

AGLOMERANTES, MORTEROS Y HORMIGONES HISTÓRICOS

Curso 2020-2021

(Fecha última actualización: 20/07/2020)

(Fecha de aprobación en Comisión Académica del Máster: 20/07/2020)

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
1º	5	Optativa	Presencial / Semipresencial / Virtual	Español
MÓDULO		2. Geomateriales en el Patrimonio Arquitectónico: Aglomerantes, Morteros y hormigones históricos, Cerámicas		
MATERIA		5.2. Aglomerantes, morteros y hormigones históricos		
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO		Escuela Internacional de Posgrado		
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE		Máster Universitario en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico		
CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA		Facultad de Ciencias		
PROFESORES				
Giuseppe Cultrone (coordinador de la asignatura)				
DIRECCIÓN		Dpto. Mineralogía y Petrología, 2ª planta de Geológicas, Facultad de Ciencias. Despacho nº 27A. Correo electrónico: cultrone@ugr.es		
TUTORÍAS		http://masteres.ugr.es/citpa/pages/info_academica		
Anna Arizzi				
DIRECCIÓN		Dpto. Mineralogía y Petrología, 2ª planta de Geológicas, Facultad de Ciencias. Despacho nº 16. Correo electrónico: arizzina@ugr.es		
TUTORÍAS		http://masteres.ugr.es/citpa/pages/info_academica		
Francisco Javier Alejandro Sánchez				
DIRECCIÓN		Dpto. Construcciones Arquitectónicas II, E.T.S. de Ingeniería de la Edificación, Universidad de Sevilla. Despacho nº. Correo electrónico: falejan@us.es		
TUTORÍAS		http://masteres.ugr.es/citpa/pages/info_academica		
María José Martínez-Echevarría Romero				
DIRECCIÓN		Dpto. Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería, E.T.S. de		



	Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Despacho nº. Correo electrónico: mjmartinez@us.es
TUTORÍAS	http://masteres.ugr.es/citpa/pages/info_academica
Ramón Francisco Rubio Domene	
DIRECCIÓN	Patronato de la Alhambra y el Generalife. Despacho nº. Correo electrónico: ramonf.rubio@juntadeandalucia.es
TUTORÍAS	http://masteres.ugr.es/citpa/pages/info_academica
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS	
COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES	
<ul style="list-style-type: none"> • CG4: 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 • CB6: Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación • 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 ESPECÍFICAS	
<ul style="list-style-type: none"> • CE1: Interpretar correctamente el estado de conservación de un edificio histórico. Diagnosticar patologías en los materiales de construcción • CE2: Identificar los distintos materiales de construcción de un edificio y las técnicas constructivas 	
OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)	
<p>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. Entender la función constructiva de estos materiales.</p>	
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)	
<p>Valoración del estado de conservación de morteros y hormigones y su diagnosis: 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.</p>	
TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA	
TEMARIO TEÓRICO:	
<ul style="list-style-type: none"> • TEMA 1. Áridos: tipos, propiedades y ensayos. El ciclo de la cal. Tipos de cales. Carbonatación de la cal: en base a su edad; en base a la concentración de CO₂. Deterioro de morteros elaborados con cales calcíticas y dolomíticas. Morteros como superficies de sacrificio en fábricas de albañilería • TEMA 2. Morteros Parte 1: definición; componentes; clasificación. Morteros Parte 2: características de morteros en estado fresco, en estado de endurecimiento y en estado endurecido; técnicas de estudio y normativa. Morteros Parte 3: requisitos de morteros de restauración; fases de una 	



intervención y principios de sostenibilidad

- TEMA 3. Historia de los morteros (antigüedad, edad media, época moderna). Caracterización de morteros históricos (análisis químico, mineralógico, propiedades física-mecánicas, granulometrías, propiedades hídricas, permeabilidad, datación C-14, etc.)
- TEMA 4. Proceso de fabricación de la cal. Propiedades. Normativa. Aplicaciones actuales de la cal y uso en el Patrimonio Arquitectónico. Restauración de morteros (criterios de intervención). Tipología de morteros y su ejecución (estucados, esgrafiados, destonificados, planchado en caliente, frescos, etc.)
- TEMA 5. 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 6. 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

PRÁCTICAS DE LABORATORIO:

- PRÁCTICA 1. Práctica de 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. 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
- 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
- ARIZZI, J. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, G. CULTRONE, D. BENAVENTE. Mechanical evolution of lime mortars during the carbonation process. *Key Engineering Material* 2011, 465:483-6
- 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 lime-based 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
- 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. *Yeserías 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.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- P. ALAEJOS, M.A. BERMUDEZ. Durabilidad y procesos de degradación del hormigón en presas. Estudio Bibliográfico. Monografía Cedex. Madrid, 2003
- 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
- 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

ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

<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)
<http://www.juntadeandalucia.es/cultura/iaph> (Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico)
<http://www.si.edu/mci/> (Smithsonian Museum Conservation Institute)
<http://www.cci-icc.gc.ca> (Canadian Conservation Institute)
<http://www.iccrom.org/> (International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property)

METODOLOGÍA DOCENTE

- **Lecciones magistrales:** presentación en el aula de los conceptos fundamentales y desarrollo de los contenidos propuestos en cada uno de los módulos.
- **Seminarios:** modalidad organizativa de los procesos de enseñanza y aprendizaje donde tratar en profundidad una temática relacionada con cada una de las materias propuestas, incorporando actividades basadas en la indagación, el debate, la reflexión y el intercambio.
- **Actividades prácticas:** actividades a través de las cuales se pretende mostrar al alumnado cómo debe actuar a partir de la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- **Actividades no presenciales individuales y en grupo:** actividades (guiadas y no guiadas) propuestas por el profesor a través de las cuales, de forma individual y/o en grupo, se profundiza en aspectos concretos de cada materia, habilitando al estudiante para avanzar en la adquisición de determinados conocimientos y procedimientos.
- **Tutorías académicas:** instrumento para la organización de los procesos de enseñanza y aprendizaje que se basa en la interacción directa entre el estudiante y el profesor.
- **Exámenes**

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

CONVOCATORIA 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 oral/escrito: 50% (para aprobar la asignatura será necesario obtener al menos 5 puntos sobre 10 en el examen final)
- Examen práctico: 25%
- Ejercicios: 15%
- Asistencia: 10%

CONVOCATORIA 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 oral/escrito: 60% (para aprobar la asignatura será necesario obtener al menos 5 puntos sobre 10 en el examen final)
- Examen práctico: 20%
- Ejercicios: 20%

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

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 oral/escrito: 100%

ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
Ver página web del Máster (http://masteres.ugr.es/citpa/pages/info_academica)	Correo electrónico (cultrone@ugr.es ; jcapel@ugr.es ; giorgio@ugr.es) y videoconferencia mediante la plataforma Google Meet (https://go.ugr.es/)

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

Las actividades formativas serán las mismas de la guía docente (lecciones magistrales, seminarios, actividades prácticas, actividades no presenciales individuales y en grupo, tutorías académicas, exámenes). Las prácticas serán presenciales, mientras que las clases teóricas y tutorías se llevarán a cabo mediante el uso de plataformas web. Los exámenes serán presenciales.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

- Examen escrito: 60% (para aprobar la asignatura será necesario obtener al menos 5 puntos sobre 10 en el examen final)
- Examen práctico: 20%
- Ejercicios: 20%

Convocatoria Extraordinaria

- Examen escrito: 60% (para aprobar la asignatura será necesario obtener al menos 5 puntos sobre 10 en el examen final)
- Examen práctico: 20%
- Ejercicios: 20%

Evaluación Única Final

La Evaluación Única Final se realizará en un solo acto académico, de carácter escrito, incluirá cuestiones relativas al temario explicado en clase y a los ejercicios y seminario que se han tratado en la asignatura para acreditar la adquisición de la totalidad de competencias descritas en la Guía Docente.

- Examen escrito: 100%

ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
---	--



<p>Ver página web del Máster (http://masteres.ugr.es/citpa/pages/info_academica)</p>	<p>Correo electrónico (cultrone@ugr.es; jcapel@ugr.es; giorgio@ugr.es) y videoconferencia mediante la plataforma Google Meet (https://go.ugr.es/)</p>
<p>MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE</p>	
<p>Las actividades formativas serán las mismas de la guía docente (lecciones magistrales, seminarios, actividades prácticas, actividades no presenciales individuales y en grupo, tutorías académicas, exámenes). Todas ellas se llevarán a cabo mediante el uso de plataformas web. Los exámenes serán on-line.</p>	
<p>MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)</p>	
<p>Convocatoria Ordinaria</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta: plataforma Prado Examen y cuestionarios <u>Descripción:</u> examen escrito del programa de la asignatura que se realizará en un solo acto académico; participación activa de los estudiantes y realización de trabajos en relación con los contenidos de la asignatura. <u>Criterios de evaluación:</u> constatación del dominio de los contenidos de la asignatura. Valoración de los trabajos realizados individualmente, atendiendo a la presentación, redacción y claridad de ideas, estructura y nivel científico, creatividad, justificación de lo argumentado y actualización de la bibliografía consultada. Grado de implicación y actitud del alumnado manifestadas en su participación en las consultas (tutorías) y en la asistencia a clase. <u>Porcentaje sobre calificación final:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Examen de teoría: 60% (para aprobar la asignatura será necesario obtener al menos 5 puntos sobre 10 en el examen final) - Seminario: 20% - Ejercicios: 20% 	
<p>Convocatoria Extraordinaria</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta: plataforma Prado Examen y cuestionarios <u>Descripción:</u> examen escrito del programa de la asignatura que se realizará en un solo acto académico; participación activa de los estudiantes y realización de trabajos en relación con los contenidos de la asignatura. <u>Criterios de evaluación:</u> constatación del dominio de los contenidos de la asignatura. Valoración de los trabajos realizados individualmente, atendiendo a la presentación, redacción y claridad de ideas, estructura y nivel científico, creatividad, justificación de lo argumentado y actualización de la bibliografía consultada. Grado de implicación y actitud del alumnado manifestadas en su participación en las consultas (tutorías) y en la asistencia a clase y seminario. <u>Porcentaje sobre calificación final:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Examen de teoría: 60% (para aprobar la asignatura será necesario obtener al menos 5 puntos sobre 10 en el examen final) - Seminario: 20% - Ejercicios: 20% 	
<p>Evaluación Única Final</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta: Google Meet <u>Descripción:</u> Examen oral del programa de la asignatura que se realizará en un solo acto académico. <u>Criterios de evaluación:</u> La Evaluación Única Final incluirá cuestiones relativas al temario explicado en clase y a los ejercicios y seminario que se han tratado en la asignatura para acreditar la adquisición de la totalidad de competencias descritas en la Guía Docente. <u>Porcentaje sobre calificación final:</u> 100% 	

