
Investigación e Innovación Educativa en Docencia Universitaria. Retos, Propuestas y Acciones

Edición de.

Rosabel Roig-Vila
Josefa Eugenia Blasco Mira
Asunción Lledó Carreres
Neus Pellín Buades

Prólogo de.

José Francisco Torres Alfosea
Vicerrector de Calidad e Innovación Educativa
Universidad de Alicante

Edición de:

Rosabel Roig-Vila
Josefa Eugenia Blasco Mira
Asunción Lledó Carreres
Neus Pellín Buades

© Del texto: los autores (2016)

© De esta edición:

Universidad de Alicante
Vicerrectorado de Calidad e Innovación educativa
Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) (2016)

ISBN: 978-84-617-5129-7

Revisión y maquetación: Neus Pellín Buades

Modificaciones en el planteamiento docente de la asignatura Fundamentos Químicos de la Ingeniería Civil" del Grado en Ingeniería Civil"

I. Sánchez Martín; E. Zornoza Gómez; P. Garcés Terradillos, M.A. Climent Llorca; G. de Vera Almenar; M.P. López García; M.C. Camacho Ballesta

Departamento de Ingeniería Civil

Universidad de Alicante

RESUMEN (ABSTRACT)

Es un problema actual la falta de motivación de los estudiantes del grado en Ingeniería Civil, especialmente en las asignaturas básicas. En esta red se ha planteado un cambio tanto de programa como de metodología docente para el caso de Fundamentos Químicos de la Ingeniería Civil, a fin de mejorar los resultados del aprendizaje de los estudiantes. Se ha realizado en primer lugar una investigación de los programas y metodologías docentes utilizados en otras universidades españolas para materias equivalentes y los resultados de esa búsqueda, junto con el estudio y la reflexión sobre la aplicabilidad de nuevas metodologías docentes ha dado lugar a una propuesta de metodología/programa que se pretende implementar en el curso 1016-17 y seguir analizando de forma crítica para mejorarlo. Se propone el uso de la metodología del aprendizaje basado en proyectos para la selección de materiales óptimos para una obra de Ingeniería Civil, y el desarrollo, a partir de la información obtenida por los alumnos y modulada por el equipo docente tendrá como resultado la adquisición de todas las competencias y cubrirá todos los descriptores incluidos en la memoria verificada del grado.

Palabras clave: Fundamentos Químicos de la Ingeniería Civil, aprendizaje basado en proyectos, metodologías interactivas, selección de materiales para Ingeniería Civil, acero y hormigón.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema/cuestión.

En los últimos años, debido posiblemente a la crisis económica sufrida en el país y especialmente en el sector de la construcción se ha observado una bajada en el número de estudiantes en los grados relacionados con la actividad constructiva, y especialmente en el grado en Ingeniería Civil. Esta bajada ha venido acompañada de una falta de interés de los alumnos, posiblemente debida a las bajas perspectivas laborales que tienen al finalizar el grado, sobre todo comparado con las que existían hace una década. Esta falta de interés se ve claramente reflejada en los resultados obtenidos en asignaturas genéricas como es el caso de los Fundamentos Químicos de la Ingeniería Civil, lo que ha hecho que el cuerpo de profesores de la asignatura, junto con alumnos egresados de las titulaciones se replanteen las metodologías docentes empleadas, a fin de mejorar el interés del alumno de nuevo ingreso.

1.2 Revisión de la literatura.

La experiencia del equipo docente ha demostrado que los resultados son mucho mejores cuando se trabaja en pequeños grupos (Sánchez, Zornoza, Garcés, y Climent, 2011). En la actualidad dado el bajo número de alumnos es factible tener grupos reducidos. Esto no solo mejora numéricamente los resultados. También hace que los resultados de la evaluación continua se vean bien reflejados en el examen final, como muestra ese trabajo. Es bastante habitual en las asignaturas de los títulos relacionados con la ingeniería el uso de las metodologías de metodologías como el aprendizaje basado en problemas (Cabeza, Díaz, Freire, y Sánchez, 2013; Albanese, 2010; De Graaff y Kolmos, 2003) para materias más básicas, y el aprendizaje basado en proyectos para materias de los últimos cursos (Barron et al., 2011; Coyle, Jamieson, & Oakes, 2005; Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou, & Papademetriou, 2001). En el aprendizaje basado en problemas, como su propio nombre indica los alumnos aprenden los conceptos teóricos resolviendo problemas relacionados con la aplicación real de la materia objeto de estudio. Este enfoque es muy utilizado en las asignaturas pretecnológicas. El aprendizaje basado en proyectos se basa en el desarrollo de un proyecto (de ingeniería en este caso) y el alumno va encontrando los conocimientos necesarios para el desarrollo total del proyecto, y va aplicando los conocimientos adquirido en otras materias de su itinerario académico. En ambas metodologías el profesor es un mero guía que aporta lo necesario para que el alumno aprenda por sí

mismo, sea consciente de las necesidades que tiene para afrontar el desarrollo de su futura vida profesional y adquiera de forma más significativa los conocimientos y competencias. No es habitual la aplicación de estas metodologías en materias básicas, quizá porque son impartidas por científicos en general y tienen una fuerte desconexión de las aplicaciones profesionales, aunque este hecho cada vez es menos frecuente.

Por otra parte el equipo docente ha venido utilizando desde la implantación de los grados en mayor o menor medida metodologías interactivas (Morell Moll, 2004, 2009) donde el trabajo previo del alumno es reforzado, corregido, de ser necesario, y guiado por el profesor. Estas metodologías suelen ser más agradables para los alumnos (Sander, Stevenson, King, y Coates, 2000), aunque el estudio referido no se refiere al campo específico de la ingeniería la realidad es que los alumnos se sienten involucrados en el proceso de su aprendizaje y esto mejora los resultados. Desde la experiencia del equipo docente, estas metodologías han dado buen resultado pero siempre es complicado fomentar el trabajo previo del alumno, y ajustar el peso en la evaluación que dicho trabajo puede tener.

1.3 Propósito.

Se trata por tanto de encontrar la metodología que pueda aumentar la motivación del alumnado, y una vez seleccionada la óptima reajustar el programa, siempre cubriendo los descriptores establecidos en la memoria verificada para el grado, a fin de mejorar la motivación de los estudiantes y por tanto el resultado académico.

2. DESARROLLO DE LA CUESTIÓN PLANTEADA

2.1 Objetivos

A la vista de lo expuesto anteriormente se puede establecer el objetivo de la investigación como el establecimiento de una nueva metodología docente, y programa que, manteniendo los contenidos marcados en la ficha ANECA de la asignatura, sea capaz de crear más interés en los estudiantes hacia la asignatura. Para ello parece imprescindible buscar un enfoque más aplicado a la Ingeniería Civil desde los momentos iniciales de la asignatura.

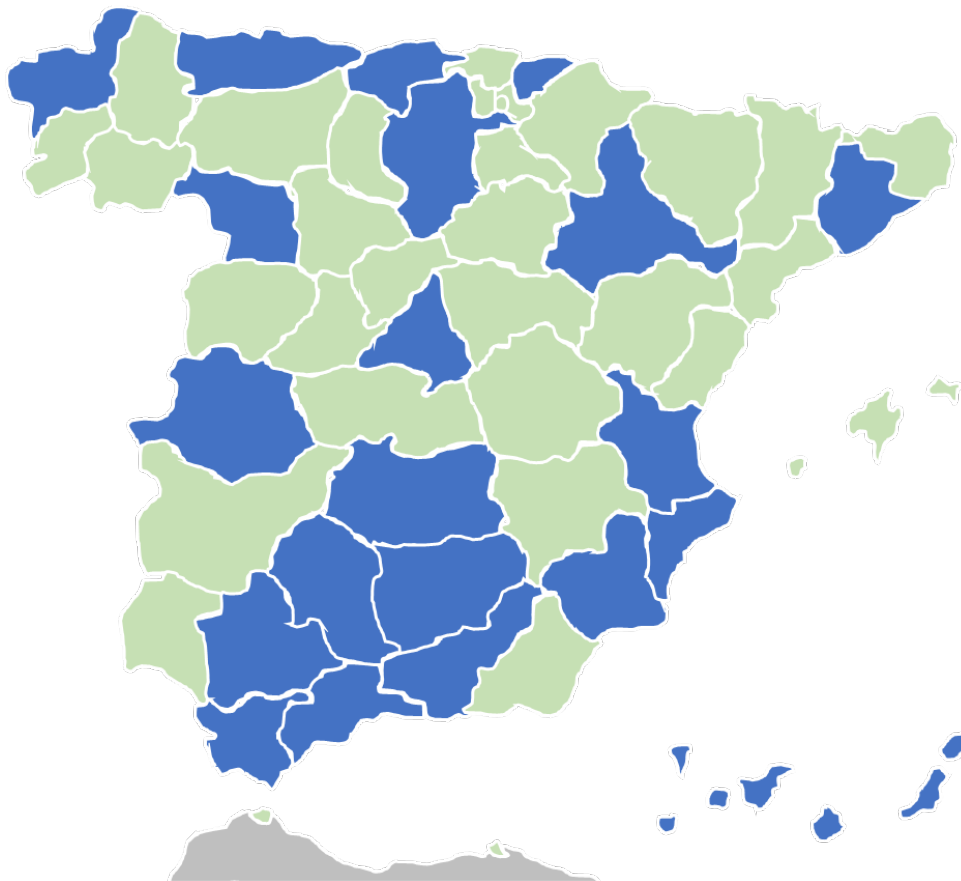
2.2. Método y proceso de investigación.

Se establece una metodología sencilla para la investigación. Inicialmente se hace una revisión de los planteamientos de la asignatura o similares en otras universidades

españolas que imparten títulos de grado relacionados con la Ingeniería Civil, Una vez hecha esta revisión se establecerá una secuenciación del programa más acorde al objetivo establecido de mejorar la motivación del estudiante, haciéndole ver desde el primer día la importancia que tiene la materia en su futura profesión, buscando la metodología docente más adecuada.

2.2.1 Análisis de los programas y prácticas docentes en otras universidades españolas que imparten el título

Figura 1. Provincias en las que al menos se imparte una titulación equivalente al Grado en Ingeniería Civil (en azul).



Los títulos de Ingeniero Civil, Ingeniero Técnico de OO.PP. o Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos fueron unos de los más demandados hasta la presente década. Sin embargo la demanda ha decrecido de forma muy considerable en los últimos años, llegando a no cubrir las plazas ofertadas en muchos casos (la Universidad de Alicante es uno de ellos). Sin lugar a dudas una de las principales causas de esta caída en la demanda es la brutal crisis sufrida por el sector de la construcción tanto a nivel residencial como en obra pública. No obstante como los nuevos grados se

propusieron a finales de la década pasada la mayoría de las Universidades en las que existía un título de la rama apostó por implantar uno o dos grados relacionados. En la Figura 1 se muestra un mapa de distribución de las provincias en las que hay implantado al menos un título relacionado con la Ingeniería Civil.

En la tabla 1 se muestra detalladamente el grado ofrecido por las diferentes Universidades. El análisis de los planes de estudios presentados por cada universidad, y que se pueden consultar en sus páginas web, o en el BOE revela que entre las asignaturas de formación básica incluyen ciencias y herramientas básicas para la ingeniería civil, como son la física, con especial énfasis en la mecánica, las matemáticas, divididas en algunas universidades en las asignaturas clásicas de álgebra lineal y geometría, cálculo, estadística y métodos numéricos, el dibujo técnico, y la expresión gráfica en ingeniería civil, la geología aplicada, la disciplina de informática, en algunos casos incluyendo programación, así como la de economía y empresa de nueva introducción en los grados, y los fundamentos químicos esenciales para una buena comprensión de asignaturas obligatorias bien de la rama común o de especialidad, asignatura sobre la que versa el proyecto docente presentado en este apartado.

Tabla 1. Grados relacionados con la ingeniería Civil ofertados por Universidades españolas.

Grado	Universidades
Ingeniería Civil	Alicante, Cádiz, Cantabria, Córdoba, Extremadura, Granada, Jaén, La Laguna, Las Palmas de Gran Canaria, Oviedo, País Vasco, Politécnica de Cartagena, Politécnica de Cataluña, Politécnica de Madrid, Politécnica de Valencia, Salamanca, Santiago de Compostela, Sevilla, y Zaragoza.
Ingeniería Civil y Territorial	Castilla la Mancha, Politécnica de Madrid.
Ingeniería de Obras Públicas	A Coruña, Burgos, Politécnica de Valencia,

Las asignaturas obligatorias, que incluyen las comunes a la rama civil, así como las de tecnología específica, abarcan desde asignaturas más básicas y esenciales en la ingeniería civil, como son la topografía, materiales de construcción, hidráulica e hidrología, teoría de estructuras, o geotecnia hasta materias más específicas, como hormigón, estructuras metálicas, infraestructuras hidráulicas, ingeniería costera, construcciones geotécnicas, edificación y prefabricación, abastecimiento y saneamiento etc.

La carga de asignaturas optativas planteadas en la mayoría de las universidades es baja, y suelen incluir, además de algunos aspectos más específicos sobre la rama de la ingeniería civil elegida, prácticas externas en empresas, de gran valor para la formación del estudiante y que le ayudarán a completar la adquisición de las competencias establecidas para el ejercicio de su profesión.

Con respecto a la asignatura relacionada con la Química, se incluye en los planes de estudios de las siguientes universidades públicas españolas: Alicante (FB), País Vasco (FB), Politécnica de Cataluña(FB), Zaragoza(FB), Burgos (OB), Extremadura (OB), Oviedo (OB), Politécnica de Cartagena(OB), Politécnica de Madrid (Química de materiales y Química del agua) (OB), Politécnica de Valencia, Salamanca (Química de materiales y Química ambiental) (OB), Sevilla (OB) y Jaén (Química del agua) (OP). Así pues de las 23 universidades públicas españolas que ofrecen un grado relacionado con la ingeniería civil 13 incluyen alguna asignatura relacionada con la química, 4 de ellas como materia de formación básica, 8 como materia obligatoria, común a la rama civil, y una de ellas como optativa.

El análisis de las guías docentes propuestas para las asignaturas relacionadas con la química, en las titulaciones que capacitan para el ejercicio de la profesión reglada de Ingeniero Técnico de Obras Públicas muestra claramente dos grandes grupos de orientaciones a la asignatura:

- a) Una orientación CIENTÍFICA BASICA en la que se detallan de forma rigurosa los temas fundamentales de la química.
- b) Una orientación, en la que sin descuidar los aspectos científicos se da una orientación muy APLICADA, haciendo especial énfasis en los procesos químicos que se presentan en aspectos relacionados con la profesión para la que capacita la titulación, tanto en el campo de los materiales de construcción, como en otros aspectos, como la depuración de aguas, contaminación, etc.

Los planes de estudio que se orientan según el primer enfoque son los de las Universidades de Burgos, Oviedo, País Vasco, Politécnica de Cartagena, y Zaragoza.

En ellos se puede encontrar un esquema común similar al que sigue:

- Conceptos básicos de química general: ecuaciones químicas y estequiometría, disoluciones, gases ideales.
- Estructura del átomo y enlace químico.
- Estados de agregación de la materia. Equilibrios entre estados. Diagramas de fases.

- Termodinámica. Energía y reacción química. Espontaneidad. Equilibrio químico.
- Cinética química.
- Reacciones de oxidación reducción. Ecuación de Nerst. Electrólisis. Corrosión.
- Reacciones ácido base.
- Solubilidad y precipitación.
- Química del agua. Composición de aguas naturales. El agua como material de construcción.
- Compuestos inorgánicos y orgánicos (sin hacer especial mención a los materiales de construcción)

Es especialmente llamativo el poco tiempo que se dedica a la última parte de la asignatura (p.e. 2.5 horas en la Universidad de Oviedo). También llama la atención que los programas en los que se dedica una parte de la asignatura a la química del agua (Universidad Politécnica de Cartagena) no se abordan aspectos tan relacionados con la profesión del ingeniero civil como los procesos de depuración de aguas, o los aspectos medioambientales relacionados con el agua y la construcción.

El enfoque más aplicado a la ingeniería civil que se aborda en el resto de universidades se hace una introducción más o menos amplia de los conceptos fundamentales de química general, y a partir de ahí se centran en las reacciones químicas de mayor importancia en el ámbito de la ingeniería civil (ácido base, precipitación, oxidación reducción), y en la química de los materiales de construcción, o bien se pasa directamente a los aspectos de la química relacionados con los materiales de construcción, su fabricación, procesos de hidratación, degradación por ataque químico, nuevos materiales etc.

Aunque ambos enfoques son igualmente válidos y han generado discusión en el seno del equipo docente años atrás, pero actualmente creemos que se debe proponer un temario y un enfoque de la asignatura eminentemente aplicado a la futura profesión del estudiante. Esto podrá ayudar a mejorar la motivación de los alumnos ya que hará que entronque con materias más específicas de su profesión y le podrá motivar como futuro profesional y hacerle consciente de la importancia que juegan los procesos químicos en muchos aspectos de la Ingeniería Civil.

2.2.2 Selección de la metodología a emplear.

Como se comentó en la revisión de la literatura en la asignatura se vienen utilizando desde su implantación metodologías interactivas con resultados bastante satisfactorios. Dicha metodología se ha utilizado básicamente para las sesiones en las que se resolvían los problemas de la asignatura, pero claramente no es suficiente. Aunque no es habitual el uso de otro tipo de metodologías en asignaturas de formación básica, tanto el aprendizaje basado en problemas como el basado en proyectos podrían ser útiles para aumentar la motivación del alumnado. Si se piensa en utilizar el aprendizaje basado en problemas será complicado encontrar problemas de la profesión sencillos que permitan que los estudiantes vayan adquiriendo las competencias y completen el proceso con éxito. Se podría plantear un aprendizaje basado en proyecto, que aunque no cubriese un proyecto total de ingeniería sí que podría ser una parte del proyecto, como la selección de los materiales para una obra de ingeniería.

Basándonos en la experiencia previa y que el bajo número de alumnos que actualmente se tiene en cada curso lo permitirá se utilizarán las metodologías interactivas, premiando el trabajo del estudiante. Por tanto, de cara a fomentar el interés del alumnado, y que vean la aplicación directa que los fundamentos de química pueden tener en Ingeniería Civil se propone utilizar la metodología del aprendizaje basado en proyectos, con las metodologías interactivas propuestas por Morell. Se encargará a los estudiantes una pequeña búsqueda de información al finalizar cada clase, y esta búsqueda de información servirá como base para la siguiente clase, en la que el profesor guiará e introducirá los conceptos de química necesarios para entender bien los procesos químicos que afectan los materiales de construcción, tanto en cuanto a sus propiedades físicas/mecánicas en servicio, como a los procesos de degradación que afectan a dichos materiales. Es bien conocida la reticencia de los estudiantes a hacer el trabajo encargado por el profesor. Pero también es conocida la forma de fomentar su participación: darles puntos. Por tanto se pedirá que los alumnos remitan antes de la clase vía campus virtual la información encontrada al profesor, y esto se incluirá con un 5-10% en la calificación final, como parte de la evaluación continua.

2.2.3 Programa docente y aplicación de la metodología propuesta

Teniendo en mente los descriptores de la ficha incluida en la memoria verificada, que deben ser cubiertos en el desarrollo del curso, uno de los posibles

itinerarios sería el que se describe a continuación, a partir de una breve introducción donde se darán unas nociones básicas.

En la primera clase, después de presentar la asignatura se realizará una introducción teórica sobre conceptos básicos de química que usaremos durante todo el desarrollo de la asignatura, como son los conceptos de átomo, molécula e ion, el concepto de mol, y la reacción química (estequiometría básica) y ecuación de los gases. Al finalizar esta primera clase se dejará claro a los alumnos que durante el curso vamos perseguir el siguiente **OBJETIVO: seleccionar los materiales más habituales y adecuados para la construcción y mantenimiento en buen estado de un puente** como el que se muestra en la Figura 2. Para ello se encargará a los alumnos que busquen cuales son los materiales que se usan habitualmente para este tipo de obras.

La respuesta esperada a la cuestión planteada es hormigón y acero. No sería extraño que los estudiantes propusiesen la respuesta hierro en lugar de acero. Este punto serviría para introducir el enlace metálico y justificar las ventajas que supone este tipo de enlace: alta resistencia y capacidad de que los materiales sean conformados. Sería este el momento para introducir las aleaciones metálicas, ventajas que suponen frente a los metales puros, e influencia de la composición de la aleación en las propiedades en servicio de las aleaciones.

Por tanto se iniciará el estudio de los diferentes tipos de acero al carbono en función de su composición. Dado que las aleaciones suelen ser disoluciones sólidas se introducirá el concepto de disolución, y una de las formas de expresar la concentración como es el porcentaje en masa, el más habitual en las aleaciones. Se introducirá el concepto de fase y los diagramas de fases para aleaciones metálicas, las reacciones que aparecen en dichos diagramas y la clasificación atendiendo al contenido en carbono. Se instará a que los estudiantes busquen para la siguiente clase las propiedades de los diferentes tipos de aceros, hipoeutectoide, eutectoide e hipereutectoide. En la siguiente clase se revisarán las propiedades encontradas, y se hará ver que aunque todos los aceros tienen las mismas fases (aunque cambie el porcentaje de cada uno de ellos) los cambios tienen más que ver con la forma en la que dichas fases están distribuidas, es decir los constituyentes. Se instruirá a los alumnos en el cálculo de las fases y constituyentes para diferentes porcentajes de aleación, enseñándoles así el uso práctico de los diagramas de fases para aleaciones metálicas. Se terminará la clase con un resumen de las propiedades mecánicas en función del contenido en carbono del acero

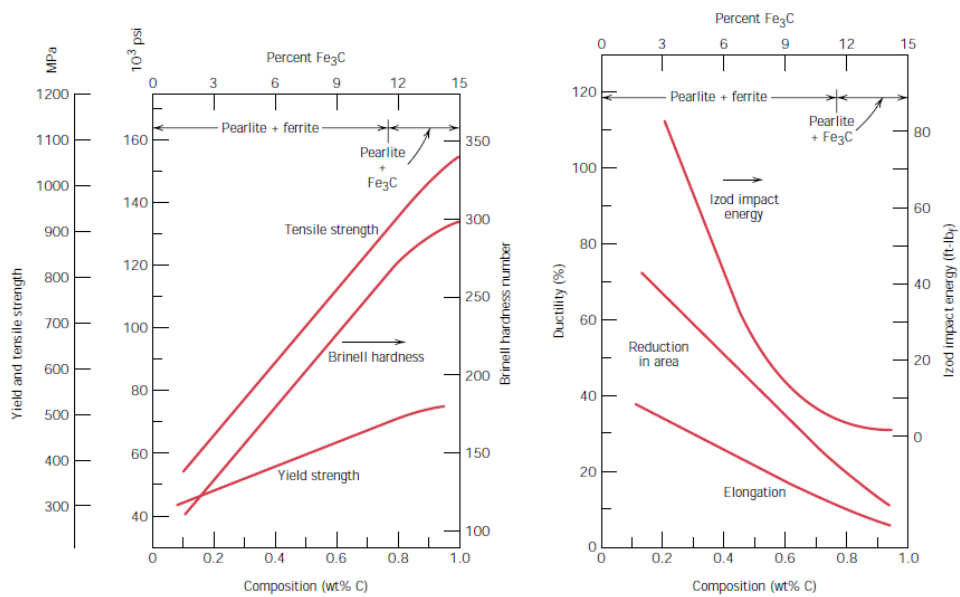
(Figura 3), y la selección del tipo de acero optimo tanto para las armaduras embebidas en la estructura de hormigón como para los tirantes del puente.

Figura 2. Puente de Rande (Pontevedra). Ejemplo de proyecto a desarrollar. Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/>



El otro material que los alumnos deberían haber propuesto es el hormigón. Se pedirá que busquen los principales componentes del hormigón (agua, árido y cemento) y cuál es el mecanismo que hace que materiales granulados a los que se añade un líquido pasan a formar un material sólido. Las reacciones de hidratación del cemento son las principales responsables de esta transformación, y servirá para estudiar los temas de reacción química, introduciendo conceptos como reactivo limitante, para fijar la mínima cantidad de agua teórica, el rendimiento, bien por evaporación del agua o por la cantidad de pasta que quede sin reaccionar, y la influencia del enlace químico. El curado del hormigón, que muchos alumnos han observado en obras reales, servirá para introducir el cambio de estado de agregación, el equilibrio líquido vapor y el concepto de humedad relativa, muy importante para entender la saturación o vaciado de los poros del hormigón, proceso que afectará al ingreso de agresivos y a la durabilidad del hormigón.

Figura 3. Propiedades mecánicas de los aceros en función del porcentaje en carbono y sus constituyentes. Fuente: Callister W.D. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los materiales. Vol.1. Ed Reverté, Barcelona, 2012.



Previo al estudio del cemento se estudiarán el yeso y la cal, como materiales conglomerantes más sencillos que los cementos. Se estudiarán tanto sus reacciones de formación como las que dan lugar al fraguado y endurecimiento, introduciendo estos conceptos en ese momento, y proponiendo problemas sencillos de hidratación para el cálculo de porosidad y densidad de los materiales fraguados. En esta parte se explicarán las reacciones de solubilidad y precipitación aprovechando uno de los mecanismos que se ha propuesto para el fraguado del yeso. Se introducirán los conceptos de solubilidad e ion común, y los equilibrios químicos (incluyendo las constantes de equilibrio). En esta parte también se introducirán algunos conceptos termodinámicos, como la espontaneidad de una reacción química y la variación de energía en una reacción. Para ello se realizará un experimento sencillo en clase en el que se hidratará una muestra de yeso y con un termopar se verá el aumento de temperatura. Se introducirá la variación de energía libre de Gibbs para explicar la espontaneidad de una reacción química y se relacionará con el equilibrio anteriormente expuesto. Se introducirá el concepto de cociente de reacción y sus diferencias con la constante de equilibrio, así como los factores que afectan a la constante.

Entrando ya en el tema de los cementos, se estudiará la composición del cemento (introduciendo la nomenclatura de la química del cemento), y el proceso de fabricación, así como los componentes mineralógicos mayoritarios del clínker. Se pedirá a los alumnos que lean la norma UNE-EN 197-1:2001 [i] (o la versión

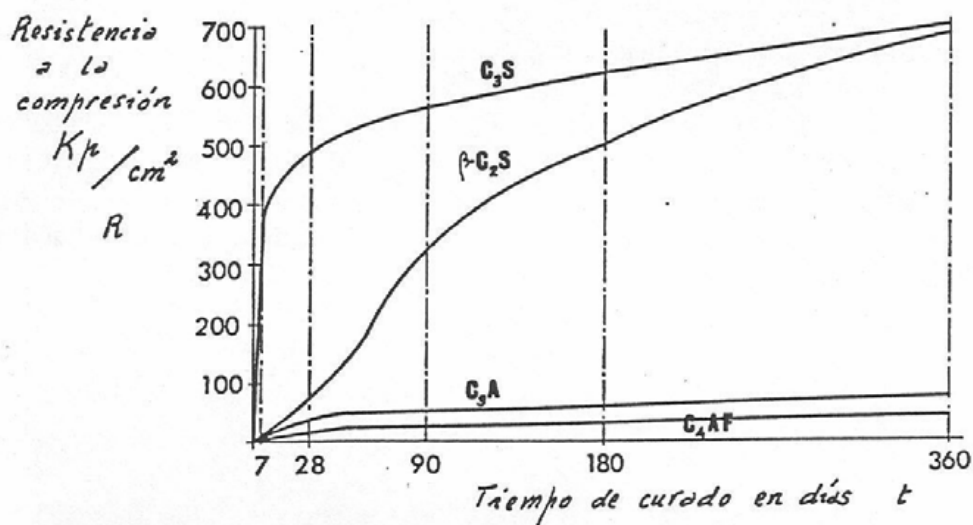
actualizada para cada curso, facilitada gratuitamente para los estudiantes por la biblioteca), y que visiten la página web del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) [ii]. Esta norma cumplirá una doble misión. Por una parte el estudiante empezará a relacionarse con las normas, herramienta esencial de trabajo para un ingeniero, y por otra parte será un material de trabajo esencial a lo largo del curso.

El primer aspecto en el que se pedirá a los alumnos que se fijen será en las diferentes clases resistentes del cemento. Se justificarán las diferencias en la clase resistente a partir de la evolución teórica de la resistencia a compresión de los productos dados por la hidratación de cada uno de los componentes mineralógicos del cemento (Figura 4). A partir de este punto se propondrá la posibilidad de preparar un material adecuado a las necesidades en obra. Se introducirán los parámetros de dosificación, así como su relación con los procesos que ocurren durante la fabricación del cemento y su posible influencia en las propiedades finales, y se practicará sobre los procesos de dosificación del crudo a partir de las materias primas y el cálculo de la composición final del clínker. Estos cálculos se podrán realizar tanto estequiométricamente como utilizando las fórmulas de Bogue y Locher [iii]. Este último procedimiento, aunque aparentemente menos relacionado con la química, es el más comúnmente aplicado en la industria. Se explicará a los alumnos los condicionantes a tener en cuenta para aplicar de forma correcta la citada norma, y se hará hincapié en que en cualquier caso el método estequiométrico funcionará para calcular la composición final del clínker.

Para finalizar la formación del cemento se hablará de las adiciones. La mayoría de ellas se extraerán de la norma UNE-EN 197-1. Se relacionarán dichas adiciones con los diferentes tipos de cemento descritos en la norma, se explicará sus ventajas y la normativa aplicable en el caso de que se usen para preparar hormigón en obra.

Mención aparte merecerá el yeso y su papel como regulador del fraguado. Se explicará la necesidad de adicionar yeso, y la formación de etringita primaria, introduciendo así las reacciones de hidratación de los cementos. Se detallarán las reacciones (simplificadas) de hidratación del clínker y los diferentes productos que se forman a partir de cada uno de los componentes mineralógicos. También se expondrán las reacciones que ocurren con las puzolanas, y se relacionarán con las consecuencias positivas que se habían descrito previamente.

Figura 4. Contribución a la resistencia a compresión de los cementos de cada uno de los componentes del clínker. Fuente : Temas de Química II para ITOP e ICCP. P. Garcés et al. Ed. Ramón Torres Gosálvez, Alicante, 2009.



Los estudiantes podrán elegir en este momento uno u otro tipo de cemento en función del entorno en el que se quiera construir el puente objeto de esta asignatura, teniendo en cuenta además aspectos como la necesidad de que la obra avance rápidamente, etc.

Sin embargo, en esta decisión preliminar no se ha tenido en cuenta la necesidad de que la estructura se mantenga en buen estado durante un número mínimo de años. Se facilitará a los estudiantes la parte de la EHE-08 en la que se establece la vida mínima para cada estructura o elemento en la obra y se les pedirá que investiguen sobre las principales causas de deterioro de las estructuras de hormigón armado (como sería su puente). Una búsqueda en Google (esperable que realicen los alumnos) devuelve mayoritariamente problemas de adherencia acero-hormigón y problemas de corrosión.

Se iniciará pues el estudio de la corrosión, planteando a los alumnos la búsqueda de la reacción o reacciones que ocurren. Sería previsible que solamente se ocuparan de la reacción de oxidación, y habría que plantear que ocurre con los electrones, si se quedan dentro del metal oxidado (quedaría con carga eléctrica) o se transfieren a alguna otra sustancia. Así se explicarán las reacciones de oxidación y reducción, dando las condiciones para que estas reacciones puedan tener lugar. Se expondrá el concepto de potencial, como fuerza para captar electrones, y se justificará el cálculo del potencial en condiciones no estándar exponiendo la corrosión por aireación diferencial, dando ejemplos donde ocurre en Ingeniería Civil (por ejemplo una coquera que deje paso de oxígeno en abundancia a una parte del acero embebido, mientras que el resto de la

armadura tiene un menor acceso de oxígeno por la compacidad del hormigón. En el caso de tener un grupo reducido de alumnos sería posible realizar una salida al exterior del aula para que los alumnos puedan apreciar como este es un fallo de ejecución bastante común y cómo tendrá influencia en la posible corrosión de la armadura.

En este punto se pedirá a los alumnos que indaguen sobre la protección que el hormigón proporciona al acero contra la corrosión a partir de la posible creación de capas pasivas protectoras. Los alumnos deberían averiguar que se forma una capa pasiva por efecto del hormigón sobre el acero, y quizás alguno de ellos encontrará el diagrama de Pourbaix para el hierro. Se explicará también la diferencia entre la capa pasiva de un acero al carbono embebido en hormigón y la que se genera en cualquier condición en un acero inoxidable. Como en dicho diagrama aparece el concepto de pH se encargará a los alumnos que para la clase siguiente busquen el concepto de pH. A partir de ahí se desarrollará la teoría ácido-base, identificando los productos de hidratación del cemento que pueden causar un pH básico. Se calculará en clase el pH conocida la solubilidad del Ca(OH)_2 , de forma que los estudiantes puedan relacionar los diferentes aspectos de la asignatura.

Una vez introducidas las reacciones ácido-base, se verán las principales causas que desencadenan la corrosión, la carbonatación, con la consiguiente bajada de pH y el desencadenamiento de corrosión generalizada, y los cloruros, que causarán una disolución localizada de la capa pasiva.

En función del tiempo y de la información aportada por los alumnos a continuación se podría hacer una breve introducción a la durabilidad frente al ataque por sulfatos y en climas fríos.

Con toda esta información replantearíamos a los estudiantes la elección inicial que habían hecho del cemento

Para concluir con los descriptores incluidos en la ficha de la memoria verificada, se comenzaría con los aspectos de contaminación atmosférica, partiendo del proceso de fabricación del cemento. En el caso de que el grupo de alumnos fuese reducido se podría planificar una visita a la planta de CEMEX que está muy próximo a la Universidad para que los alumnos observen in-situ los principales problemas de emisión de contaminantes que tienen la mayoría de las industrias. Se finalizaría el temario con una breve descripción de los procesos de contaminación y depuración de aguas, como una introducción a la asignatura “Ingeniería Sanitaria” de 3er curso del grado.

Las tutorías grupales por tanto se adecuarían al orden decidido por los estudiantes (o al que el profesor los lleve) realizando la práctica de problemas siempre después de haber visto la teoría en clase.

Para apoyar la clase se utilizarán diapositivas, preparadas y consensuadas por todos los profesores de la asignatura, asegurando así la igualdad de contenidos recibidos en todos los grupos del curso. Dichas diapositivas se complementarán por supuesto con el discurso del profesor, que deberá procurar no leer el contenido de la diapositiva, sus posibles explicaciones en la pizarra, apoyo con alguna página web si fuese necesario, etc. A fin de mantener la atención del alumnado se debe interactuar continuamente con ellos, procurando hacer que los estudiantes respondan a cuestiones relacionadas con aspectos vistos previamente en la clase, o en el temario de la asignatura, de modo que se fomente el hábito de pensar e interrelacionar diferentes aspectos de una misma materia. Este hábito es esencial en su formación posterior, pero es que además se contribuye al desarrollo de las competencias CB-4 (Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado) y CT-7 (Capacidad de exposición oral y escrita).

En estas sesiones teóricas con, posiblemente, un importante número de estudiantes también se pueden resolver algunos problemas numéricos, que servirán de guía y ejemplo a los estudiantes para el trabajo no presencial que se les requerirá.

Para las sesiones de tutoría grupal se opta por una metodología interactiva. Se facilita con suficiente tiempo a los alumnos una lista de problemas que deberán traer resueltos a la tutoría grupal. Dicha tutoría se dedica a resolver las dudas puntuales que puedan quedar en los alumnos después de la clase de teoría y su trabajo en casa, se insistirá en los aspectos más importantes, se pretenderá comparar las distintas formas de solucionar los problemas a las que pueden llegar los alumnos. Se fomentará el que los alumnos busquen nuevos problemas que se podrán resolver como complementos en el aula. Esta forma de trabajar, especialmente cuando se ha hecho en grupos pequeños ha dado muy buenos resultados en el proceso de enseñanza aprendizaje, y también en cuanto a satisfacción personal de los estudiantes (Sánchez, 2012). En estas sesiones también se realiza una parte de la evaluación continua, preguntando a los estudiantes por los temas de teoría explicados hasta ese punto, utilizando para ello un test, y se pedirá, para comprobar que el alumno ha comprendido y ha trabajado los problemas propuestos, que resuelva un problema similar a los propuestos. En la siguiente sesión se da la respuesta a los alumnos, corrigiendo tanto el problema como el test teórico. Esto

refuerza los conocimientos del estudiante, tal y como se explicará en la sección dedicada a la evaluación.

3. CONCLUSIONES

Se ha realizado un análisis exhaustivo de los programas y enfoques de asignaturas similares, y dada la problemática concreta (falta de motivación del alumnado) se ha optado por el enfoque más aplicado.

Se ha elegido la metodología más adecuada entre las estudiadas por el equipo optándose por un aprendizaje basado en proyectos y trabajo previo del alumno.

Una vez establecidos los puntos anteriores se ha hecho una propuesta mejorada de programa que se ensayará en el curso 2016-17.

4. DIFICULTADES ENCONTRADAS

Se ha encontrado poca dificultad, ya que todas las universidades disponen de la información en sus páginas web, y hay multitud de trabajos sobre metodologías docentes aplicables a la ingeniería.

5. PROPUESTAS DE MEJORA

Durante el curso 16-17 se implantará el nuevo programa y la nueva metodología y se realizarán reuniones periódicas (cada 2-3 semanas) del equipo docente a fin de detectar cualquier fallo y posible mejora en la propuesta realizada, así como para coordinación de contenidos, y avance en la materia. Con las mejoras detectadas se propondrán nuevos cambios hasta ajustar completamente tanto programa como metodologías docentes.

6. PREVISIÓN DE CONTINUIDAD

Como ha quedado claro en el apartado anterior es necesario realizar un seguimiento de los resultados obtenidos y de las dificultades ya en la implantación real de la metodología y programa propuestos, por tanto con altas posibilidades se solicitará un nuevo proyecto de Redes.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albanese, M. A. (2010). Problem-Based Learning. In *Understanding Medical Education* (pp. 37–52). Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Barron, B. J. S., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., & Bransford, J. D. (2011). *Doing With Understanding: Lessons From Research on Problem- and Project-Based Learning*.
- Cabeza, M., Díaz, B., Freire, L., & Sánchez, I. (2013). The methodology of PBL applied to undergraduate engineering students (Vol. 3, pp. 2083–2088). Chamber of Mining Engineers of Turkey.
- Coyle, E. J., Jamieson, L. H., & Oakes, W. C. (2005). EPICS: Engineering projects in community service.
- De Graaff, E., & Kolmos, A. (2003). Characteristics of Problem-Based Learning. *International Journal of Engineering Education*, 19(5), 657–662.
- Morell Moll, T. (2004). *La interacción en la clase magistral*. Universidad de Alicante: Servicio de publicaciones.
- Morell Moll, T. (2009). *¿ Cómo podemos fomentar la participación en nuestras clases universitarias?* Alicante: Marfil.
- Sánchez, I., Zornoza, E., Garcés, P., & Climent, M. A. (2011). The importance of reduced groups in the adaptation of the engineering studies to the EHEA. The case of chemistry for civil engineering. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN 11)*.
- Sander, P., Stevenson, K., King, M., & Coates, D. (2000). University Students' Expectations of Teaching. *Studies in Higher Education*, 25(3), 309–323.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11(4), 381–419. [http://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00038-4](http://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00038-4)

Notas

ⁱ UNE-EN 197-1:2011. Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes. AENOR (2011)

ⁱⁱ www.ieca.es

ⁱⁱⁱ UNE 80304:2006. Cementos. Cálculo de la composición potencial del clínker pòrtland. AENOR (2006)