

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 25/06/2023

## Aglomerantes, Morteros y Hormigones Históricos (M97/56/2/21)

**Máster**

Máster Universitario en Rehabilitación Arquitectónica

**MÓDULO**

Módulo VI. Materiales para la Rehabilitación Arquitectónica

**RAMA**

Ingeniería y Arquitectura

**CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Primero

**Créditos**

5

**Tipo**

Optativa

**Tipo de enseñanza**

Presencial

### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

- Valoración del estado de conservación de morteros y hormigones y su diagnóstico: reconocimiento de daños y alteraciones.
- Morfologías, causas y procesos de deterioro. Su implicación en problemas constructivos.
- Naturaleza y característica de estos materiales y de las metodologías de aplicación y utilización.
- Áridos y aglomerantes tradicionales. Tipos de áridos. Aditivos. Ensayos y normativas.
- Aglomerantes históricos: la cal, el yeso, otros conglomerantes. Materias primas de los aglomerantes. Procesos de fabricación. Características de los aglomerantes. Uso en el Patrimonio Arquitectónico. Normativas.
- Morteros y hormigones históricos. Historia y tipología funcional. Morteros estructurales y de revestimientos. Morteros de ornamentación. Estucos. Esgrafiado. Características: componentes, dosificación, procesos de fabricación.

### COMPETENCIAS

#### COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.



- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG04 - Que los estudiantes sean capaces de adquirir una formación avanzada en el ámbito de la conservación del Patrimonio Arquitectónico, que les permita renovar y ampliar sus conocimientos, y atender las exigencias del mundo académico y profesional

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Interpretar correctamente el estado de conservación de un edificio histórico. Diagnosticar patologías en los materiales de construcción
- CE02 - Identificar los distintos materiales de construcción de un edificio y las técnicas constructivas

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

- Conocer los componentes de los morteros y hormigones históricos.
- Dominar las características constructivas de los aglomerantes tradicionales: cal y yeso.
- Saber las cualidades de las materias primas y las condiciones de fabricación de manera práctica en la industria de la construcción.
- Valorar las cualidades técnicas de estos productos de construcción.
- Reconocer in situ las tipologías de los distintos morteros y su composición mineral.
- Entender la función constructiva de estos materiales.

### PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

#### TEÓRICO

- TEMA 1. Componentes principales de los morteros: áridos y aglomerantes. Áridos: tipos, propiedades y ensayos. Aglomerantes: el ciclo de la cal; tipos de cales. Evolución históricas de los aglomerantes. Normativa europea de las cales de construcción. Componentes secundarios de los morteros: aditivos y adiciones.
- TEMA 2. Carbonatación de la cal (en base a su edad; en base a la concentración de CO<sub>2</sub>). Deterioro de morteros elaborados con cales calcíticas y dolomíticas. Morteros como superficies de sacrificio en fábricas de albañilería. Clasificación de los morteros.



• TEMA 3. Cementos: Definición y tipos. Fabricación de los cementos de base portland. Fases mineralógicas del clinker. Hidratación: aspectos químicos, físicos y morfológicos. Fraguado y endurecimiento. Adiciones: efectos. Cementos normalizados. Propiedades mecánicas y durabilidad. Morteros y hormigones

• TEMA 4. Elementos decorativos murarios, realizados con yeso, escayola y estucos. El material de yeso, su forma de preparación y forma de trabajo en el mundo islámico: periodo taifa, almohade y almorávide, y la gran producción del periodo Nazarí en el Conjunto Monumental de la Alhambra y el Generalife. Procesos de restauración y mantenimiento: el ejemplo de los Palacios de la Alhambra. Intervenciones mediante la aplicación de nuevos métodos, como patente de invención, en los morteros tradicionales de restauración.

• TEMA 5. Caracterización de morteros históricos mediante técnicas de análisis destructivas y no-destructivas. Ensayos físico-mecánicos sobre morteros.

• TEMA 6. Historia de los morteros (antigüedad, edad media, época moderna). Datación de morteros históricos por C-14. Restauración de morteros (criterios de intervención). Tipología de morteros y su ejecución (estucados, esgrafiados, destonificados, planchado en caliente, frescos, etc.).

## PRÁCTICO

- PRÁCTICA 1. Elaboración de morteros con distintos tipos de cales (aéreas en polvo y en pasta e hidráulicas) mediante el uso de equipos normalizados (amasadora, mesa de sacudidas, etc.).
- PRÁCTICA 2. Reconocimiento visual de muestras de morteros antiguos

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- P. ALAEJOS, M.A. BERMUDEZ, J. SORIANO, V. LANZA. Metodología para el estudio del deterioro del hormigón ocasionado por la reacción álcali-sílice. fib Simposio “El hormigón estructural y el transcurso del tiempo”, 2005, 1, 187-194
- J.I. ALVAREZ, R. VEIGA, S. MARTÍNEZ-RAMÍREZ et al. RILEM TC 277-LHS report: a review on the mechanisms of setting and hardening of lime-based binding systems. Materials and Structures 54, 63, 2021. <https://doi.org/10.1617/s11527-021-01648-3>
- J.I. ÁLVAREZ GALINDO, E. ONTIVEROS ORTEGA. Morteros. Recomendaciones técnicas para el estudio de morteros. Definición de las condiciones que deben cumplir los estudios previos aplicados a los morteros. En: PH cuadernos nº 19 “Programa de normalización de estudios previos aplicado a bienes inmuebles”, Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, 2006, pp. 93-144
- A. ARIZZI, G. CULTRONE. Mortars and plasters – How to characterise hydraulic mortars. Archaeological and Anthropological Sciences, 2021, DOI: 10.1007/s12520-021-01404-2
- O. CAZALLA. Morteros de cal. Aplicación en el Patrimonio Histórico. Universidad de Granada, 2002



- O. CAZALLA, C. RODRÍGUEZ NAVARRO, E. SEBASTIÁN, G. CULTRONE, M.J. DE LA TORRE. Aging of lime putty: effects on traditional lime mortars carbonation. *Journal of the American Ceramic Society*, 2000, 83, 1070-1076
- G. CULTRONE, A. ARIZZI, E. SEBASTIÁN, C. RODRÍGUEZ NAVARRO. Sulfation of calcitic and dolomitic lime mortars in the presence of diesel particulate matter. *Environmental Geology*, 2008, 56, 741-752
- G. CULTRONE, E. SEBASTIÁN, M. ORTEGA HUERTAS. Forced and natural carbonation of limebased mortars with and without additives: mineralogical and textural changes. *Cement and Concrete Research*, 2005, 35, 2278-2289
- R.M. EDMEADES, *Hewlett PC Cement admixtures*. Lea's Chemistry of Cement and Concrete. 5th ed.: Arnold; 1998
- GÁRATE ROJAS. *Artes de la cal*. Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes y Archivos. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Madrid, 1993
- F. GOMÁ: *El cemento portland y otros aglomerantes*. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona, 1979
- C. GROOT, R. VEIGA, I. PAPAYANNI et al. RILEM TC 277-LHS report: lime-based mortars for restoration—a review on long-term durability aspects and experience from practice. *Materials and Structures* 55, 245, 2022. <https://doi.org/10.1617/s11527-022-02052-1>
- F. KEIL: *Cemento*. Editores Técnicos Asociados. Barcelona, 1973
- A.K.H KWAN, W.W.S. FUNG. Packing density measurement and modeling of fine aggregate and mortar. *Cement and Concrete Composites*, 2009, 31, 349-357
- J. LANAS, J.L. ALVAREZ. Masonry repair lime-based mortars: factors affecting the mechanical behaviour. *Cement and Concrete Research*, 2003, 33, 1867-1876
- D.R. MOOREHEAD, *Cementation by the carbonation of hydrated lime*. *Cement and Concrete Research*, 1986, 16, 700-708
- G.W. PALESTRA. *Intonaco: una superficie di sacrificio*. ESTASLIBRI, 1995
- RC-08: *Instrucción para la recepción de cementos*. Comisión Permanente del Cemento. Ministerio de Fomento, 2009
- RILEM TC 203-RHM: *Repair mortars for historic masonry. Testing of hardened mortars, a process of questioning and interpreting*. *Material and Structures*, 2009, 42, 853-865
- R. RUBIO DOMENE. *Patente de Invención: Nuevos procedimientos de reconstrucción de Obras Artísticas*. Actas del XVIII Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Granada, 2011
- R. RUBIO DOMENE. *Yaserías de la Alhambra: Historia, Técnica y Conservación*. Universidad de Granada - Patronato de la Alhambra y Generalife, 2010
- B.B. SABIR, S. WILD, J. BAI. Metakaolin and calcined clays as pozzolans for concrete: a review. *Cement and Concrete Composites* 2001, 23, 441-454
- I. SOROKA: *Portland cement paste & concrete*. Ed. The Macmillan Press Ltd. London. 1979.
- UNE-EN 197-1:2011: *Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes*.
- UNE-EN 459-1. *Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad*. AENOR, Madrid, 2002
- UNE EN 933-2. *Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas*. AENOR, Madrid, 1999
- UNE EN 1015-2. *Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 2: Toma de muestra total de morteros y preparación de los morteros para ensayo*. AENOR, Madrid, 1999
- UNE-EN 1015-3. *Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 3: Determinación de la consistencia del mortero fresco (por la mesa de sacudidas)*. AENOR, Madrid, 1998
- UNE-EN 1015-11. *Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido*. AENOR, Madrid, 2000



- UNE EN 13139. Áridos para morteros. AENOR, Madrid, 2003
- UNE-EN 16572. Conservación del patrimonio cultural. Glosario de términos técnicos relativos a morteros para albañilería, revocos y enlucidos empleados en el patrimonio cultural. AENOR, Madrid, 2016
- R. VEIGA, P. FARIA, R. VAN HEES et al. RILEM TC 277-LHS report: properties of lime-based renders and plasters—discussion of current test methods and proposals for improvement. *Materials and Structures* 56, 70, 2023.  
<https://doi.org/10.1617/s11527-023-02141-9>

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- P. ALAEJOS, M.A. BERMUDEZ. Durabilidad y procesos de degradación del hormigón en presas. Estudio Bibliográfico. Monografía Cedex. Madrid, 2003
- M. ARANDIGOYEN, J.L. PÉREZ BERNAL, M.A. BELLO LÓPEZ, J.I. ALVAREZ. Lime-pastes with different kneading water: pore structure and capillary porosity. *Applied Surface Science* 2005, 252:1449-59
- A. ARIZZI, G. CULTRONE. The difference in behaviour between calcitic and dolomitic lime mortars set under dry conditions: the relationship between textural and physical-mechanical properties. *Cement and Concrete Research*, 42, 2012, 818-826.
- A. ARIZZI, G. CULTRONE. Aerial lime-based mortars blended with a pozzolanic additive and different admixtures: a mineralogical, textural and physical-mechanical study. *Construction and Building Materials*, 31, 2012, 135-143.
- A. ARIZZI, H. VILES, G. CULTRONE. Experimental testing of the durability of lime mortars used for rendering purposes. *Construction and Building Materials*, 28, 2012, 807-818.
- A.D. COWPER. Lime and lime mortars. Donhead Ed. (1927), reprinted by Building Research Establishment Ltd., 1998
- G. CULTRONE, E. SEBASTIÁN, M. ORTEGA HUERTAS. Durability of masonry systems: a laboratory study. *Construction and Building Materials*, 2007, 21, 40-51
- G. CULTRONE, E. SEBASTIÁN. Laboratory simulation showing the influence of salt efflorescence on the weathering of composite building materials. *Environmental Geology*, 2008, 56, 729-740
- D.D. DOUBLE y A. HELLAWELL: La solidificación del cemento. *Investigación y Ciencia*. N1 12. Septiembre de 1977
- A.H.P. MAURENBRECHER. Mortars for repair of traditional masonry. *ASCE Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 2004, pp. 62-65
- P.R. ROSSI-DORIA. Mortars for restoration: basic requirements and quality control. *Materials and Structures*, 1986, 19, 445-448

### ENLACES RECOMENDADOS

- <http://www.ugr.es/~monument/> (Grupo de Investigación de la UGR: Estudio y conservación de los materiales de construcción en el Patrimonio Arquitectónico)
- <http://www.alhambra-patronato.es/> (Patronato de la Alhambra y el Generalife)
- <http://www.getty.edu/> (Getty Conservation Institute)
- <http://www.ieca.es/> (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones)



- <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/iaph.html> (Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico)
- <http://www.si.edu/mci/> (Smithsonian Museum Conservation Institute)
- <http://www.iccrom.org/> (International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property)
- <https://fical.org> (Forum Ibérico de la Cal)
- <https://www.rilem.net/> (International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures)

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 La Metodología Docente propuesta combina diferentes técnicas (clases teóricas, de prácticas y seminarios monográficos, trabajos individuales y grupales tutorizados, ...), propiciando en todo momento la implicación del estudiante en su proceso formativo. Para facilitar la formación del estudiante, la organización docente tiene estructura modular, alternando los periodos de impartición teórica con los de prácticas. La consulta de Bibliografía y fuentes documentales por el alumno se considera una parte fundamental e imprescindible del aprendizaje. Para ello dispone en el propio Centro de una Biblioteca y varias aulas de Informática con acceso a Internet. La tutorización de la enseñanza es fundamental en el proceso del aprendizaje, por lo que los profesores del Máster tendrán establecido un horario de atención al estudiante para poder atender las consultas y resolver dudas en relación con las diferentes materias.

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

Se valorarán los conocimientos mediante pruebas teóricas orales o escritas y pruebas prácticas, así como la realización de ejercicios e/o informes sobre los contenidos de la asignatura y la asistencia a clase.

- Examen escrito/oral de los contenidos teóricos y prácticos: 65% (para aprobar la asignatura será necesario obtener al menos 5 puntos sobre 10 en el examen final)
- Ejercicios: 25%
- Asistencia: 10%

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

A esta convocatoria podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

- Examen escrito/oral de los contenidos teóricos y prácticos: 75% (para aprobar la asignatura será necesario obtener al menos 5 puntos sobre 10 en el examen final)
- Ejercicios: 25%

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de



impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

El examen se realizará en un solo acto académico, de carácter escrito u oral, incluirá cuestiones relativas al temario de teoría y prácticas explicado en clase y a los ejercicios que se han tratado en la asignatura para acreditar la adquisición de la totalidad de competencias descritas en la Guía Docente.

- Examen escrito/oral: 100%

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): [Gestión de servicios y apoyos](https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad) (<https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad>).

