

# La Influencia de la Interfase Árido-Matriz (ITZ) en las Propiedades de Morteros de Cal

/ ANNA ARIZZI (\*), GIUSEPPE CULTRONE

Dpto. de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada. Avda. Fuentenueva s/n, 18002, Granada (España)

## INTRODUCCIÓN

En un mortero de cal aérea, la matriz está compuesta principalmente por portlandita o brucita, según la composición de la cal, y por calcita, como producto de carbonatación. Esta última fase va aumentando en concentración con la edad del mortero. Los áridos más comunes son de composición calcítica, silícea o dolomítica. Las características de los granos de árido influyen sobre todo en las propiedades mecánicas de un mortero, ya que el árido tiene la función principal de esqueleto en el mortero.

La interfase árido-matriz (ITZ, Interfacial Transition Zone) del mortero es la zona de contacto entre la matriz y los granos de árido que lo componen. En este trabajo se estudiará la influencia de esta interfase en el desarrollo de las propiedades de los morteros. Para ello, nos basaremos sobre observaciones morfológicas, análisis mineralógicos y ensayos físico-mecánicos realizados sobre morteros de cal calcítica elaborados en laboratorio.

## COHESIÓN Y SISTEMA POROSO DE LOS MORTEROS: INFLUENCIA DE LA TEXTURA DEL ÁRIDO

El estudio de morteros de cal aérea elaborados con áridos silíceo y calcítico ha permitido observar que la cohesión entre matriz y árido está principalmente influenciada por la textura de los granos del árido. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido (Carl Zeiss Leo-Gemini 1530) (Fig. 1), tomadas después de dos años desde la elaboración de los morteros, muestran como los granos de áridos silíceo, caracterizados por una superficie lisa y redondeada, no permiten una buena adhesión de las partículas de la matriz (Fig. 1a). Por otro lado, los granos de árido calcítico

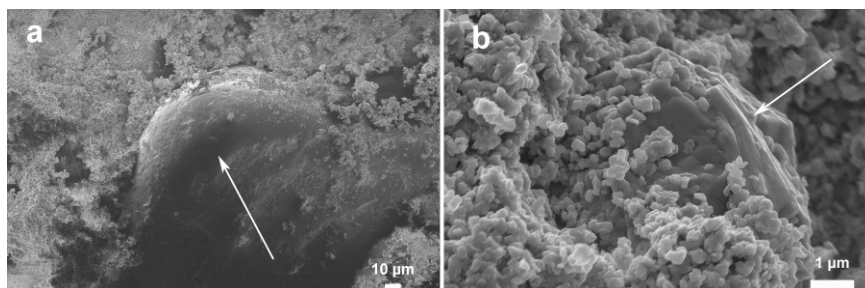


fig 1. Imágenes de microscopía electrónica de barrido de morteros de cal con áridos silíceo (a) y calcítico (b).

permiten una mejor cohesión, sobre todo gracias a su superficie rugosa (Fig. 1b) y afinidad composicional.

El análisis por porosimetría de inyección de mercurio (Micromeritics Autopore III 9410) muestra que la principal familia de poros en morteros de cal calcítica y árido calcítico está comprendida entre 0,1 y 1  $\mu\text{m}$  (Fig. 2a). Sin embargo, los morteros de cal calcítica elaborados con árido silíceo presentan otra familia más, con radio comprendido entre 1 y 10  $\mu\text{m}$  (flecha negra, fig. 2b). Estos poros de mayor tamaño se deben a la escasa cohesión entre matriz y granos de árido silíceo y a la consecuente formación de fisuras de retracción.

## GRADO DE CARBONATACIÓN DE LOS MORTEROS: INFLUENCIA DE LA MINERALOGÍA Y MORFOLOGÍA DEL ÁRIDO

El tipo de árido y su unión con la matriz

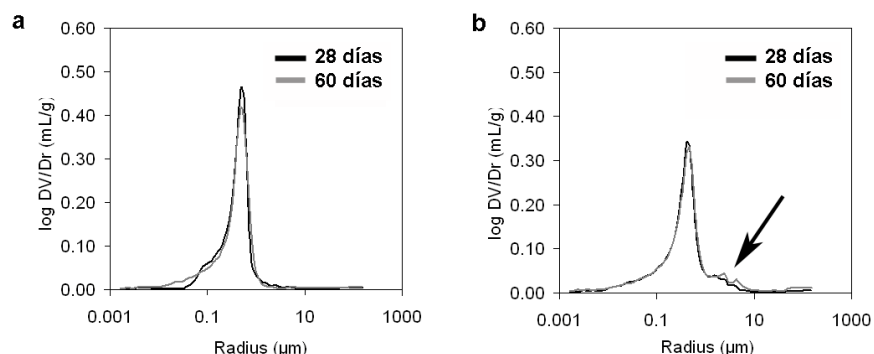


fig 2. Distribución de tamaños de poro en morteros de cal calcítica elaborados con áridos calcítico (a) y silíceo (b).

influyen, además, en la carbonatación de la cal. En efecto, se ha observado que la presencia de un árido calcítico da lugar a un grado de carbonatación mayor respecto al árido silíceo. Esto se debe no solo a la similitud en la composición entre la cal (calcítica) y el árido, sino también a la morfología del mismo. De hecho, la calcita de neoformación precipita más fácilmente en los sitios de nucleación con superficie rugosa (Fig. 1b) (Lanas y Alvarez-Galindo, 2003).

## PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS MORTEROS: INFLUENCIA DE LA PROPORCIÓN AGLOMERANTE-ÁRIDO

Una vez demostrada la influencia de la mineralogía y la morfología del árido en la adherencia, cohesión, carbonatación y retracción de morteros de cal, es interesante también considerar otro aspecto que influye en las características de la ITZ: la

proporción aglomerante-árido.

**Propiedades Hídricas**

Mediante ensayos de absorción de agua por inmersión y capilaridad se ha observado que los morteros ricos en cal están caracterizados por una mayor absorción de agua respecto a los morteros más ricos en árido. Esto se debe a que los morteros con una elevada cantidad de cal presentan una mayor porosidad capilar. Sin embargo, resultados opuestos se han encontrado mediante ensayos de permeabilidad al agua y al vapor de agua. En efecto, se ha observado que la conductividad hidráulica ( $K_h$ , en m/s) aumenta de forma exponencial con el incremento de la proporción de árido (fig. 3).

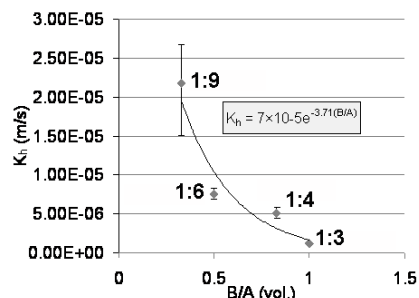


fig 3. Conductividad hidráulica en función de la proporción aglomerante-árido (B/A) en volumen de los morteros. 1:3 a 1:9 indican la proporción aglomerante-árido en peso de los morteros.

Estos resultados concuerdan con la observación general que el hormigón presenta valores de conductividad hidráulica más altos respecto a los obtenidos en pastas de cemento (es decir, hormigón sin árido) (Halamicckova et al., 1995). Además, estos datos confirman la importancia de la ITZ en la permeabilidad de los morteros (Scherer et al., 2007).

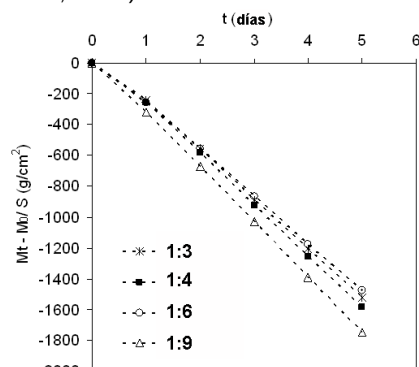


fig 4. Pérdida de peso de los morteros en función del tiempo, durante el ensayo de permeabilidad al vapor de agua. 1:3 a 1:9 indican la proporción aglomerante-árido en peso de los morteros.

De igual modo, se han obtenido valores

más altos de permeabilidad al vapor de agua en los morteros con mayor contenido en árido, como se puede observar en la pendiente de la curva correspondiente al mortero con proporción aglomerante-árido 1:9 (fig. 4). Una vez más, esto se puede relacionar con las características de la interfase entre árido y matriz. En efecto, se sabe que el  $CO_2$  difunde más fácilmente en la ITZ que en la matriz (Bourdette et al., 1995). Esto se debe básicamente a una menor tortuosidad de los poros presentes en esta zona, lo que favorece una mayor permeabilidad.

**Propiedades Mecánicas**

El estudio de las propiedades mecánicas de morteros preparados con los dos áridos antes descritos ha permitido observar que los morteros elaborados con árido calcítico tienen mayores resistencias mecánicas (Tabla 1). Además, se ha observado que los morteros más ricos en áridos están caracterizados por resistencias mecánicas más elevadas. Sin embargo, existe un límite después del cual, la ulterior adición de árido resulta en una pérdida de cohesión entre matriz y granos, con una consecuente pérdida de resistencias mecánicas (Arizzi et al., 2011).

Morteros	Propiedades mecánicas	
	$R_c$	E
CS1:3	1,05	373
CC1:3	1,13	501
CC1:4	1,56	624
CC1:6	1,34	569

Tabla 1. Valores medios de resistencia a compresión ( $R_c$ , en MPa) y Módulo de Young (E, en MPa) obtenidos después de 2 meses sobre tres probetas de cada mortero elaborado con cal calcítica y áridos silíceo (CS) y calcítico (CC) y con distintas dosificaciones aglomerante-árido en peso.

**Retracción Plástica**

El fenómeno de la retracción se debe a una reducción en volumen de la masa de mortero producida por una rápida evaporación de agua. En general, se observa que los morteros más ricos en cal están caracterizados por una mayor cantidad de fisuras de retracción. La medida de la variación dimensional de probetas de morteros de cal mediante un aparato medidor de retracción ha permitido observar que, si por un lado los valores iniciales de retracción (de las primeras 12 horas) siguen el comportamiento antes descrito, por otro lado se encuentran valores finales muy distintos a los esperados. En efecto, la

retracción al cabo de 7 días es más alta en los morteros 1:6 y 1:9, es decir los elaborados con mayores contenidos en árido (Tabla 2).

Proporción aglomerante-árido	Retracción final (%)
1:3	1,31
1:4	1,26
1:6	1,34
1:9	1,36

Tabla 2. Valores de retracción obtenidos después de 7 días de ensayo en morteros con distintas proporciones aglomerante-árido (en peso).

De nuevo, es probable que estos valores finales se deban a una más pobre cohesión en la ITZ de morteros ricos en áridos, mientras que los valores iniciales se deben, efectivamente, a la evaporación del agua en las primeras horas de secado.

**CONCLUSIONES**

En este trabajo se ha demostrado que las características de la interfase entre matriz y árido (ITZ) de morteros de cal tiene una influencia considerable en las morfología, textura, mineralogía y propiedades físico-mecánicas de estos materiales. Este trabajo demuestra la importancia de seleccionar cuidadosamente los materiales y las proporciones adecuadas para el diseño de morteros, lo que es posible solo gracias a un conocimiento detallado de los procesos de endurecimiento y características petrofísicas de los mismos.

**AGRADECIMIENTOS**

Los estudios resumidos en esta comunicación han sido financiados por el Grupo de Investigación RNM179 de la Junta de Andalucía y el proyecto de investigación P09-RNM-4905 de la Junta de Andalucía.

**REFERENCIAS**

Arizzi, A., Martínez Martínez, J., Cultrone, G., Benavente, D. (2011): *Key Eng. Mater.* **465**, 483-486.  
 Bourdette, B., Ringot, E., Ollivier, J.P. (1995): *Cem Concr Res* **25**, 741-751.  
 Halamicckova, P., Detwiler, R.J. Bentz, D.P., Garbocz, E.J. (1995): *Cem. Concr. Res.* **25**, 790-802.  
 Lanas, J., Alvarez-Galindo, J. (2003): *Cem. Concr. Res.* **33**, 1867-1876.  
 Scherer, G.W., Valenza II, J.J., Simmons, G. (2007): *Cem. Concr. Res.* **37**, 386-397.