

## LAS BELLAS ARTES EN LA INGENIERÍA DE MATERIALES (El proyecto de las campanas)

*M. Segarra, E. Xuriguera, M. Martínez, A.I. Fernández*

Grupo Consolidado de Innovación Docente en estructura, propiedades y procesado de materiales (GIDC e-ppm), Departamento de Ciencia Materiales y Química Física, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès, 1, 08028-Barcelona (Spain), [m.segarra@ub.edu](mailto:m.segarra@ub.edu)

**Resumen:** Los materiales no se estudian únicamente en el grado de Ingeniería de Materiales. Los podemos encontrar en otras ramas del conocimiento, aunque sólo se utilicen algunas de sus propiedades o bien se estudien desde otra perspectiva. La Universitat de Barcelona es una universidad generalista, con cinco campus en la ciudad, alrededor de 65000 estudiantes y con más de 50 departamentos especializados en diferentes áreas del conocimiento, a menudo con escaso conocimiento de las actividades desarrolladas por los demás. Esta falta de contacto entre las áreas puede salvarse por la proximidad de las facultades (en el mismo campus) llegando a desarrollar actividades interdisciplinarias que mejoran las habilidades de aprendizaje de los estudiantes. La actividad que se presenta permite a los estudiantes poner en práctica los conocimientos presentados en distintas asignaturas previas del grado así como algunas de las técnicas discutidas en clase, además de correlacionar sus estudios con diferentes disciplinas.

**Palabras clave:** Aprendizaje basado en proyectos, interdisciplinariedad, interuniversitario.

### 1. INTRODUCCIÓN.

El espacio EEES tiene entre sus objetivos: aumentar la motivación de los estudiantes, desarrollar la creatividad, uso adecuado del tiempo de dedicación del alumno (ECTS), facilitar la comprensión de los conceptos teóricos, potenciar las competencias transversales (grupos de trabajo, pensamiento crítico...), herramientas de evaluación de competencias. Pero ¿cómo?

La implementación ABP en asignaturas de Ciencia de Materiales en el marco de la red IdM@ti ha llevado a un refuerzo positivo en las calificaciones obtenidas por los estudiantes [1].

Por otro lado, el Barcelona Knowledge Campus, BKC [2], sirve de marco para la colaboración estratégica, con áreas de especialización en ciencias de la vida, ciencias sociales y tecnologías (Facultades de Ciencias, Bellas Artes y escuelas de Ingeniería y Arquitectura).

En esta actividad han participado miembros del Departamento de Ciencia de Materiales y Química Física (Facultad de Química, UB), del Departamento de Escultura (Facultad de Bellas Artes, UB) y del Departamento de Física Aplicada (Escuela de Edificación de Barcelona, UPC).

### 2. OBJETIVOS.

Una de las asignaturas obligatorias de tercer año del Grado de Ingeniería de Materiales en la Universitat de Barcelona es "Laboratorio de Materiales". En ella, los estudiantes trabajan en grupos de 4 o 5 alumnos mediante la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP). Cada grupo deberá hacer frente a un problema específico relacionado con algún material para una aplicación determinada. Un ejemplo de estos

trabajos es la determinación de la composición ideal de un bronce de estaño para la fabricación de campanas.

El objetivo de la actividad era que los alumnos programaran el trabajo necesario para resolver el problema planteado y que llevaran a cabo todas las tareas: producción y caracterización de aleaciones, fabricación de campanas y caracterización de su sonido. Los conocimientos previos aportados por asignaturas del grado (Metalúrgica física, Obtención y procesado de materiales, Metales y aleaciones, Materialografía) podían ser aplicados de forma experimental durante toda la actividad.

### 3. METODOLOGÍA.

#### Planteamiento del problema

“El Catedrático de Arte Sonoro de la Facultad de Bellas Artes de la Universitat de Barcelona, nos ha pedido que le aconsejemos sobre cuál es el mejor material para fabricar una campana. Quieren participar en un concierto, que se realizará en el Paraninfo de la UB, sobre una adaptación para esculturas sonoras de una pieza plurifocal de campanas, de Llorenç Barber el próximo mes de Noviembre. Necesitan 4 campanas para que los estudiantes del Máster de Arte Sonoro puedan participar en el concierto del Paraninfo”.

#### Plan de trabajo

Los estudiantes plantean, bajo el seguimiento de un profesor-tutor, el desarrollo del proyecto incluyendo un posible cronograma (que va ajustándose a medida que se desarrolla la actividad). En la ejecución del trabajo debe tenerse en cuenta la coordinación con otros grupos de la misma asignatura en cuanto a la ocupación de

espacios de trabajo, la utilización de equipamientos y los desplazamientos a otros departamentos.

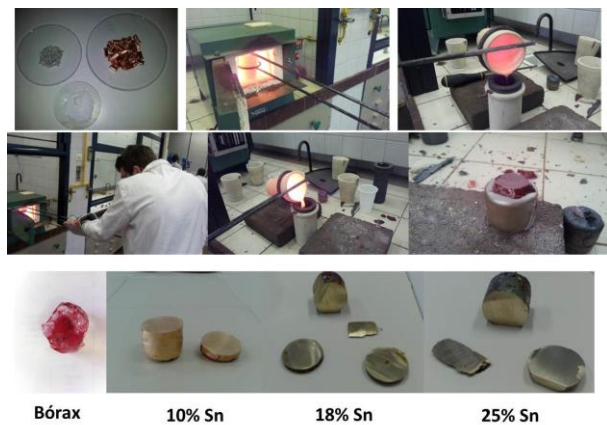
En primer lugar, recopilaron una documentación exhaustiva sobre las aleaciones más usuales para la fabricación de campanas. Para ello hicieron uso del software CES-Edupack [3]. Después de seleccionar tres aleaciones, los estudiantes las obtuvieron en el laboratorio del Departamento de Ciencia de Materiales y Química Física, y caracterizaron su microestructura con las técnicas habituales de caracterización metalográfica. Además, fabricaron varios moldes para campanas con distintas formas, en los que vertieron las aleaciones fundidas obtenidas previamente, en el taller del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes, con la supervisión de los profesores de ese departamento. Después, se realizó la caracterización acústica de las campanas en el Departamento de Física Aplicada de la Escuela de Edificación de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Finalmente, los estudiantes debían redactar un informe completo y presentar los resultados ante un tribunal constituido por profesores del grado.

**4.- DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.**

Se seleccionaron tres composiciones de bronce (10% Sn, 18% Sn, 25% Sn).

En la Figura 1 se presentan las imágenes con el proceso de obtención de las aleaciones.

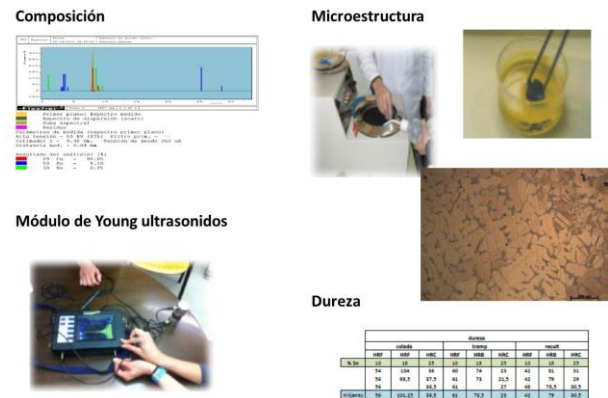


**Figura 1.** Proceso de obtención de las aleaciones.

Una vez obtenidas, procedieron a caracterizar la composición de las aleaciones, analizar su microestructura, caracterizar su módulo de Young (ya que el sonido que emiten depende de esta propiedad y de la densidad) y su dureza (Figura 2).

La composición de las aleaciones fue realizada mediante análisis por espectroscopía de dispersión de energías (EDS) en un microscopio electrónico de barrido y por fluorescencia de rayos-X. Después se procedió a determinar su microestructura mediante las técnicas metalográficas de desbaste, pulido, ataque metalográfico y observación microscópica. Por otro lado, determinaron su densidad por el método de

Arquímedes, el módulo de Young por ultrasonidos y la dureza mediante un durómetro.



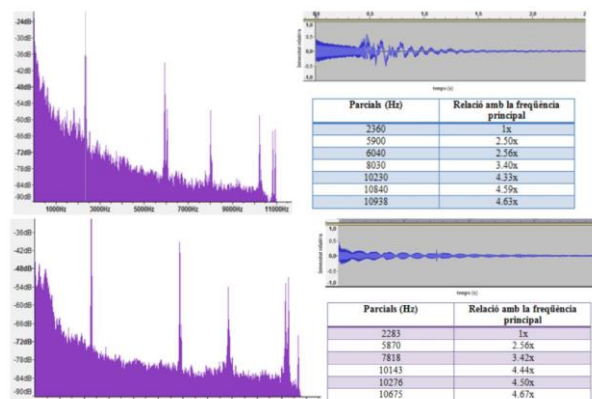
**Figura 2.** Caracterización de las aleaciones obtenidas.

La preparación de las campanas se realizó por el método de colada a la cera perdida (Figura 3). Los estudiantes prepararon los moldes sobre los que los encargados del taller del Departamento vertieron las aleaciones una vez fundidas. Tras enfriarlas, procedieron a desmoldear las campanas y desbastar las rebabas.



**Figura 3.** Proceso de obtención de una campana.

Finalmente, midieron experimentalmente el sonido que emitían al ser golpeadas por un martillo de goma, registrándolo con un micrófono y analizando la evolución de las frecuencias de vibración con un programa adecuado.



**Figura 4.** Caracterización de las propiedades acústicas.

## 5.- EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD.

Al finalizar la actividad, los estudiantes debían redactar un informe completo y presentar y discutir los resultados ante un tribunal constituido por profesores del grado.

Con esta actividad se pretendía evaluar distintas competencias como son: la organización del tiempo de trabajo, el trabajo en grupo, el pensamiento crítico, la actitud responsable y finalmente, la comunicación oral.

Los profesores implicados evaluaron positivamente los siguientes aspectos: la interrelación de diferentes disciplinas con el nexo común de la ciencia y la ingeniería de materiales, el uso de diversas y variadas instalaciones y, sobretodo, la mejora de competencias.

Sin embargo, detectaron que esta actividad conlleva una gran dedicación y coordinación para los docentes, con problemas logísticos y de organización, ya que el tiempo planificado para la realización de la actividad era limitado.

Como resultado de esta interdisciplinariedad, en cuarto curso se oferta la asignatura optativa Modelos, Maquetas y Prototipos impartida por el Departamento de Artes Visuales y Diseño.

## 6.- CONCLUSIONES.

Los resultados muestran que los estudiantes no sólo pueden poner en práctica algunas de las técnicas discutidas en clase, sino también pueden correlacionar sus estudios con diferentes disciplinas.

La experiencia ha sido muy satisfactoria tanto para los estudiantes como para los profesores implicados.

## 9.- REFERENCIAS

[1] Moliner, M.L., Guraya, T., Lopez-Crespo, P., Royo, M., Gamez-Perez, J, Segarra, M., Cabedo, L., Acquisition of transversal skills through PBL: a study of the perceptions of the students and teachers in materials science courses in engineering, Mult. J. Edu. Soc & Tec. Sci., 2 (2) (2015) 121-138.

[2] Campus de Excelencia Internacional Barcelona Knowledge Campus, [www.bkc.upc.edu](http://www.bkc.upc.edu), consultada 4/12/2016.

[3] CES Edupack, 2014, Granta Design Ltd., Cambridge (UK).