

HORMIGONES RECICLADOS: NUEVO CONTENIDO TEMÁTICO EN ASIGNATURAS DE HORMIGONES

José Manuel Gómez Soberón

Profesor colaborador tiempo completo del Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. España. josemanuel.gomez@upc.edu

y M. Consolación Gómez Soberón

Profesora titular tiempo completo del Departamento de Materiales. Universidad Autónoma Metropolitana, México. cgomez@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta temática del contenido de los hormigones reciclados para ser integrada dentro de planes de asignaturas con tópicos de diseño de hormigones. Esta propuesta es justificada ante la inminente aplicación de normativas europeas, las restricciones medioambientales y la optimización económica del mercado.

Palabras clave: *Ciclo de vida de los materiales en la construcción, Definición de contenidos y programas docentes, Hormigón reciclado, Niveles de conocimiento, Sistema de Transferencia de Créditos Europeos (ECTS)*

ABSTRACT

This piece of work presents a proposal for developing the thematic content of recycled concrete in order to include it within the programs of concrete design subjects. This proposal seems to be well-founded in the face of the imminent implementation of European norms, the environmental restrictions and the economic optimization of the market.

Keywords: *Life cycle of materials in construction, Definition of content and educational programs, Recycled concrete, Level of knowledge, System European Credit Transfer System (ECTS)*

1 JUSTIFICACIÓN DEL NUEVO CONTENIDO TEMÁTICO

La tendencia actual en la construcción es tener un ciclo de vida lo más cerrado posible, que actúe de forma óptima con la economía, y de manera razonable con el medio ambiente. Esto es, si se parte de un material de los llamados de primera generación y, tras un proceso de transformación, se genera un insumo que, posteriormente, agotada su vida útil, resulta en la generación de un material de desecho. Si dicho material de desecho, después de recorrer otro proceso de transformación, genera un material distinto (de los llamados de segunda generación), y éste se inserta nuevamente dentro de otro insumo (o, en el caso óptimo, dentro del mismo insumo del que proviene), el ciclo de vida de los materiales será más eficiente y acorde con el medio ambiente¹.

Los estudios actuales de hormigón reciclado (HR), con sustitución parcial de áridos naturales por los áridos reciclados de hormigón (ARC), prometen un camino factible

para su práctica, un ahorro de energía, mejoras medioambientales y solución para los 200 millones de toneladas de estos desechos que genera al año la Comunidad Europea. La garantía de su posible aplicación estructural se centra en el estudio del comportamiento de sus propiedades, que inciden en su actuación mecánica, provocando variaciones en sus coeficientes de comportamiento y restringiendo su aplicación si éstas se omiten o equiparan con los hormigones convencionales²³.

2 PROCEDIMIENTO

Como punto de partida, es necesario decir que en el trabajo aquí desarrollado, no se plantean el exponer de forma directa las innovaciones en lo referente a la temática de los HR; si no por el contrario, únicamente utilizar esta temática -de por si ya importante e innovadora- para hacer una propuesta de cómo se podría realizar un planteamiento de un curso adaptado a Espacio Europeo de Educación superior (EEES) Para lograr lo anterior, optamos por presentar a continuación el esquema que sería el que recibiría un alumno que se matriculase en esta asignatura; con los apartados oportunos tales y como: Descripción general de la asignatura, Programa, Contenidos y Objetivos específicos, Plan de actividades y entregables, Calificación y Evaluación de las mejoras.

Es necesario comentar igualmente, que los contenidos aquí expresados, su profundidad y grado de dificultad, están ideados para alumnos a nivel técnico básico; y que éstos, forman parte de una asignatura que los contendría, al igual que otros apartados temáticos afines a los hormigones estructurales.

3 PROPUESTA DEL CONTENIDO

PROGRAMA DE ASIGNATURA

TEMA 1.- HORMIGONES RECICLADOS

Asignatura

Nuevas Técnicas de Construcción de Estructuras de Hormigones Armado (semana 3 y 4 del cuatrimestre)

Profesor

José Manuel Gómez Soberón

Descripción general

La asignatura en cuestión es una asignatura de carácter optativa de la carrera de Ingeniero en Edificación; ésta cuenta con 5.0 ECTS* divididos en dos apartados: Teoría 4.0 ECTS y Prácticas 1.0 ECTS.

La dedicación es de cuatro horas semanales presencial de teoría y práctica (solución de problemas sencillos) dentro del aula, y de dos prácticas entregables individuales a realizar fuera de aula. Se prevé que el alumno dedique por su cuenta fuera del aula dos horas más semanales.

A lo largo del curso académico, la composición de actividades para el desarrollo del programa es:

* European Credit Transfer System (ECTS) = Sistema de Transferencia de Créditos Europeos. 1.0 ECTS = 25 horas/alumno

- 1) Actividades desarrolladas en el aula: problemas
- 2) Actividades prácticas
- 3) Trabajos de curso (actividades o pequeños entregables)
- 4) Actividades complementarias
- 5) Seminarios y tutorías
- 6) Evaluación: exámenes

Requerimientos en general

El material para cada apartado del curso es variable; pero en general será indispensable tener las Guías de Clase y demás material disponible en el Campus Virtual de la asignatura.

Requerimientos en particular

- 1.- Actividades desarrolladas en el aula: guía de clase, elementos para trabajo y resolución de problemas de forma individual y en grupo (calculadora, marcadores, hojas de póster, celo, etc.)
- 2.- Actividades de prácticas. Existen dos prácticas durante el cuatrimestre; la rubrica, fecha de entrega y ejemplos de éstas están disponibles en el Campus Virtual al inicio del curso. Las prácticas tienen un peso del 10% de la nota final.
- 3.- Pequeños entregables: el material, la forma de trabajo y entrega están disponibles dentro de Campus Virtual; estos entregables no causan demérito sobre la nota de examen, pero si pueden sumar porcentajes (ver porcentajes en el apartado de Calificación)
- 4.- Actividades complementarias. Actividades de investigación documental, para lo cual se debe tener acceso a los motores de búsqueda de la biblioteca.
- 5.- Seminarios y tutorías. Es posible que se presenten seminarios o conferencias. No se tiene previsto material para estas actividades puesto que depende de la disponibilidad en la propia escuela.
- 6.- Evaluación. Existen dos exámenes, uno al final del tema 5, que corresponde al 20% de la nota final, y otro al final del curso, que corresponde al 20 % de la nota final (en este examen se adjunta una recuperación de la primera parte también). Como material adicional para éstos, existen en la biblioteca exámenes de cuatrimestres pasados disponibles para consulta.

Contenidos y objetivos específicos

Objetivos específicos	
Temas	<p>TEMA 1.- HORMIGONES RECICLADOS</p> <p>Capítulo 1.1. INTRODUCCIÓN</p> <p>Necesidades actuales de áridos naturales, usos de áridos reciclados, datos y cifras estadísticos nacionales e internacionales de los desechos de demolición.</p> <p>Capítulo 1.2. PARTICULARIDADES EN REFERENCIA DEL TEMA DEL RECICLADO DE HORMIGONES</p> <p>Generación de desechos de demolición, ciclo de vida de los materiales, referencias internacionales al uso de los áridos reciclados procedentes de demolición como áridos para hormigones reciclado</p> <p>Capítulo 1.3. ÁRIDOS RECICLADOS PROCEDENTES DE DEMOLICIÓN</p> <p>Producción de áridos reciclados, clasificación de áridos reciclados, revisión del contexto normativo para áridos reciclados de hormigón, exigencias a los áridos reciclados para su uso en hormigón</p>

Objetivos específicos	
	<p>reciclado, principales propiedades físicas y mecánicas de los áridos reciclados de hormigón.</p> <p>Capítulo 1.4. PRINCIPALES PROPIEDADES DE LOS HORMIGONES RECICLADOS CON ÁRIDOS PROCEDENTES DE HORMIGÓN</p> <p>Consideraciones generales de aplicación exclusiva en los hormigones reciclados, dosificación de hormigones reciclados.</p> <p>a) Hormigones reciclados en estado fresco. b) Resistencia de los hormigones reciclados: compresión simple, tracción indirecta, flexión, cortante, fatiga y velocidad de pulso ultrasónico. c) Deformación de los hormigones reciclados: módulo de deformación, retracción, fluencia y deformación térmica. d) Aspectos generales de durabilidad de los hormigones reciclados.</p>

N.	Formulación	Nivel*
1.1	<p>➤ El alumno deberá ser capaz de: Definir las aplicaciones de los desechos de demolición.</p>	Clasificación: Memoria.
1.2 1.3	<p>➤ El alumno deberá ser capaz de: Exponer las diferentes técnicas de proceso de los desechos de demolición; igualmente podrá definir la aplicaciones de hormigones reciclados con contenido de áridos reciclados procedentes de demolición.</p>	Clasificación: Memoria y Aplicación.
1.2 1.3	<p>➤ El alumno deberá ser capaz de: Aplicar las normativas EHE 2007 Anejo 19 de los hormigones reciclados, en cuanto a su alcance, semejanzas y diferencias con respecto a los hormigones usuales, y valores de referencia de sus constante de cálculo.</p>	Clasificación: Aplicación.
1.4	<p>➤ El alumno deberá ser capaz de: Identificar las variaciones de las propiedades de los hormigones reciclados en cuanto a su estado en fresco, a su resistencia mecánica y a su deformación.</p>	Clasificación: Aplicación.
1.4	<p>➤ El alumno deberá ser capaz de: Identificar las variaciones de las propiedades de los hormigones reciclados en cuanto a su durabilidad en términos generales.</p>	Clasificación: Aplicación.
1.4	<p>➤ El alumno deberá ser capaz de: Determinar la aplicación del diseño de dosificación de hormigones reciclados, tomando en cuenta las peculiaridades de su absorción, porosidad y capacidades mecánicas especiales.</p>	Clasificación: Diseño.

* **NOTA: Los niveles de clasificación que se adoptan son los siguientes:**

- 1.- **Memoria.** Entendiendo como tal a la demostración (escrita o verbal) de tener el conocimiento del significado del tema o concepto con todas sus salvedades, restricciones o variables de acepción.
- 2.- **Aplicación.** Entendiendo como tal a la facilidad o destreza demostrable para la resolución práctica del problema, situación planteada o alternativa de viabilidad, siguiendo un método preestablecido.
- 3.- **Diseño.** Entendiendo como tal a la propuesta de solución que satisface de forma única los requerimientos establecidos de una cuestión propuesta, y para la cual no se puede establecer una metodología directa de resolución.

Plan de actividades y entregables

Plan de Actividades (2 semanas).								
1	Actividad: Clase expositiva y debate abierto	Clase	X	Grupo	X	Individual		Duración: 4 H. (clase)
		Casa		Profesor	X	Estudiante	X	
Descripción:		1: Explicación verbal por parte del profesor, reforzando los conceptos mediante la presentación gráfica de ejemplos. 2: Explicación verbal por parte del profesor, reforzando los conceptos mediante la presentación gráfica de ejemplos. Presentación de casos prácticos para aplicaciones específicas. Cuestionamientos directos en clase con participación directa de opiniones por parte de los alumnos. 3: Realizar un debate abierto en clase proponiendo cuáles deben ser los valores de referencia de las constantes de cálculo de los hormigones reciclados.						Objetivos: 1 2 3
Material necesario: Guías de clase en el Campus Virtual, EHE 2007 Anejo 19								
Entrega:								
2	Actividad: clase expositiva con trabajo cooperativo informal	Clase	X	Grupo	X	Individual	X	Duración: 4 H. (clase)
		Casa	X	Profesor	X	Estudiante		2 H. (casa)
Descripción:		4: Resolución de problema práctico en clase (dosificación, diseño con HR) 5: Resolución de problema práctico en clase y trabajo en quipo. 6: Se planteará de forma verbal y gráficamente el procedimiento y las posibles variables de éste; para lo cual, se aporta por parte del profesor las formulaciones, gráficas y tablas necesarias en la resolución. Se procede a resolver en clase un ejemplo y se pide a los alumnos que por su parte en casa aporten otras posibles soluciones factibles del problema.						Objetivos: 4 4 4
Material necesario: Guías de clase en el Campus Virtual. EHE 2007 Anejo 19, Ejemplo propuesto para solucionar en clase								
Entrega: En el Campus Virtual								

Entregables

Clases expositiva con trabajo cooperativo informal.		
Descripción	Tiempo	Material
1	85 min.	1.- Los tres casos de solución de dosificación solucionados en papel para el día de la actividad. 2.- Una láminas en blanco para hacer póster con marcadores por cada equipo. 3.- Celo para pegar. 4.- Tijeras. 5.- Pegamento.
1.- Se entrega a los alumnos (previa formación de equipos de tres personas) la solución por separado de diferentes dosificaciones de HR en lo referente a la formación de perfiles granulométricos, corrección de humedad y dosificación. 10 min. 2.- Cada miembro del equipo estudia por separado el caso en particular. 20 min. 3.- Reunión de expertos con roles establecidos (cronómetro, secretario y expositor) 15 min. 4.- Retorno a equipo inicial y exposición de los tres casos de forma personal por cada miembro. 20 min. 5.- Realizar una lámina por equipo con diferencias y similitudes de los tres casos, colgarla en clase y poner nota por los propios compañeros. Las notas deberán repartirse en forma descendente con criterios establecidos (debe existir riesgo de suspender) 20 min.		
2	85 min.	1.- Guía de clases. 2.- Al menos 20 propuestas diferentes de armado de muros ménsula.
1.- En clase el profesor explica las formulaciones y procedimiento de diseño a flexión simple de un elemento de hormigón usual y uno con HR (realiza un ejemplo genérico de cálculo) 25 min. 2.- Se forman equipos de tres compañeros y se les entrega a cada equipo un ejemplo diferente; en el cual, se deberá determinar la armadura por flexión. 10 min. 3.- Como trabajo de casa, cada compañero por separado realiza su parte de solución de armado de una jácena		

Clases expositiva con trabajo cooperativo informal.		
Descripción	Tiempo	Material
de HR. 40 min. 4.- Al día siguiente de clase se reúnen los equipos para contrastar soluciones y uniformizan criterios. 20 min. 5.- Se entrega solución en conjunto de armado al profesor, éste valora fuera de clase cada ejemplo (se puntúa solución adecuada y uniformidad en los criterios del trabajo) y asigna nota por equipo. 0 min. (para el alumno)		

Calificación

25% Examen parcial

25% Examen final

10% Media de la nota de prácticas

20% Media de las Actividades de aprendizaje realizadas en clase

20% Media de entregables

La nota final aprobada es aquella mayor o igual a cinco, procedente de la suma de los anteriores criterios.

Evaluación de las mejoras

Al final del curso se entrega el cuestionario (SEEQ⁴) disponible en el Campus Virtual; de igual forma, se elaboraran finalizadas algunas de las actividades previstas un cuestionario de incidencias críticas (QulC), que permita calibrar posibles pequeñas mejoras inmediatas.

CONCLUSIONES

Como conclusión general podemos comentar la siguiente:

El realizar el contenido de una asignatura lo más preciso, detallado y específico, facilita el trabajo docente del profesor que lo imparte; y de igual forma, los alumnos que cursan dicha asignatura pueden en todo momento controlar, programar y saber su aprovechamiento, sus necesidades particulares y lo que se espera de él.

Como conclusiones específicas de esta propuesta, podemos comentar las siguientes:

- Los hormigones reciclados debe ser incluidos en temáticas de asignaturas de hormigones; puesto que su aplicación, las necesidades actuales y las normativa vigentes así lo requieren.
- El formato de presentación del curso aquí propuesto puede ser aplicable a otras asignaturas y contenidos con pequeñas modificaciones particulares.
- El formato y contenidos aquí propuestos no deberán ser en ningún caso estáticos e invariables; por el contrario, éstos deberán adaptarse y evolucionar cada vez que se imparta futuros cursos.

AGRADECIMIENTOS: El presente trabajo fue financiado parcialmente mediante la Convocatoria de Ayudas para la Financiación de Proyectos para la Mejora de la Calidad Docente de las Universidades Catalanas para el año 2008 (MQD) de la Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca, y por la Convocatoria de Ayudas para Proyectos de Mejora a la Docencia 2008 de la Universidad Politècnica de Catalunya (Instituto de Ciencias de la Educación)

BIBLIOGRAFIA

¹ Gómez Soberón, José Manuel, Vázquez E. y Agulló L. Hormigón con Áridos Reciclados. Una Guía de Diseño para el Material. Monografía M60-2001. Editada por el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. (CIMNE). ISBN: 84-89925-80-1, pp. 1-137. Mayo de 2001. Barcelona, España

² Gómez Soberón, José Manuel. Comportamiento Tenso Deformación, Instantáneo y Diferido de Hormigón con Árido Reciclado. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Cataluña. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, pp. 1- 389, Octubre 2002. Barcelona, España

³ Gómez-Soberón, José M. V. The Porosity of the Recycled Concrete with Substitution of Recycled Concrete Aggregates: An Experimental Study. Cement and Concrete Research. An International Journal. Vol. 32/8 Pp. 1301-1311. Julio 2002

⁴ Marsh, Herbert W. y Roche, L. A. The Use of Students' Evaluations of University Teaching To Improve Teaching Effectiveness. Final Project Report. Copyright: Commonwealth of Australia – 1994 [en línea]. [referencia del 1 de mayo de 2007]. Disponible en Web: [https://sarasate.upc.es/upc/ICE/BBDD/profi.nsf/files%20/informe_Marsh.htm/\\$file/informe_Marsh.htm](https://sarasate.upc.es/upc/ICE/BBDD/profi.nsf/files%20/informe_Marsh.htm/$file/informe_Marsh.htm)