puede discutir sobre colores y sabores

Los decoradores de interiores llaman a la piedra natural **producto honesto**. Es naturaleza en toda su belleza. Lo que ve, es lo que hay.

Es importante conocer **las diferentes variedades de piedra natural que ofrece el mercado**.

Cada piedra natural presenta unos **usos en función de sus características**, su uso atendiendo exclusivamente a su color o textura, sin tener en cuenta sus características, puede dar lugar a problemas.



## Ideas importantes

- Para grandes obras es **imprescindibles garantizar el suministro** de la variedad seleccionada.
- Los **laboratorios especializados** garantizan el cumplimiento de las necesidades de la piedra natural.
- Es fundamental **conocer y entender la normativa** existente para aplicarla en el proceso de selección y poder **asegurar la calidad del material utilizado** y que cumple con los requisitos establecidos en el pliego de condiciones de suministro.
- La **puesta en obra** es una parte fundamental del uso de la piedra en la arquitectura.
- Muy importante su **correcto dimensionamiento** y un **sistema de colocación adecuado**.

## Usos y aplicaciones

- Obra Civil = 5%
- Arte Funerario = 7%
- Decoración = 7%
- Revestimientos Exteriores = 22%
- Revestimientos Interiores = 14%
- Albañilería = 6%
- Techado = 3%
- Solado = 36%





## Usos y aplicaciones



## **Rocas ornamentales**

# **ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

- **ULTRASONIDOS.**
- **TOMOGRFÍA AXIAL COMPUTERIZADA.**

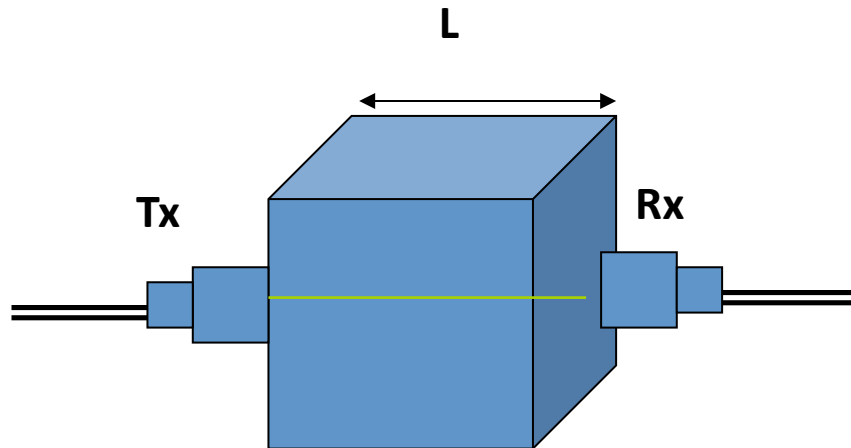
### Método de ultrasonidos

- **Basado en:** la propagación de ondas en un medio natural.
- **VENTAJAS:**
  - Sólo necesita una única medida para obtener un valor representativo.
  - No es un ensayo destructivo lo que permite conservar intacta la roca.



## Método de ultrasonidos

- Medición del tiempo que emplea un impulso ultrasónico (frecuencia entre 20 y 150 kHz) al recorrer la distancia entre el transductor emisor Tx y un transductor receptor Rx, ambos acoplados a la muestra que se está estudiando.
- La velocidad de transmisión o propagación es = distancia entre transductores (L) / tiempo de tránsito (t).



$$V = L / t$$

## Método de ultrasonidos

Roca	Valores de Vp (m/s)
Granito	3000-5000
Basalto	4500-6500
Gabro	4500-6500
Arenisca	1400-4000
Caliza	2500-6000
Mármol	3500-6000
Cuarcita	5000-6500
Pizarra	3500-5500

**Tabla IX.** Rango de valores de Vp en diferentes tipos rocosos.  
 Vp: ondas primarias u ondas longitudinales.

## Tomografía axial computerizada (TAC)

- La tomografía axial computerizada de rayos-X (TAC) es actualmente una técnica ampliamente usada en el estudio de las rocas debido a que permite la inspección de su estructura interna de una manera no destructiva y la cuantificación indirecta de algunas de sus propiedades básicas.
- la tomografía es la técnica de obtener diferentes imágenes de cortes de un objeto, de manera que se puede apreciar su estructura interna.
- La TAC aprovecha la diferencia que existe en la atenuación producida por diferentes materiales sobre los rayos-X que los atraviesan.

## Tomografía axial computerizada (TAC)

- La TAC es una herramienta de gran utilidad en el análisis de núcleos debido a que permite una identificación práctica y no intrusiva de tipos de rocas, lo que contribuye a una mejor elección de las zonas para extraer tapones y a una mejor caracterización estática de los yacimientos.
- De igual manera, su capacidad de visualizar el interior de las muestras permite tener un registro digital de los núcleos incluso en su estado de preservación.

# Tomografía axial computerizada (TAC)

**Un tomograma es una “imagen física” del interior de un cuerpo.  
Un mapa en falso color de los diversos valores de la propiedad física utilizada, en la figura la velocidad de propagación de ondas P.**



## Rocas industriales y ornamentales

# GRANITOS

## Rocas industriales y ornamentales

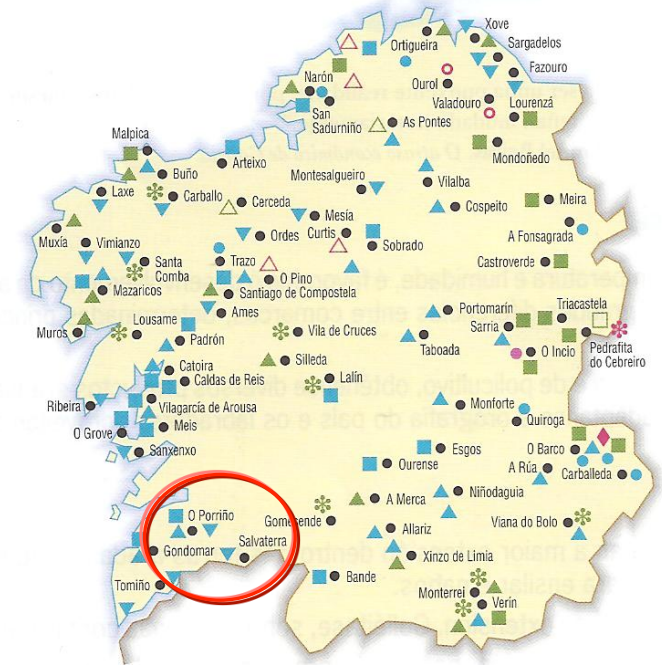


## Granitos

- **Granito (científico):** roca ígnea plutónica ácida.
- **Granito (comercial), según la norma UNE-EN 12670: piedra natural y compacta y que admite el pulido,** utilizada en decoración y construcción que fundamentalmente consiste en minerales con una dureza entre 5 y 7 en la escala de Mohs, tales como el cuarzo y el feldespato. El término incluye otras rocas plutónicas, rocas volcánicas con estructura porfídica, y rocas metamórficas con una composición mineralógica similar a la de los granitoides tales como el gneis.
- Se explotan en forma de **bloques** de naturaleza coherente, y aprovechan sus propiedades estéticas como elementos decorativos, siendo posible la **aplicación de diferentes acabados superficiales** (serrado, pulido, abujardado, apomazado, etc.), que les confieren **distintos aspectos**.

## Posa porriño

- El macizo de **O Porriño** se localiza en la parte SO de la provincia de Pontevedra (Galicia) y con una morfología subcircular se extiende unos 25 km en la dirección N-S con anchuras que varían entre 15 km al norte y 10 km al sur.
- La variedad "**Rosa Porriño**" se extrae en la **concesión de explotación Benedicta** (nº 1544) situada en la parte noroccidental del macizo, ocupando una **superficie de 6,8 km<sup>2</sup>**. Las explotaciones (39 canteras) están concentradas en un área de unos 2 km<sup>2</sup> en la parte oeste de la concesión
- Del yacimiento "**Rosa Porriño**" se extrae granito ornamental en bloques, piedra de construcción y áridos de machaqueo, fundamentalmente para hormigones. La roca ornamental se destina tanto al mercado nacional como internacional, comercializándose en un gran número de países (obras emblemáticas realizadas con este granito son, entre otras, el Ayuntamiento de Tokio y la sede del Parlamento Europeo en Bruselas).



## Posa porriño

### Características físico-mecánicas:

- Resist. mecánica a compresión  $1.149 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Resist. mecánica a flexión  $119 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Resist. a las heladas  $0,04 \%$ .
- Resist. al desgaste  $1 \text{ mm}$ .
- Resist. al choque  $55 \text{ cm}$ .
- Masa volúmica  $2.610 \text{ Kg/m}^3$ .



Fuente: Rosa Porriño. Ayuntamiento de Tokyo.



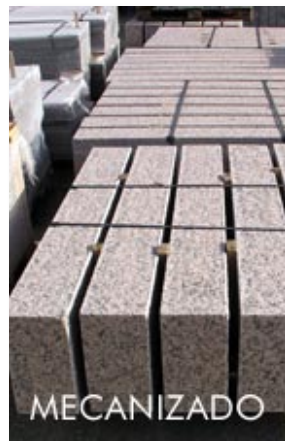


**PERPIAÑO:** unidades **cuadradas de dimensiones variables**, que pueden ser toscas o mecanizadas, siendo su principal aplicación la construcción de casas unifamiliares, cierres de fincas, etc.

**BLOQUE:** unidades **cúbicas de dimensiones variables** de los que se parte para realizar tableros o planchones.



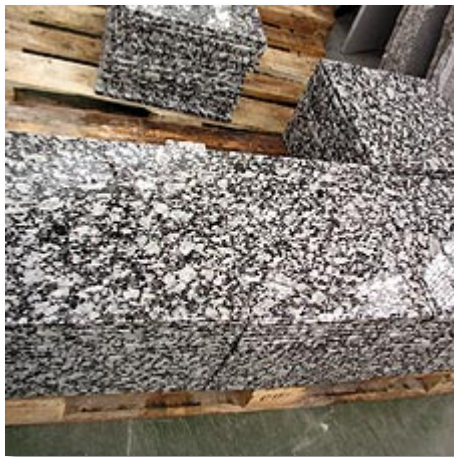
**MAMPOSTERÍA:** unidades **cúbicas de dimensiones irregulares**, siendo su principal utilidad, la realización de muros y escombreras.



**MOLDURA:** unidades lineales de diferentes formatos y acabados siendo su principal aplicación la realización de cornisas, antepechos y recercados de ventanas, etc.



**BALDOSAS:** piezas de diferentes formatos y espesores que se realizan partiendo de tableros.



**TABLA:** tablas de granito con espesor menor de 6 cm.



**PLANCHÓN:** tableros de granito con espesor mayor de 6 cm.



## Granito: clasificación

La clasificación de los granitos de forma comercial se basa en criterios: **color, textura, el lugar de procedencia, etc.:**

- **Granitos claros (grises, blancos y azulados)** corresponden con los granitos más comunes y abundantes.
- **Granitos negros**, corresponden con rocas plutónicas y volcánicas, que presentan tonalidades oscuras.
- **Granitos de colores especiales (rosa, verde, azul, etc.)**, corresponden con **variedades más raras de granitos, o con zonas de extensión restringida dentro de yacimientos mayores**. En estos casos el color se debe a la abundancia de **algún mineral**, normalmente poco o nada presente, que le proporciona esa tonalidad a la roca.

## Granito: clasificación

### En base a la textura: dos grupos distintos:

- **Textura de grano medio a grueso**, con alto grado de homogeneidad. Da lugar a una masa de cristales uniformes.
- **Textura porfídica**, donde abundan minerales mas grandes que el resto, y que pueden estar orientados.

## Granito: factores geológicos

### Factores geológicos que afectan al granito:

- **Defectos composicionales:**
  - Presencia de sulfuros de hierro: manchas de oxidación.
  - Presencia de enclaves (gabarros).
- **Anisotropías texturales:**
  - Bandeado composicional.
  - Masas pegmatoides.
  - Minerales orientados.
- **Estructuras de deformación.**
- **Porosidad.**
- **Alteración superficial (arenización).**



## Granito: factores geológicos

### Factores litológicos que controlan la calidad:

- **Impresión visual:**

- Impresión cromática.
- Tamaño y forma de los granos y textura de la matriz.

- **Color:**

- Composición mineralógica.
- Color de los minerales, especialmente de los feldespatos.
- Transparencia del cuarzo.
- Iridiscencia de los feldespatos (labradorescencia).



# Granito: factores geológicos

## Factores litológicos que controlan la calidad:

### • Homogeneidad:

- Gabarros (clots) y cavidades miarolíticas.
- Schlieren y otras estructuras de flujo magmático.
- Estructuras de flujo-deformación: orientación de megacristales.
- Migmatización.

### • Alterabilidad:

- Sulfuros de hierro.
- Microfracturación y porosidad: episienitización.
- Composición química (na, K, ca, mg).
- Composición mineralógica y deterioro mineral.

## Granitos en España



### GRANITOS EN ESPAÑA

Son numerosas las variedades: Albero (Cáceres), Verde Joya (Huelva), Rosavel (Orense), Gris Los Santos (Salamanca) o el internacional Rosa Porriño (Pontevedra), y muchos más.

## Granitos: aplicaciones

- **Revestimientos:**
  - R. Exteriores (aplacados de fachadas y cubiertas de granitos).
  - R. Interiores (chapados verticales y revestimiento de techos).
- **Pavimentos:**
  - Interiores.
  - Exteriores.
- **Mampostería.**
- **Otros usos y decoración.**



## Granitos: aplicaciones





## Extracción del granito

- **Técnicas de arranque.**
- **Técnicas primitivas:** hogueras, cuñas de madera.
- **Técnicas tradicionales:**
  - Perforación y voladura.
  - Corte con disco diamantado.
  - Lanceta térmica.
  - Hilo diamantado.
- **Nuevas técnicas:**
  - Corte con chorro de agua.
  - Corte con rayos láser.
  - Productos expansivos.



# Elaboración del granito

- **Transporte de los bloques de la cantera al telar.**
- **Aserrado en telares multiflejes:**
  - Flejes + granalla + agua + cal.
  - Obtención de planchas, lavado.
- **Movimiento de las planchas por ventosas.**
- **Acabado de superficies de las planchas:**
  - Arenado, apomazado, pulido, flameado...
- **Dimensionado:** corte con sierras de disco
  - Obtención de piezas comerciales.
  - Acabado final: entalladuras, cantos...

## Características macroscópicas del granito

- **Aspecto estético:** depende de la estructura, mineralogía y textura.
  - Estructuras:
    - Diaclasas: condicionan el tamaño de los bloques.
    - Lineaciones: condicionan las superficies de corte.
    - Diques, enclaves, schierens: influyen en el valor estético y económico.
  - Mineralogía: influye en el color:
    - Proporción de minerales claros u oscuros condiciona la luminosidad.
    - El tono de los minerales condiciona el color de la roca (ej.: Rosa Porriño).
  - Textura: modifica el aspecto estético:
    - Tamaño de grano (fino, medio, grueso, muy grueso).
    - Distribución granulométrica (equigranular, heterogranular, porfídica).
    - Forma de los minerales, bandeados composicionales, orientaciones.

## Rocas industriales y ornamentales

# MÁRMOLES

## Mármoles

- **Mármol (comercial):** roca compuesta predominantemente de calcita, dolomita e, incluso, serpentina y susceptible de adquirir pulido.
- **Norma UNE 22-180/85** define mármoles y calizas ornamentales como el conjunto de rocas constituidas fundamentalmente por minerales carbonatados de dureza Mohs del orden 3-4 (ej.: calcita, dolomita, serpentina), siempre que puedan obtenerse, mediante discos de diamante, probetas enteras de 12x5x1 cm como medidas mínimas.
- **Mármol (científico):** roca metamórfica:
  - Tipos (según UNE):
    - Mármoles.
    - Calizas y dolomías marmóreas.
    - Calizas ornamentales.
    - Otras (calcarenitas, serpentinitas, etc.).



## Mármoles

MÁRMOL	CALIZA
Grano grueso	Grano fino
Cristales visibles a simple vista	Cristales no perceptibles a simple vista
Aspecto del corte sacaroideo	Aspecto del corte denso
Translúcido en los bordes	No translúcido en los bordes
Sin cavidades	Ocasionalmente con cavidades
Sin fósiles	A menudo con fósiles

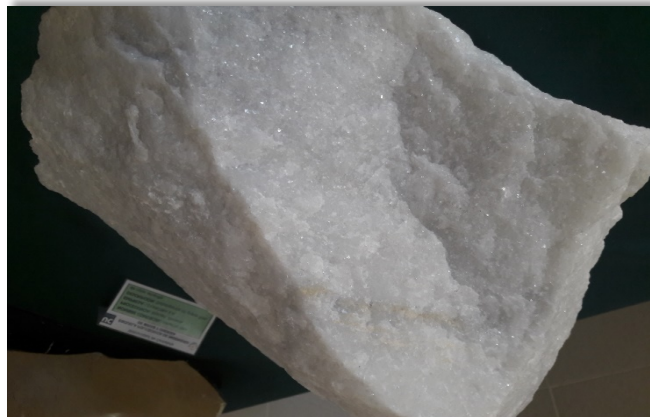
## Mármoles

### Tipos (según UNE):

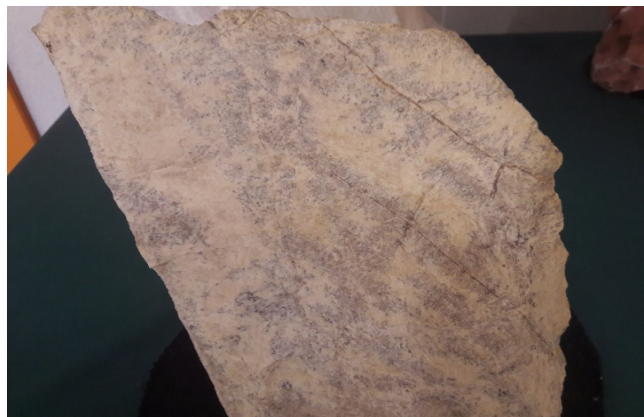
- **Mármoles:**
  - Metamórficos; **muy recristalizados**; aspecto masivo; sin fósiles.
- **Calizas y dolomías marmóreas:**
  - **Recristalización media o ligera**; pueden tener fósiles y estratificación; frecuentemente vénulas (calcita).
- **Calizas ornamentales:**
  - Mayoritariamente calcáreas, **poco o nada recristalizadas**, **frecuentemente fosilíferas**; y tamaño de cristal (grano) pequeño.
- **Otras (calcarenitas, serpentinitas, etc.).**

## Mármoles

### Metamórficos



### Calizas marmóreas



## Condiciones de los yacimientos de mármoles

- El yacimiento presentará buenas reservas.
- Bancos masivos de varios metros de potencia.
- Escaso diaclasado.
- Fenómenos de disolución poco penetrativos.
- Los mármoles auténticos pueden contener filosilicatos, en forma de bandeados que pueden proporcionar a la roca un aspecto original y presentar planos de debilidad.
- La arcilla puede acumularse en planos más o menos oquerosos (*secas*).
- El contenido en sulfuros de hierro perjudica la calidad del mármol.

## Factores geológicos que caracterizan un mármol

### DE LA ROCA:

- Composición.
- Color.
- Textura.
- Porosidad.
- Alteraciones.
- Impurezas.
- Vetas.
- Microfracturación.
- Costras y pátinas.

### DEL AFLORAMIENTO:

- Estratificación.
- Cambios de potencia o facies.
- Karstificación y/o meteorización.
- Plegamientos, cablagamientos.
- Fracturación.
- Brechificación.
- Metamorfismo.

## Extracción del mármol

### Técnicas de arranque:

- Primitivas: hogueras, cuñas de madera.
- Perforación y voladura.
- Corte con disco diamantado.
- Rozadoras de brazo.
- Hilo diamantado.
- Cuñas hidráulicas.
- Corte con chorro de agua.
- Corte con rayo láser.



## Características macroscópicas del mármol

**Aspecto estético:** depende de la estructura, composición y textura.

- **Estructuras:**

- Diaclasas: condicionan el tamaño de los bloques.
- Restos de estratificación: bandeados, veteados.
- Pliegues: Diferencias de espesor en flancos y charnelas.

- **Composición:** calcita/dolomita (alternancias no deseadas).

Componentes accesorios que influyen en el color:

- Blanco: mármol puro (calcita).
- Gris-negro: materia orgánica (grafito).
- Verde: clorita y otros silicatos.
- Rojo-rosado: hematites o carbonatos de Mn.
- Amarillo-crema: limonita.
- Veteado: minerales distintos.

- **Textura:** modifica el aspecto estético:

- Tamaño de grano (fino, medio, grueso).
- Orientación de los granos.

## Mármoles en España



### VARIEDADES DE MÁRMOLES EN ESPAÑA

Blanco Macael (Almería), Crema Loja (Granada), Negro Pinta (Badajoz), Negro Marquina (Vizcaya), Marrón Imperial (Sevilla), Verde Alga (Huelva), Gris Duquesa (Guipúzcoa), Rojo Cehegín (Cehegín), Crema Cenia (Tarragona) y muchos más.

## Usos principales del mármol

- **Obra civil.**
- **Albañilería.**
- **Solado.**
- **Revestimientos.**
  - Internos.
  - Externos.
- **Decoración.**
- **Arte funerario.**

