

Petrografía, propiedades físicas y durabilidad de rocas utilizadas en el patrimonio monumental de Cataluña, España (2.^a parte)

ROSA M. ESBERT (*); ROSA M. MARCOS (**); JORGE ORDAZ (*); MODESTO MONTOTO (*);
F. JAVIER ALONSO (*); LUIS M. SUAREZ DEL RIO (*); VICENTE G. RUIZ DE ARGANDOÑA (*);
LOPE CALLEJA (*) y ANGEL RODRIGUEZ REY (*)

Fecha de recepción: 5-XI-90

RESUMEN

Se realiza la descripción petrográfica y se determina una serie de propiedades físicas de distintas rocas utilizadas en el patrimonio arquitectónico de Cataluña, conocidas en el ámbito de las "rocas de construcción" con los nombres de piedra de Sant Vicenç, El Figueró y Manresa. Mediante ensayos de envejecimiento artificial acelerado se hacen predicciones sobre la durabilidad de las mismas.

SUMMARY

The petrographical description and the values of some physical properties of three rocks used in the Architectonic Heritage of Catalonia (Spain) are presented. These rocks are known, in the field of the "building stones" as Sant Vicenç, El Figueró and Manresa stones. By means of accelerated ageing tests, their durability is evaluated.

1. INTRODUCCIÓN

Como continuación del estudio de algunas piedras del patrimonio monumental de Cataluña, más concretamente de las piedras de Girona, Folgueroles y Vinaixa (1), se documentan ahora otras tres variedades rocosas utilizadas también como rocas de construcción: las piedras de Sant Vicenç, El Figueró y Manresa.

Asimismo, cabe señalar que estos materiales presentan notables puntos en común con los anteriores, tanto desde el punto de vista petrográfico, como de sus propiedades físicas y en su comportamiento frente a los agentes de alteración.

El objetivo de ambos trabajos es profundizar en el conocimiento de las características petrofísicas y en la durabilidad de estos materiales rocosos, de manera que permitan explicar las patologías presentadas por las piedras y sirvan de apoyo a la hora de tomar decisiones sobre su conservación.

La piedra de Sant Vicenç, al igual que la piedra de Girona, es una caliza nummulítica de edad eocénica (Biarritziense), que procede de las canteras de Castellgalí, en la comarca del Bages (Barcelona). Se trata de la piedra calcárea pulimentable de mayor producción y mejor comercialización de Cataluña. En las localidades de Sant Vicenç de Castellet, Centelles, Celrà, Girona y Amer se encuentran canteras de las que se extrae el mismo material, aunque con fósiles de mayor tamaño. Este tipo de roca se ha utilizado, por ejemplo, en la construcción del monumento al "Tambor del Bruc", en el término municipal de Collbató (Barcelona).

La piedra de El Figueró, como la de Folgueroles, es una arenisca feldespática, de color rojizo y de grano más fino. Pertenece a niveles triásicos (Buntsandstein), y se encuentran canteras activas de este material en la localidad de Tagamanent, en la zona del Vallés Oriental (Barcelona). Se ha utilizado en el Palacio Municipal de Deportes y en la Estación Marítima de Barcelona, en los puentes de la vía férrea cerca de la localidad barcelonesa de El Figueró, etc. En la actualidad se emplea como piedra de revestimiento, sobre todo para acabados rústicos.

(*) Dr. en Geología. Dpto. de Geología. Univ. de Oviedo.

(**) Licenciada en Geología. Dpto. de Geología. Univ. de Oviedo

La piedra de Manresa es una roca carbonatada parecida a la de Vinaixa. Procede de los niveles del Eoceno medio y superior que se extienden por la comarca del Bages (Barcelona); existiendo diversas canteras en dicha región, muchas de ellas abandonadas. Esta piedra se ha utilizado en la construcción de la Seo de Manresa, y también con frecuencia en Barcelona: Hospital de San Pablo, Hospital Clínico, Sagrada Familia, etc.

Otros datos referentes a piedras ornamentales españolas y en particular de la caliza de Sant Vicenç, pueden verse en otras publicaciones (2, 3 y 4).

Las propiedades físicas se han determinado de acuerdo con las normas y recomendaciones expresadas en la 1.^a parte de este trabajo (1).

2. RESULTADOS OBTENIDOS

2.1. Caliza de Sant Vicenç

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

Caliza nummulítica de color gris y aspecto masivo microcristalino, en la que destaca la presencia de abundantes fósiles (nummulites). La roca es compacta, coherente y relativamente homogénea (Fig. 1).

Mineralogía

El componente esencial es la calcita, presentando también algo de dolomita y de cuarzo. En proporción mucho menor aparecen granos de cuarzo y minerales arcillosos.

De acuerdo con los análisis difractométricos realizados, el porcentaje de dichos componentes, dentro de la fracción superior a 2 μm , es el siguiente:

Calcita	94,3 %
Dolomita	3,4 %
Cuarzo	2,3 %

Textura

La textura es clástica, granosoportada, destacando en ella los restos fósiles de gran tamaño. Intersticialmente aparece matriz micrítica (Fig. 2).

Entre los componentes de mayor tamaño predominan los foraminíferos, mayoritariamente los nummulites, observándose también otros tipos (orbitoides, fusulinas...), así como restos de algas rojas. Su tamaño puede situarse alrededor de 2 mm. Estos foraminíferos están constituidos por calcita espática y, en más baja proporción, por calcita fibrosa, estando las cámaras más externas rellenas de micrita.



Fig. 1.—Aspecto macroscópico de la caliza de Sant Vicenç. Se diferencian algunos fósiles (foraminíferos) y, en disposición intersticial, la matriz.



Fig. 2.—Micrografía de la textura. Destacan los foraminíferos más o menos interpenetrados (1), y la matriz micrítica en los espacios intergranulares e intragranulares (2). (M.O.P., N.P.).

Como fase de unión entre los nummulites se presenta una matriz micrítica muy oscura e isótropa, lo que se atribuye a su pequeño tamaño de grano (Fig. 3). En algunas zonas esta matriz puede guardar relación con restos de algas. Esporádicamente se observan algunos granos de cuarzo de tamaño alrededor de 60 μm .



Fig. 3.—Aspecto de la textura en la que se aprecian diversas especies de foraminíferos. (M.E.B., 1 marcador = 100 μ m).

La roca presenta ligera orientación y un importante grado de compactación. En este sentido se observan estilolitos con notables pérdidas de materia debidas a disolución por presión, si bien muestran bajas concentraciones de insolubles, concordantemente con el alto grado de pureza de la roca en carbonatos.

En consecuencia, la roca presenta muy pocos espacios vacíos, que se localizan principalmente en las zonas intergranulares, junto a la matriz micrítica.

PROPIEDADES FÍSICAS

En la Tabla 1 se presentan los valores obtenidos para las propiedades físico-mecánicas de este material, junto con los correspondientes a los otros tipos rocosos estudiados.

La porosidad abierta —accesible al agua— de la caliza de Sant Vicenç es muy baja, lo que indica un alto grado de cristalinidad en la roca. Debido a tan baja porosidad (0,4 %), no ha sido posible obtener la curva de distribución pomométrica.

La capacidad de absorción de agua de esta piedra es, en consecuencia, muy baja. La figura 4 representa la variación del grado de saturación (Ss) con respecto al tiempo. En ella puede verse cómo la absorción es relativamente lenta, alcanzándose aproximadamente el 50 % de agua absorbida a las 9 horas de comenzado el ensayo, y el 90 % a las 81 horas.

En la figura 5 se representa la cinética de la evaporación de agua, pudiendo observarse que es necesario llegar a períodos de tiempo altos (360 horas) para conseguir grados notables de secado en condiciones ambientales. Este hecho indica que, en desorción libre, este material presenta un poder de retención de agua moderado.

TABLA 1
Propiedades físicas de las rocas estudiadas

	SANT VICENÇ	EL FIGUERÓ	MANRESA
CM	HUE 2.5Y N6	HUE 10R 5/2-4/2	HUE 10YR 8/1-7/2
ρ_d	2.680	2.500	2.240
n_o	0,4	4,3	22,9
Wa	0,21 \pm 0,05	1,43 \pm 0,08	6,3 \pm 0,4
Wd	0,10 \pm 0,01	0,38 \pm 0,04	0,01 \pm 0,003
C	0,13 \pm 0,03	2,40 \pm 0,04	135,0 \pm 0,1
Kv	0,176	0,286	0,347
Rc	140 \pm 15	110 \pm 10	37 \pm 5
E	5,2 \times 10 ⁴	1,7 \times 10 ⁴	1,6 \times 10 ⁴
U.M.M.	82	50	70
Vp	5.880 \pm 75	2.720 \pm 50	3.235 \pm 30

CM = Color (Munsell).
 ρ_d = Peso específico (kg/m³).
 n_o = Porosidad abierta (%).
 Wa = Absorción de agua en equilibrio (%).
 Wd = Desorción de agua en equilibrio (%).
 C = Coeficiente de absorción capilar (kg/m² · min^{1/2}).

Kv = Permeabilidad al vapor de agua (g/m² · 24h).
 Rc = Resistencia a la compresión (MPa).
 E = Módulo de elasticidad tangente (MPa).
 U.M.M. = Umbral de microfisuración mecánico (% Rc).
 Vp = Velocidad de propagación de ondas longitudinales (m/s).

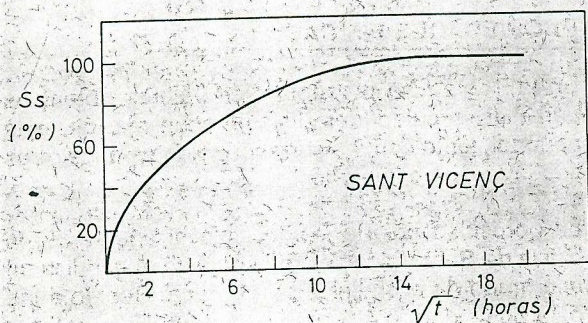


Fig. 4.—Absorción libre de agua: Grado de saturación (Ss) en función del tiempo (\sqrt{t}).

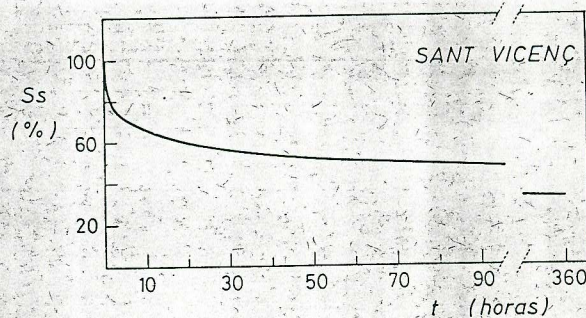


Fig. 5.—Desorción de agua: Grado de saturación (Ss) en función del tiempo (t).

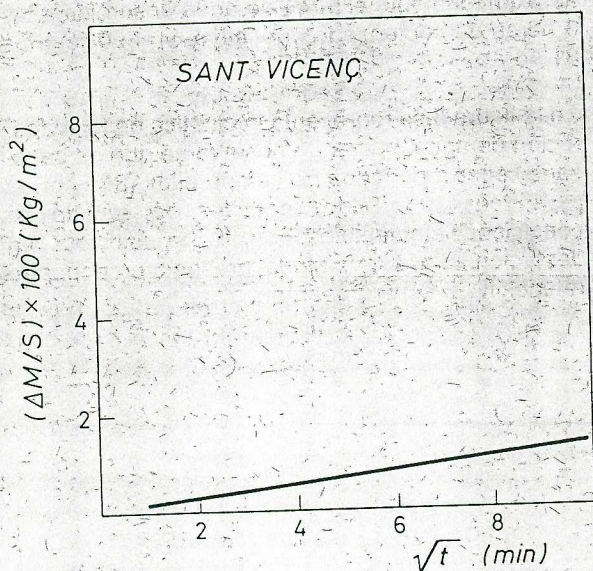


Fig. 6.—Absorción capilar: Incremento de masa por unidad de superficie ($\Delta M/S$) en función del tiempo (\sqrt{t}).

El coeficiente de capilaridad puede considerarse sumamente bajo, lo cual guarda relación con la baja porosidad de esta piedra. En la Fig. 6 puede verse la variación de masa por unidad de superficie en función del tiempo, manifestándose un comportamiento lineal que se mantiene durante el ensayo realizado.

El valor de la permeabilidad al vapor de agua es, en consecuencia, muy bajo; el más bajo de los obtenidos entre las distintas piedras estudiadas.

Las características mecánicas y elásticas determinadas (R_c y E) sitúan a la piedra de Sant Vicenç, según la clasificación de Deere y Miller (5), en el grupo BM (resistencia alta y módulo relativo medio).

La curva esfuerzo-deformación es plasto-elasto-plástica (Fig. 7), con un tramo plástico inicial que apenas alcanza el 10 % de la resistencia a la compresión de la roca.

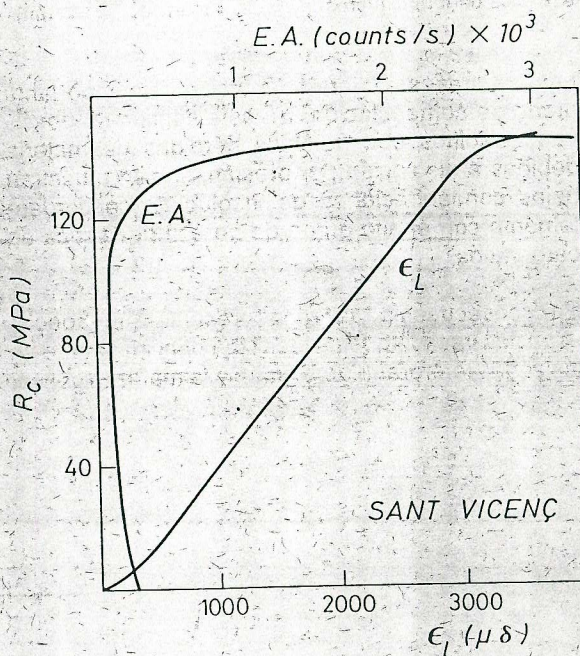


Fig. 7.—Curva esfuerzo-deformación, con emisión acústica.

El Umbral de Microfisuración Mecánica U.M.M. (es decir, el nivel de carga a partir del cual se inicia el desarrollo y/o creación de nuevas microfisuras) establecido mediante el registro de la emisión acústica, y expresado como porcentaje de la resistencia a la compresión, se localiza a niveles altos de resistencia (82 % de la R_c). El tipo de fractura final es por partición vertical.

ENSAYOS DE DURABILIDAD

Heladicidad

La pérdida de masa experimentada por esta piedra a lo largo de este ensayo es insignificante (0,01 % después de 30 ciclos).

Finalizado el ensayo, no se observa ninguna variación en el aspecto visual de las muestras.

Cristalización de sales

La pérdida de masa, con relación a la masa inicial de las muestras secas, es también insignificante (0,04 % después de 10 ciclos).

- Igualmente, no llega a apreciarse a simple vista deterioración superficial.

2.2. ARENISCA DE EL FIGUERO

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

Arenisca feldespática de color rojizo y aspecto granudo muy fino, en la que destaca la presencia de moscovita. La roca es muy homogénea, compacta y coherente (Fig. 8).

Mineralogía

El componente esencial es el cuarzo, presentando también feldespatos y, en menor proporción, calcita. Se observan filosilicatos (moscovita e illita) y óxidos de hierro. Entre los minerales accesorios destaca la turmalina.

Los porcentajes de dichos componentes, dentro de la fracción superior a 2 μm , son los siguientes:

Cuarzo	60,7 %
Feldespatos	26,4 %
Calcita	12,9 %

Textura

La textura es detrítica de grano fino, granosoportada, bien empaquetada, con distintos tipos de cemento (Fig. 9).

Los granos están constituidos mayoritariamente por cuarzo, feldespatos y calcita; su tamaño medio puede situarse alrededor de 200 μm . Los granos de cuarzoes suelen presentar extinción ondulante, observándose también cuarzoes policristalinos y algunos granos de chert. Los feldespatos son generalmente potásicos (microclina) y se encuentran bastante alterados. También son abundantes los granos de calcita y de óxidos de hierro. En menor proporción presenta moscovita.

La fase de unión entre los granos está constituida por cemento de cuarzo en continuidad óptica, así como por otros dos tipos de cementos: ferruginoso y carbonatado. En algunas zonas también pueden observarse minerales arcillosos —illitas— entre los granos (Fig. 10).

La roca presenta abundantes espacios vacíos, que se localizan principalmente en las zonas intergranulares y en la relación con la fracción arcillosa.



Fig. 8.—Aspecto macroscópico de la arenisca de El Figueró. Cabe destacar su color rojizo, el pequeño tamaño de grano y la homogeneidad textural.

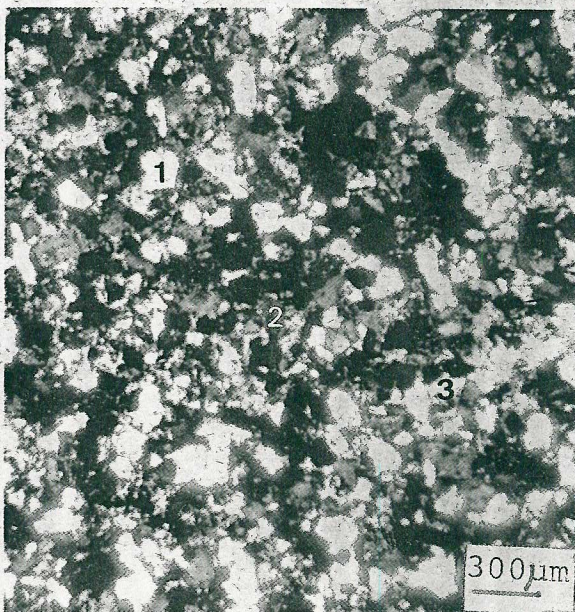


Fig. 9.—Micrografía de la textura. Pueden observarse los distintos tipos de granos: cuarzo (1), feldespatos (2) y calcita (3), así como el elevado grado de empaquetamiento. (M.O.P., N.C.).

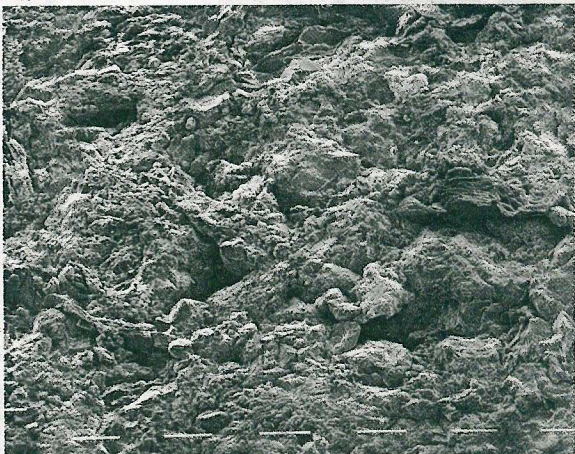


Fig. 10.—Aspecto de la textura. Puede observarse la morfología de los distintos tipos de granos. (M.E.B., 1 marcador = 100 μm).

PROPIEDADES FÍSICAS

La porosidad de esta piedra puede considerarse relativamente baja, dado el tipo de arenisca considerado.

El tamaño medio de poro se sitúa alrededor de $0,05 \mu\text{m}$, aunque la roca presenta una notable dispersión de tamaños (rango intercuartílico: $0,02$ a $0,2 \mu\text{m}$) (Fig. 11).

La capacidad de absorción de agua es baja, de acuerdo con el tipo de material. La figura 12 representa la variación del grado de saturación (S_s) con respecto al tiempo; en ella puede verse que la absorción es rápida, alcanzándose aproximadamente el 90 % de agua absorbida a las 9 horas de comenzado el ensayo y casi el 100 % a las 36 horas.

La cinética de la desorción de agua está representada en la figura 13. Puede observarse que es necesario llegar a períodos de tiempo relativamente largos (360 horas) para conseguir el máximo secado en las condiciones ambientales, lo cual

indica que, en desorción libre, este material presenta una moderada retención de agua.

El coeficiente de absorción capilar es bajo para este tipo de material. En la figura 14 puede verse la variación del incremento de masa por unidad de superficie en función del tiempo manifestándose un comportamiento lineal durante todo el ensayo.

La permeabilidad al vapor de agua de esta piedra corresponde a un valor intermedio, entre los obtenidos para los distintos materiales estudiados.

Los valores de resistencia a la compresión (R_c) y módulo elástico (E) sitúan a la arenisca de El Figuero en el grupo CL (resistencia media y módulo relativo bajo). La curva esfuerzo-deformación es plasto-elasto-plástica (Fig. 15), mostrando una importante deformación longitudinal que hace descender su módulo de elasticidad. A esta alta deformabilidad le corresponde una notable emisión acústica registrable desde el inicio del ciclo de carga, detectándose el U.M.M. en torno al 50 % de su resistencia (R_c). La fractura final es de tipo conoclástico.

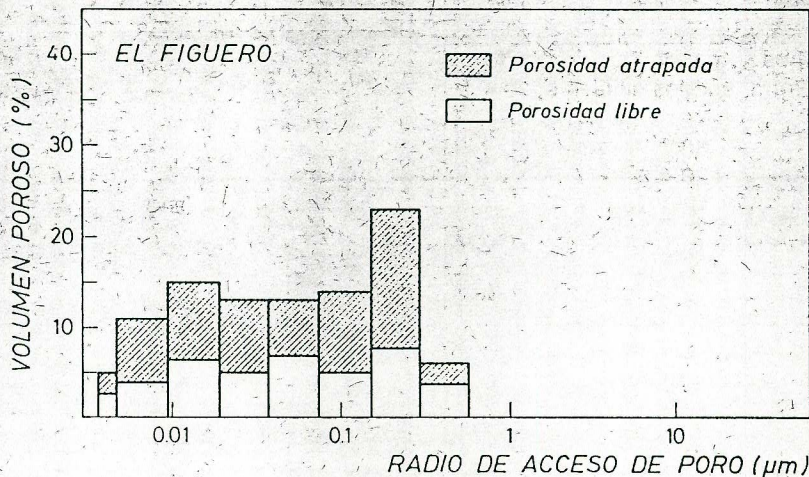


Fig. 11.—Distribución de tamaños de poro, obtenida mediante porosimetría por inyección de mercurio.

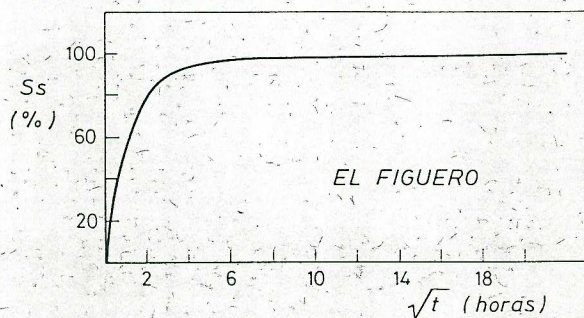


Fig. 12.—Absorción libre de agua: Grado de saturación (S_s) en función del tiempo (\sqrt{t}).

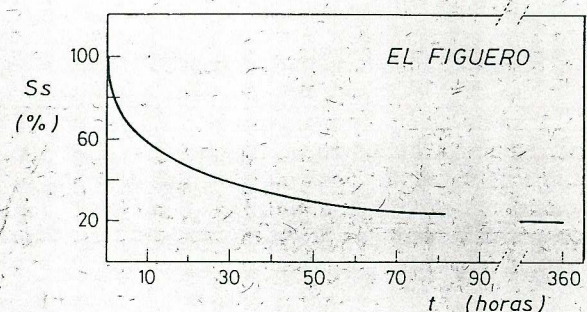


Fig. 13.—Desorción de agua: Grado de saturación (S_s) en función del tiempo (t).

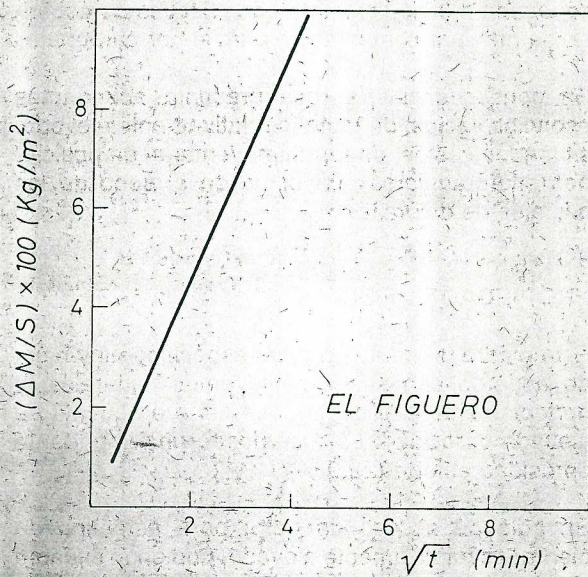


Fig. 14.—Absorción capilar: Incremento de masa por unidad de superficie ($\Delta M/S$) en función del tiempo (\sqrt{t}).

ENSAYOS DE DURABILIDAD

Heladicidad

La pérdida de masa para esta piedra es insignificante (0,2 % después de 30 ciclos).

Finalizado el ensayo no se observa ningún deterioro en las caras de las muestras a simple vista.

Cristalización de sales

La pérdida de masa también es insignificante, al finalizar los 10 ciclos realizados (0,05 % respecto al peso seco).

En concordancia con dicho resultado, no se aprecia a simple vista alteración en la superficie de las muestras.

2.3. CALIZA DE MANRESA

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

Roca carbonatada, de color gris claro y aspecto finamente granudo a cristalino. La roca es homogénea y coherente (Fig. 16).

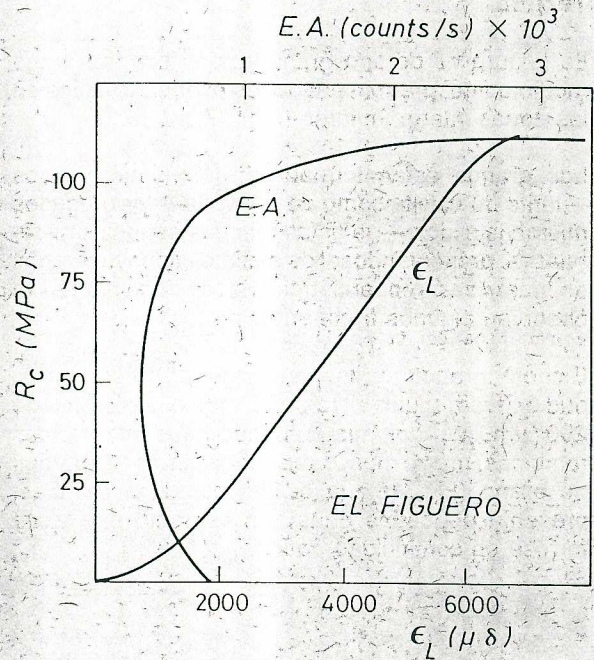


Fig. 15.—Curva esfuerzo-deformación, con emisión acústica.

Mineralogía

Los componentes principales y casi exclusivos de esta roca son la dolomita y la calcita. Presenta algunos granos de cuarzo, siendo de destacar la ausencia de minerales arcillosos.

Los porcentajes de dichos componentes, dentro de la fracción superior a 2 μ m, son los siguientes:

Dolomita	52,9 %
Calcita	44,0 %
Cuarzo	2,1 %

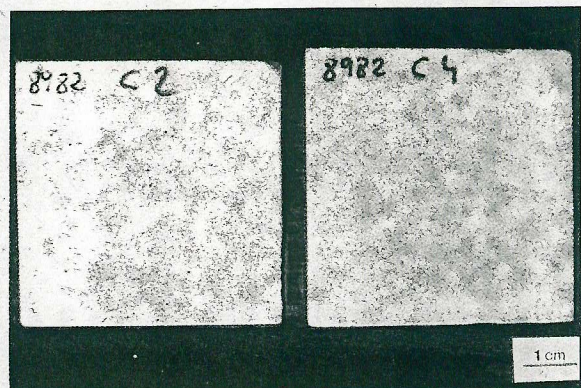


Fig. 16.—Aspecto macroscópico de la caliza de Manresa. Puede observarse la gran homogeneidad textural, así como la abundancia de poros.

Textura

La textura es de tipo granuda, detrítica, de grano medio a fino, predominando los espacios vacíos en las zonas intergranulares (Fig. 17).

Los granos están formados por cristales únicos —tanto de calcita como de dolomita— y agregados microcristalinos —de estas mismas especies minerales—, presentándose los distintos tipos de granos en parecidas proporciones. Excepcionalmente se observan algunos fragmentos de fósiles.

Dichos granos presentan ligera heterometría, pudiéndose situar el tamaño medio alrededor de 200 μm . La dolomía espática presenta formas rómbicas, más o menos redondeadas en los bordes de grano (Fig. 18); la calcita espática, a veces, presenta pequeñas orlas con cemento de calcita ferrosa en continuidad óptica.

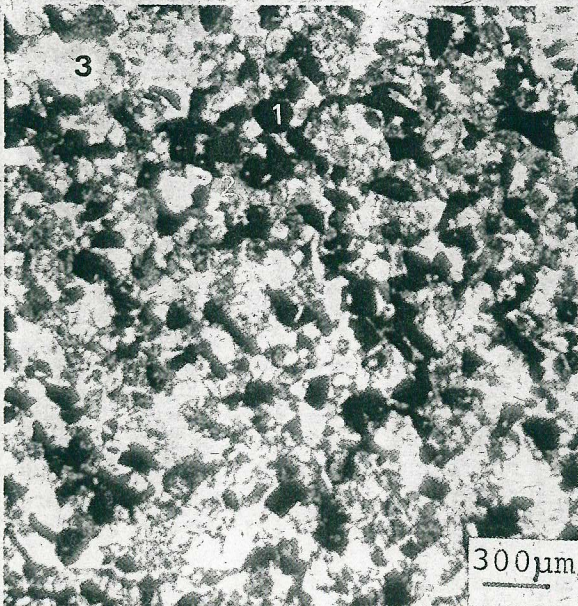


Fig. 17.—Micrografía de la textura. Destacan los granos carbonatados micríticos (1), y los espáticos (2), así como algunos granos de cuarzo (3), (M.O.P., N.P.).



Fig. 18.—Aspecto de la textura. Pueden observarse los distintos tipos de granos, así como los espacios vacíos intergranulares. (M.E.B., 1 marcador = 100 μm).

Normalmente los granos presentan contactos puntuales (Fig. 18), predominando los espacios vacíos en las zonas intergranulares. En algunas zonas, en relación siempre con cristales de esparita, se observa cementación parcial por carbonato.

En consecuencia, la roca presenta abundantes espacios vacíos, de tamaño relativamente elevado, situándose éstos, de forma mayoritaria, en posiciones intergranulares, así como en el seno de los cristales de dolomita.

PROPIEDADES FÍSICAS

Esta piedra presenta un peso específico muy bajo, de acuerdo con sus constituyentes minerales, y perfectamente explicable si se tiene en cuenta su elevada porosidad. La roca posee una importante porosidad abierta (22,9 %).

El radio de acceso de poro, para este tipo de piedra, es relativamente elevado, pudiendo situarse su valor medio alrededor de 5 μm , mostrando baja dispersión de tamaños (rango intercuartílico: 2 a 10 μm) (Fig. 19).

La capacidad de absorción de agua de esta roca es relativamente alta, pudiendo considerarse normal para este tipo de piedra. La figura 20 representa la variación del grado de saturación (Ss) con respecto al tiempo. En ella puede verse cómo la absorción es muy rápida en los primeros momentos del ensayo, alcanzándose aproximadamente el 70 % de agua absorbida en la primera hora tras comenzado el ensayo, para posteriormente hacerse más lenta y alcanzar el 98 % a las 196 horas.

En desorción, y para valores de equilibrio, esta variedad rocosa presenta bajo contenido en agua; así pues, su poder de retención de agua es muy bajo. La figura 21 muestra la cinética de la desorción de agua. Puede observarse que ésta es relativamente rápida, alcanzándose el máximo secado en condiciones ambientales en períodos de tiempo relativamente cortos (50 horas).

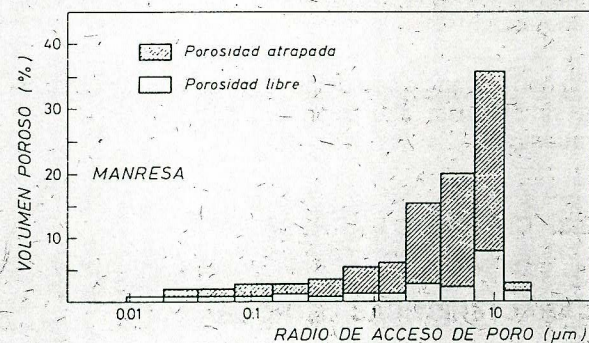


Fig. 19.—Distribución de tamaños de poro, obtenida mediante porosimetría por inyección de mercurio.

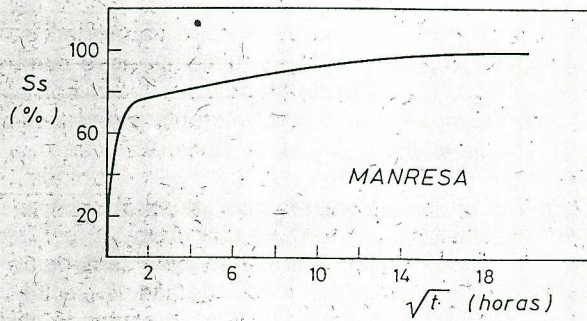


Fig. 20.—Absorción libre de agua: Grado de saturación (S_s) en función del tiempo (t).

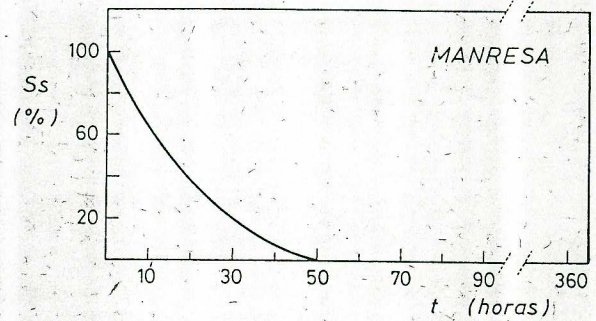


Fig. 21.—Desorción de agua: Grado de saturación (S_s) en función del tiempo (t).

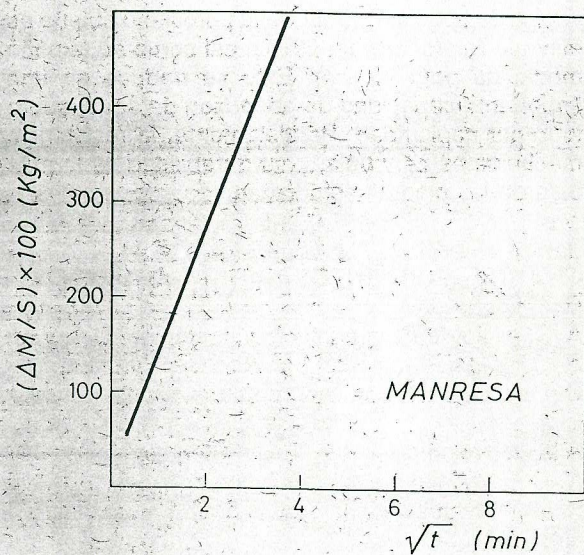


Fig. 22.—Absorción capilar: Incremento de masa por unidad de superficie ($\Delta M/S$) en función del tiempo (\sqrt{t}).

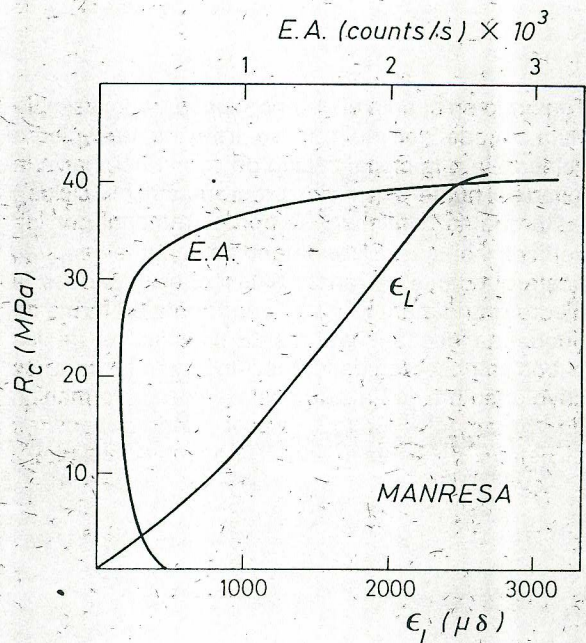


Fig. 23.—Curva esfuerzo-deformación, con emisión acústica.

El coeficiente de capilaridad es relativamente alto para este tipo de roca, y concordante con su elevada porosidad. En la figura 22 se muestra la variación de la masa por unidad de superficie en función del tiempo, observándose un comportamiento lineal que se mantiene todo el ensayo.

El valor de la permeabilidad al vapor de agua obtenido para esta piedra es relativamente alto, en relación a los resultados de los distintos materiales estudiados.

La caliza de Manresa pertenece al grupo DL (resistencia baja y módulo relativo bajo) dentro de la clasificación geomecánica de Deere y Miller, presentando un comportamiento deformacional plasto-elasto-plástico (Fig. 23). La fractura final se produce por cizalla simple o por conoclasia. El umbral de microfisuración, detectado a partir de la emisión acústica, se sitúa en torno al 70 % de la resistencia a la compresión.

ENSAYOS DE DURABILIDAD

Heladicidad

La pérdida de masa es despreciable al final de los ciclos hielo-deshielo realizados (0,06 % después de 30 ciclos).

A simple vista el deterioro tampoco es patente en la superficie de las muestras.

Cristalización de sales

Esta piedra experimenta una cierta pérdida de masa cuantificable al terminar el ensayo. Después de lavadas las muestras, las pérdidas se hacen más notables (2,9 % después de 10 ciclos).

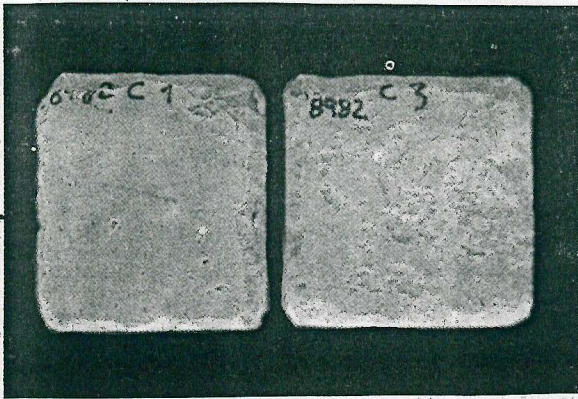


Fig. 24.—Aspecto de dos probetas de la piedra de Manresa después del ensayo de cristalización de sales, tras el lavado de las sales.

Teniendo en cuenta el deterioro observado a simple vista, puede decirse que se trata de una piedra vulnerable a la cristalización de sales; así, hacia la mitad del número de ciclos programados (10 ciclos), las probetas comienzan a perder material por los vértices y aristas. El fenómeno se acentúa después hasta quedarse sin aristas, descohesionándose la piedra grano a grano y posteriormente en forma de pequeñas desconchaduras. En las caras de los cubos se observan descamaciones y excoherencias cuyo paso previo ha sido casi siempre la formación de una ampolla. En la figura 24 puede observarse el estado de estas piedras una vez finalizado el ensayo.

3. CONCLUSIONES

La caracterización petrográfica, física, mecánica y alterológica, llevada a cabo sobre diversos materiales pétreos utilizados en el patrimonio monumental de Cataluña, facilita la comprensión de los comportamientos observados en obra, y permiten además establecer algunas similitudes entre ellos.

La caliza de Sant Vicenç es una caliza nummulítica, microcristalina, muy compacta y coherente. Presen-

ta una porosidad abierta muy baja (alrededor del 0,5 %), lo que justifica su escasa capacidad de absorción de agua, tanto en inmersión libre como por capilaridad, así como su baja permeabilidad al vapor de agua. Su resistencia a la compresión uniaxial es elevada. En consecuencia, es la que presenta mayor durabilidad de las rocas estudiadas.

La arenisca de El Figueró es una arenisca feldespática de color rojizo, grano fino y bien cementada (con cuarzo y óxidos de hierro, además de calcita). Su porosidad es baja (4,3 %), presentando un tamaño medio de acceso de poro de alrededor de 0,06 μm . En consecuencia, su capacidad de absorción de agua es baja, y su durabilidad elevada.

La caliza de Manresa, es una roca carbonatada (con similar proporción de calcita y dolomita), de textura detrítica, granuda, con abundantes espacios vacíos de tipo intergranular. La porosidad abierta es elevada (alrededor del 22 %), así como su tamaño medio de poro (5 μm). Esto se traduce en una importante capacidad de absorción de agua, sobre todo por capilaridad. Paralelamente, la resistencia mecánica es muy baja, y su durabilidad es la más baja de las piedras estudiadas.

4. AGRADECIMIENTOS

Al Servicio de Patrimonio Arquitectónico, Dirección General de Patrimonio Cultural, Departamento de Cultura de la Generalidad de Cataluña.

A la Comisión de Investigación Científica y Técnica (CICYT), Ministerio de Educación y Ciencia, Proyecto 485/88, titulado "Materiales pétreos de construcción utilizados en el patrimonio monumental de Cataluña".

Al Dr. Vicenç Bonet i Ferrer, Catedrático de Materiales del Depto. de Construcción de la E.T.S. de Arquitectura de Barcelona, quien ha facilitado los datos referidos a las canteras y al Dr. Miguel Gich del Departamento de Geología Dinámica de la Universidad de Barcelona por su colaboración en la datación geológica de los materiales estudiados.

5. BIBLIOGRAFIA

- (1) ESBERT, R. M.; R. M. MARCOS; J. ORDAZ; M. MONTOTO; L. M. SUAREZ DEL RIO; V. G. RUIZ DE ARGANDOÑA; L. CALLEJA; F. J. ALONSO y A. RODRIGUEZ-REY (1989): "Petrografía, propiedades físicas y durabilidad de algunas rocas utilizadas en el patrimonio monumental de Cataluña, España". *Materiales de Construcción*, 214, pp. 37-47.
- (2) I.G.M.E. (1985): "Mármoles españoles". Edita I.T.G.E., Madrid.
- (3) I.G.M.E. (1976): "Monografías de rocas industriales. Rocas calcáreas sedimentarias". Edita I.T.G.M., Madrid, 76 p.
- (4) ROC MAQUINA (1989/90): "Anuario de piedras naturales". Edita Roc Máquina, S.A., Bilbao, 494 p.
- (5) DEERE, D. U. y R. P. MILLER (1966): "Engineering classification and index properties for intact rock". Tech. Rept. N. AFWL-TR-65-116, Air Force Weapons Lab., Kirtland Air Force Base, Nuevo Méjico, USA.

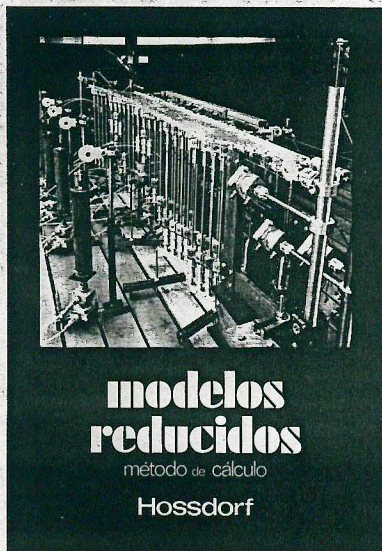
NOTA

En relación con la 1.^a Parte de mi trabajo, deben hacerse algunas correcciones respecto a la edad de los materiales. Así, la piedra de Girona es una caliza nummulítica del Eoceno medio (Luteciense), y la piedra de Vinaixa o de La Floresta es del Oligoceno inferior lacustre (Sannoisiense).

Agradecemos en este sentido las informaciones facilitadas por el Dr. M. Gich del Departamento de Geología Dinámica de la Universidad de Barcelona.

* * *

publicaciones del ICCET/CSIC



Modelos reducidos. Método de cálculo

H. Hossdorf, Ingeniero Civil

La técnica de los ensayos en modelos reducidos de estructuras sufre hoy día una decisiva metamorfosis. Hasta hace poco era un medio más bien de artesanía, que no siempre era tomado en serio por los académicos teorizantes para comprender el comportamiento resistente de las estructuras complejas y al que se acudió las más de las veces, como a un último remedio debido a sus indiscutibles insuficiencias. Sin embargo, en poco tiempo y gracias a su conexión con los ordenadores digitales, se ha transformado en un instrumento científicamente valioso, que no puede quedar a un lado en la práctica diaria del Ingeniero Projectista.

Un volumen encuadernado en cartón plastificado con lomo de tela, de 17 x 24 cm, compuesto de 250 páginas, 158 figuras y fotografías.



Cemento blanco

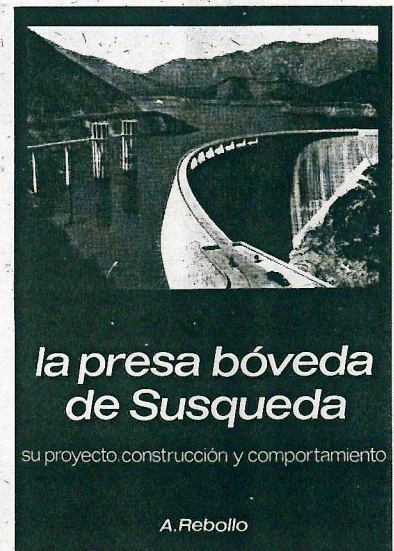
Julián Rezola
Ingeniero Químico Dipl. I. Q. S.

Sabido es que existe una extensa y documentada bibliografía sobre el cemento gris; en cambio, no puede decirse lo mismo acerca del cemento portland blanco, ya que los escritos existentes se refieren tan sólo a algunas peculiaridades que le distinguen de aquél.

El autor nos ofrece sus profundos conocimientos y su larga experiencia tanto en laboratorio como en fabricación.

La parte descriptiva del libro se complementa con gráficos, diagramas y fotografías de gran utilidad, destinados a conseguir la aplicación apropiada de este aglomerante.

Un volumen encuadernado en cartón policerado, de 17,4 x 24,3 cm, compuesto de 395 páginas, numerosas figuras, tablas y ábacos.



La presa bóveda de Susqueda

A. Rebollo,
Dr. Ingeniero de Caminos

El esfuerzo del constructor de presas se sitúa, por su pretensión de perennidad, a contracorriente de las tendencias de la civilización actual, caracterizada por lo fungible. Pueden evocarse las 10.000 grandes presas en funcionamiento o en construcción que están envejeciendo y reclaman los cuidados gerontológicos para mantener y perfeccionar su servicio y garantizar su inalienable pretensión de perennidad. En la medida en que todas nuevas obras, grandes o pequeñas, son portadoras de riesgos ecológicos y, a veces, catastróficos, que aumentan con el envejecimiento, la gerontología de las presas es todo un emplazo. La acción adelantada de Arturo Rebollo en este terreno marca un camino a seguir para todos los que aman su propia obra con la devoción paternal que él ha puesto en Susqueda.

Un volumen encuadernado en cartón plastificado con lomo de tela, de 18 x 24,5 cm, compuesto de 408 páginas, 330 figuras y fotografías y 39 tablas.