

INICIACIÓN A TÉCNICAS AVANZADAS USADAS PARA ENSAYAR MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

INTRODUCTION TO ADVANCED TECHNIQUES USED TO ASSAY BUILDING MATERIALS

Eduardo González Díaz

egonza@ull.edu.es

José Manuel Alonso López

jmalopez@ull.edu.es

Universidad de La Laguna, España.

Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura

Marcos José Frías García

mjfrías@ull.edu.es

Servicio General de Apoyo a la Investigación de la

Universidad de La Laguna

Enrique González Cabrera

eglezc@ull.edu.es

Universidad de La Laguna, España.

Departamento de Ingeniería Química

RESUMEN

Una de las principales actividades profesionales del arquitecto técnico es aplicar los conocimientos a casos reales. Por lo tanto, el logro de la competencia: «*capacidad para aplicar el conocimiento a la práctica*» es uno de los más valorados por los graduados y los empleadores (González & Wagenaar, 2003). El objetivo de este proyecto de innovación educativa es dar a conocer a los estudiantes, que serán futuros profesionales de la construcción, las metodologías y técnicas avanzadas que se utilizan actualmente para la caracterización, identificación y diagnóstico de los materiales de construcción. Para lograr los objetivos de este proyecto se solicitó apoyo técnico e instrumental al Servicio General de Apoyo a la Investigación de la Universidad de La Laguna. El análisis termogravimétrico, el análisis elemental CHNS y la pycnometría de helio se utilizaron para realizar ensayos en los siguientes conglomerantes: cal, yeso, cemento portland y cemento de aluminato de calcio. Los resultados del proyecto de innovación fueron presentados por los estudiantes en un video divulgativo que se publicó en el canal de *youtube* del servicio ULLmedia de la Universidad de La Laguna.

PALABRAS CLAVE: Innovación Educativa; Arquitectura Técnica; Análisis Termogravimétrico; Pycnometría de Helio; Análisis Elemental CHNS.

ABSTRACT

One of the main professional activities of the building engineer is applying the knowledges to real cases. Therefore, the achievement of the competence: “*ability to apply knowledge to practice*” is one of the most valued by graduates and employers. The aim of this educative innovation project is teaching to students, which will be future construction professionals, the advanced methodologies and techniques that are being currently used for the characterization, identification and diagnosis of building materials. Instrumental and technical support was requested to the Research Support General Service of the University of La Laguna to achieve the aims of this project. The thermogravimetric analysis, the CHNS elemental analysis and the helium pycnometry were used to carry out testing on the following binders: lime, gypsum, Portland cement and calcium aluminate cement. The results of the innovation project were presented by the students in an informative video which was published on the Youtube channel of the ULLmedia service of the University of La Laguna.

KEYWORDS: Educational Innovation; Building engineer; Thermogravimetric analysis; Helium pycnometry; CHNS Elemental Analysis.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de innovación educativa tuvo como principal objetivo introducir a los estudiantes en el conocimiento y el uso de algunas técnicas instrumentales avanzadas usadas para ensayar materiales de construcción. El alto coste de la instrumentación especializada impide que estos equipos estén presentes en los laboratorios de prácticas docentes de las titulaciones de grado. Sin embargo, estas técnicas se aplican actualmente de manera

frecuente en estudios de patología y rehabilitación en edificación por lo que es necesario que los estudiantes conozcan sus posibilidades desde un punto de vista práctico y contextualizado en el ámbito de la edificación (Figura 1). Como principales objetivos del proyecto de innovación se formularon los siguientes:

- Iniciar al estudiante en la planificación y utilización de técnicas avanzadas para la caracterización de materiales de construcción.
- Comprender los fundamentos del análisis termogravimétrico (TGA), análisis elemental CHNS y picnometría de helio e interpretar los resultados obtenidos, su alcance y validez.
- Conocer y valorar las posibilidades que ofrece el Servicio General de Apoyo a la Investigación (SEGAI) para dar soporte científico, instrumental y técnico a los futuros trabajos profesionales en el ámbito de la edificación.
- Difundir mediante un reportaje divulgativo de corta duración las actividades desarrolladas en el ámbito universitario como muestra de competencias que, siendo demandadas por los empleadores, se adquieren dentro del perfil profesional del arquitecto técnico.

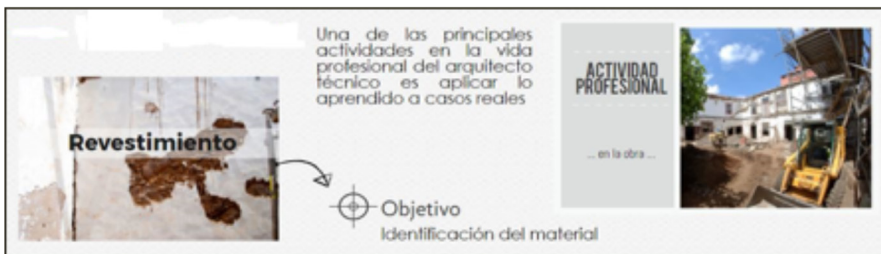


Figura 1. Identificación de conglomerantes del revestimiento en una obra de rehabilitación patrimonial en La Laguna.

Como aspecto novedoso cabe destacar que esta propuesta desarrollada favorece además el uso más eficiente de los recursos disponibles en la Universidad de La Laguna (ULL). Por otra parte, la realización de este proyecto contempló la grabación de un reportaje divulgativo que sirve de difusión y promoción de las actividades desarrolladas en el ámbito universitario y pone en valor las enseñanzas impartidas en esta Universidad. Dicho reportaje ofrece una presentación contextualizada en el ámbito de la edificación de una parte del soporte científico, instrumental y técnico que el SEGAI oferta a los profesionales de la construcción.

METODOLOGÍA

El estudiante aprende un contenido cualquiera cuando es capaz de atribuirle un significado. Para lograr esto se requiere centrar el proceso de enseñanza-aprendizaje, no en la transmisión de conocimientos, sino en la adquisición de competencias que definen un perfil profesional. Se propuso en este proyecto la utilización de una metodología activa centrada en la realización de prácticas usando las técnicas de análisis termogravimétrico (González-Díaz & Alonso-López, 2017), análisis CHNS y picnometría de helio para el estudio de yesos, cales y cementos portland y de aluminato de calcio. Los estudiantes trabajaron las diferentes actividades en grupos aunque las encuestas de conocimientos previos, intereses y satisfacción se realizaron de manera individual. Así, la parametrización del proyecto se llevó a cabo mediante cuestionarios de satisfacción del alumnado y valoración de los resultados de aprendizaje por el efecto de la innovación presentada. Especialmente se recogió el interés del alumnado por incorporar en las enseñanzas prácticas del Grado en Arquitectura Técnica una iniciación a este tipo de técnicas avanzadas.

El tratamiento de los datos obtenidos sobre los conglomerantes en los ensayos realizados mediante las diferentes técnicas se llevó a cabo en el aula con el objetivo de que el estudiante comprenda su interpretación, alcance y validez de los mismos. La correcta interpretación de estos datos aporta la herramienta necesaria para la elaboración de informes técnicos referentes a la caracterización y/o diagnosis de los materiales de construcción.

RESULTADOS

PARTICIPACIÓN

Previamente al inicio del desarrollo del proyecto y posteriormente a la presentación de sus objetivos y contextualización en el sector de la construcción, se realizó una encuesta anónima para conocer la intención del alumnado en participar en el mismo. Se explicó a los estudiantes que la participación del proyecto requiere de un tiempo de trabajo extra para la elaboración de muestras de conglomerantes, visitas a las instalaciones del SEGAI y grabación de un reportaje multimedia. Bajo estas premisas un 87% del alumnado manifiesta su intención de participar si bien, posteriormente, el porcentaje de alumnos que participan de manera continuada en todas las actividades desarrolladas en el proyecto es del 66%. El abandono se debe fundamentalmente a problemas de incompatibilidad horaria con otras actividades académicas, familiares y laborales.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Al inicio del desarrollo del proyecto y con objetivo de valorar los conocimientos previos en relación a las técnicas de ensayo que podrían usarse para la identificación y caracterización de los conglomerantes objeto de estudio, sólo un 12% de los estudiantes presentó técnicas que podrían considerarse viables contemplando de manera justificada el ensayo y una metodología para la identificación del conglomerante (Figura 2). En el 89% de los casos la técnica propuesta no fue adecuada o se desconocía cómo la técnica permite identificar el conglomerante.

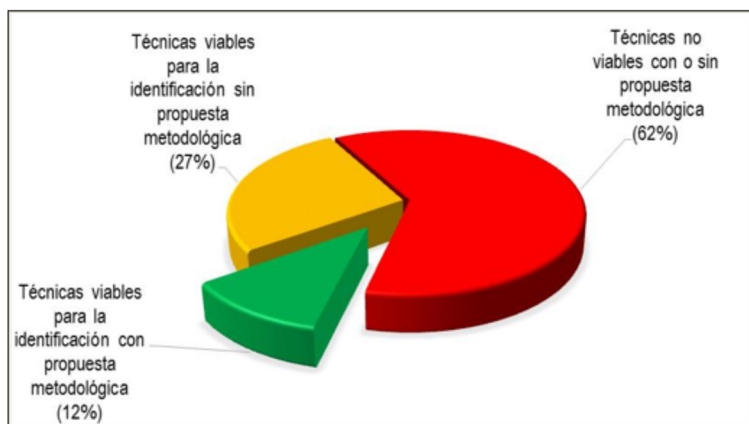


Figura 2. Valoración de conocimientos previos sobre técnicas para la identificación de conglomerantes.

DESARROLLO

Una vez explicitados los conocimientos previos y definidas las posibles metodologías viables para la identificación de estos conglomerantes, se propuso a los estudiantes la consulta a la página web del SEGAI (Universidad de La Laguna, 2017) para conocer las técnicas y servicios que ofrece. Tomando como base los servicios ofertados en el SEGAI se presentan los fundamentos físico-químicos de las técnicas junto con la metodología a aplicar para la identificación de los conglomerantes en estudio y las actividades a desarrollar para la consecución de los objetivos del proyecto.

Dentro de las actividades propuestas, el mayor interés del alumnado se centra en la preparación y toma de muestras de los conglomerantes (36%), seguida de la actividad referente al ensayo de análisis termogravimétrico (32%) y el diseño, grabación y edición del reportaje (14%). La Figura 3 muestra los porcentajes del interés del alumnado por las distintas actividades. El cuestionario para conocer el interés por las actividades fue

respondido por el alumnado después de la explicación de los fundamentos físico-químicos de las técnicas, pero antes de la realización de la sesión práctica en el SEGAI. El menor interés por las técnicas propiamente dichas manifestado inicialmente por el alumnado parece estar en coherencia con lo comentado anteriormente en relación a que el estudiante aprende (le interesa) un contenido cualquiera cuando es capaz de atribuirle un significado.

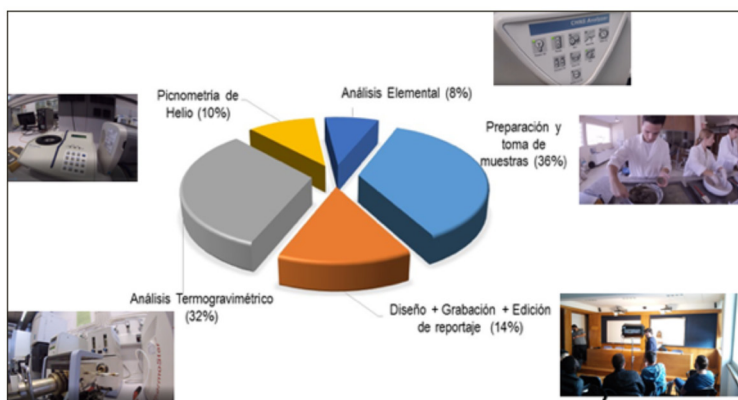


Figura 3. Interés del alumnado por las actividades a desarrollar dentro del proyecto.

ACTIVIDADES

Las actividades desarrolladas durante la implementación del proyecto consistieron en (Figura 4): (1) elaboración de muestras, (2) visita a los servicios del SEGAI y entrega de muestras a ensayar, (3) tratamiento de datos e interpretación de resultados, y (4) grabación del reportaje con el servicio ULLmedia.



Figura 4. Imágenes de las actividades desarrolladas durante la implementación del proyecto: (1) dosificación, amasado y etiquetado; (2) visita al SEGAI y entrega de muestras; (3) grabación de vídeo divulgativo con los servicios de ULLmedia.

En la Tabla 1 se muestran las dosificaciones de las pastas de conglomerantes elaboradas junto con los valores densidad envolvente medidas sobre muestras cilíndricas extraídas de la pasta de aproximadamente 10 mm de diámetro y 9 mm de altura. En la misma tabla también se muestran los valores de densidad con picnometría de helio y composición elemental CHNS. Por otra parte, las curvas de la derivada termogravimétrica (DTG) se representan en la Figura 5.

Con respecto al análisis de los resultados obtenidos en los ensayos, el 100% de los estudiantes detectó los aspectos diferenciadores de cada conglomerante en relación a su composición química elemental CNHS y a los procesos que tienen lugar durante su calentamiento en atmósfera inerte que son observados en las curvas DTG y que caracterizan a estos conglomerantes (Galan, Andrade, & Castellote, 2012) (Wongkeo, Thongsanitgarn, Chindaprasirt, & Chaipanich, 2013) (Borrachero et al., 2008) (Lawrence, Mays, Walker, & D'Áyala, 2006)

TABLA 1: DOSIFICACIÓN, VALORES DE DENSIDAD Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS ELEMENTAL CHNS DE PASTAS ELABORADAS CON LOS CONGLOMERANTES INDICADOS.

| Conglomerante | Relación en peso agua/conglomerante | Densidad envolvente \pm desviación estándar (g/cc) | Densidad picnometría de helio \pm desviación estándar (g/cc) | Resultados Análisis Elemental |
|---------------|-------------------------------------|--|--|-------------------------------|
| CEMENTO (a) | 0,43 (350/150) | 1,68 \pm 0,03 | 2,49 \pm 0,01 | C=1,63% H=1,15% S=0,45% |
| CAC (b) | 0,30 (200/60) | 1,98 \pm 0,06 | 2,80 \pm 0,01 | C=1,14% H<1% |
| YESO (c) | 0,43 (350/150) | 1,40 \pm 0,06 | 2,43 \pm 0,01 | C<0,5% H=1,95% S=21,54% |
| CAL (d) | 1,00 (250/250) | 0,89 \pm 0,03 | 2,32 \pm 0,02 | C=1,65% H=2,32% |

(a) II/A-P 42,5R/MR UNE 80303-2

(b) Cemento de aluminato de calcio extraído por tamizado de un mortero refractario-Bricocem, Grupo Puma S.L.

(c) B1/5/2 Iberplast UNE-EN 13279-1. Reacción al fuego A1. RP:35.01

(d) Cales Canarias S.A. Tablero-Rosario.

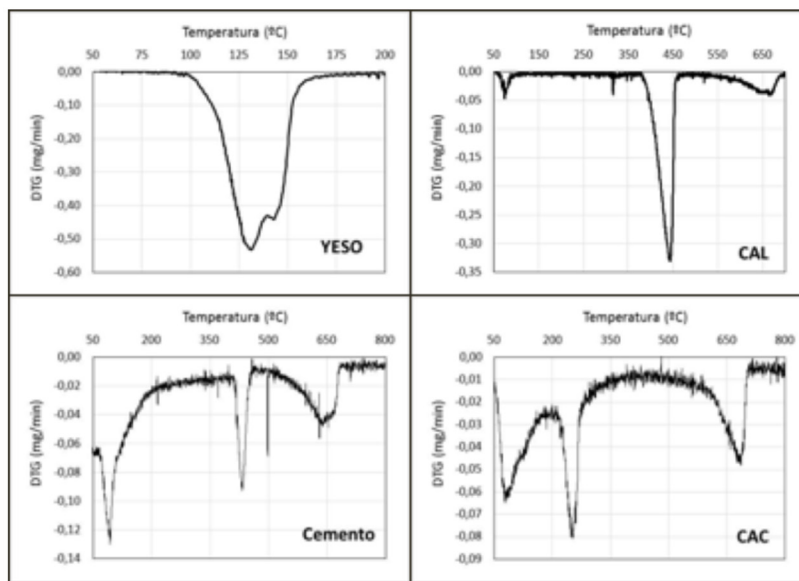


Figura 5. Resultados del análisis termogravimétrico.

DIFUSIÓN

416

Los resultados de la innovación realizada fueron presentados por los estudiantes mediante un vídeo de carácter divulgativo publicado en el canal de *youtube* del servicio de ULLmedia de la Universidad de La Laguna. En la Figura 6 se muestra una imagen de inicio de este vídeo junto con el código QR que conduce a su publicación en el canal de *youtube* de la ULLmedia.



Figura 6. Imagen del vídeo divulgativo junto su enlace mediante código QR

SATISFACCIÓN E INTERÉS POR LA INNOVACIÓN

Los datos de satisfacción del alumnado por el proyecto desarrollado se muestran en la Figura 7. El 74% considera que su satisfacción es alta o muy alta.

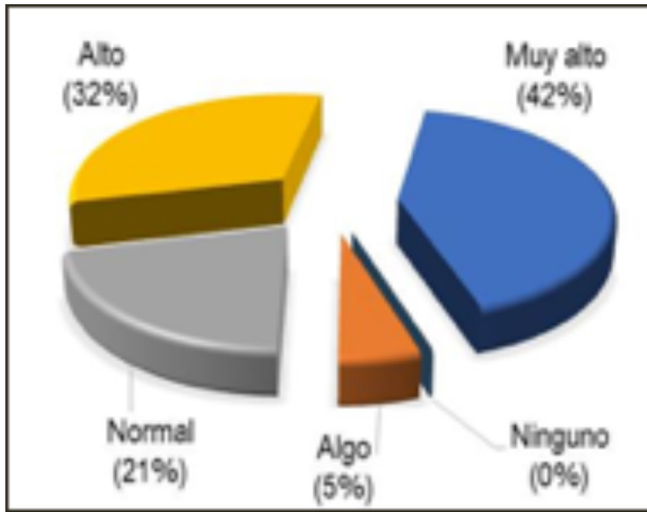


Figura 7. Resultados de la encuesta de satisfacción.

Por otra parte el 100% de los estudiantes considera que es de gran interés para su formación la incorporación de actividades que introduzcan este tipo de técnicas avanzadas en los estudios del Grado en Arquitectura Técnica. El mismo porcentaje estima la necesidad de ampliar el número de técnicas a estudiar dentro de los estudios de grado.

CONCLUSIONES

Con este proyecto se logra dar a conocer a los estudiantes el uso de algunas técnicas instrumentales avanzadas usadas para la caracterización, identificación y diagnóstico del estado de los materiales de construcción. Más de 70% del alumnado se siente satisfecho o muy satisfecho con el desarrollo de proyecto y el 100% considera de gran interés incluir en su formación una iniciación a las técnicas avanzadas contextualizadas a su uso en edificación. En cuanto a las competencias adquiridas, el 100% de los estudiantes fue capaz de identificar los aspectos diferenciadores de cada conglomerante en relación a su composición, densidad y comportamiento térmico en atmósfera inerte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BORRACHERO, M. V., PAYÁ, J., BONILLA, M., MONZÓ, J., PAYA, J., BONILLA, M., & MONZO, J. (2008). The use of thermogravimetric analysis technique for the characterization of construction materials. The gypsum case. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 91(2), 503–509. <http://doi.org/10.1007/s10973-006-7739-3>.
- GALAN, I., ANDRADE, C., & CASTELLOTE, M. (2012). Thermogravimetric analysis for monitoring carbonation of cementitious materials. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 110(1), 309–319. <http://doi.org/10.1007/s10973-012-2466-4>.
- GONZÁLEZ-DÍAZ, E., & ALONSO-LÓPEZ, J.-M. (2017). Characterization by thermogravimetric analysis of the wood used in Canary architectural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 23, 111–118. <http://doi.org/10.1016/j.culher.2016.09.002>.
- GONZÁLEZ, J., & WAGENAAR, R. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe*. (Universiad de Deusto & U. de Groningen, Eds.). Tomado de http://tuningacademy.org/wp-content/uploads/2014/02/TuningEUI_Final-Report_SP.pdf.
- LAWRENCE, R. M. H., MAYS, T. J., WALKER, P., & D'AYALA, D. (2006). The use of tg to measure different concentrations of lime in non-hydraulic lime mortars. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 85(2), 377–382. <http://doi.org/10.1007/s10973-005-7302-7>.
- Universidad de La Laguna, U. (2017). SEGAI. Tomado de <http://www.segai.ull.es/>.
- WONGKEO, W., THONGSANITGARN, P., CHINDAPRASIRT, P., & CHAIPANICH, A. (2013). Thermogravimetry of ternary cement blends: Effect of different curing methods. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 113(3), 1079–1090. <http://doi.org/10.1007/s10973-013-3017-3>.