

Instrumentación real de edificios para docencia en la asignatura de Patología y Restauración

Instrumentation of buildings for teaching in the subject of Pathology and Restoration

Jesús González-Arteaga^a

^a Escuela Politécnica de Cuenca, Universidad de Castilla-La Mancha, jesus.garteaga@uclm.es.

Abstract

The pathology and restoration subject seeks to train future technicians to diagnose problems in buildings. This course shows the procedures and methodologies that technicians use in their work for data collection and validation of hypotheses about the causes of pathologies. In the practice works that students perform during the course it is not possible to monitor the evolution over time of the lesions, treating this aspect only in a theoretical way. To solve this deficiency, it has been proposed the use of monitoring equipment installed in buildings of the university itself in which students can track them during the semester, which data taken previously can be added, thus being able to develop the ability to identify expected trends and identify problems based on values obtained in a real case.

Keywords: Pathology, Instrumentation, Follow-up, Teaching resources

Resumen

La asignatura de patología y restauración busca capacitar a los futuros técnicos para el diagnóstico de problemas en las edificaciones. En esta asignatura se muestran los procedimientos y metodologías que los técnicos utilizan en su trabajo para la toma de datos y validación de hipótesis sobre las causas de las patologías. En las prácticas que realizan los alumnos durante el curso no es posible realizar un seguimiento de la evolución en el tiempo de las lesiones, tratando este aspecto solo de forma teórica. Para solventar esta carencia se ha propuesto la utilización de equipos de monitorización instalados en edificios de la propia universidad en los cuales los alumnos puedan hacer el seguimiento de estos durante el semestre en el que se imparte la asignatura, a los que se pueden añadir datos tomados con anterioridad, pudiendo así desarrollar la capacidad de identificar tendencias

*Instrumentación real de edificios para docencia en la asignatura de Patología y Restauración–
Instrumentation of buildings for teaching in the subject of Pathology and Restoration*

esperadas e identificar problemas en base a valores obtenidos en un caso real.

Palabras clave: *Patología, Instrumentación, Seguimiento de lesiones, Recursos docentes*

1. Introducción

En el Grado de Ingeniería de Edificación que se imparte en la Escuela Politécnica de Cuenca, Universidad de Castilla-La Mancha, los estudiantes se preparan para poder trabajar como técnicos del sector de la edificación.

En su plan de estudios, publicado en el Boletín Oficial del Estado en marzo de 2010 (España, 2010), se establece dentro de la formación específica en el módulo de Técnicas y Tecnología de la Edificación, en la materia de Construcción la asignatura obligatoria de 6 créditos ECTS Patología y Restauración.

Los resultados de aprendizaje esperados propios de la asignatura son:

- Elaboración de manuales y planes de mantenimiento. Gestionar su implantación en los edificios.
- Dictaminar sobre las causas y manifestaciones de las lesiones en los edificios.
- Intervención en la rehabilitación de edificios y la restauración y conservación del patrimonio construido.
- Plantear y resolver detalles constructivos adecuados a requerimientos previos.
- Comprensión de la forma de trabajo de los elementos constructivos, definir su función y compatibilidad.
- Propuesta de soluciones de reparación de las lesiones.
- Puesta en obra de los elementos y sistemas constructivos.
- Analizar el ciclo de vida útil de los elementos y sistemas constructivos.

Para poder alcanzar estos objetivos se han venido desarrollando durante cursos pasados, junto a las clases teóricas, diversas prácticas de dos tipologías diferentes. Por un lado, trabajos que se inician en clase presencial junto a los profesores y que se finalizan de forma individual, centrados en los distintos bloques que componen la asignatura. En ellos los alumnos localizan lesiones, elaboran mapas de lesiones, realizan fichas patológicas, determina causas y proponen actuaciones. Se usan para ello casos reales aprovechando, bien edificaciones existentes en la ciudad, bien casos estudiados por los profesores (ver fig. 1) siendo necesario realizar simplificaciones para que los alumnos puedan abordar las prácticas.

A su vez se realiza sobre un edificio real que presenta lesiones significativas, un estudio patológico que se va completando conforme se desarrolla la asignatura realizándose diversas sesiones de seguimiento en la que los alumnos exponen sus avances completándose la práctica con una presentación final. Para la elección del inmueble objeto de esta práctica de curso se busca que se tenga la mayor accesibilidad para que los alumnos puedan realizar más visitas adicionales a la de inicio que se realiza junto con los profesores. Cuando se ha detectado una necesidad general por parte de los alumnos se han organizado visitas posteriores en grupo. Este caso de estudio debe presentar lesiones

que permitan la determinación de unas hipótesis sobre su origen sin la necesidad de ensayos ni cálculos que impliquen tener que determinar las capacidades portantes específicas, ya que por un lado generalmente el propietario del edificio no permite realizar ensayos destructivos, y por otro el tiempo de visita y la duración de la asignatura no permite hacer un seguimiento significativo de las lesiones e introducir cálculos completos llevaría a dedicar tiempos elevados que se corresponden más con las asignaturas de cálculo.



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 1 Ejemplos de tomas de datos en casos reales para para prácticas de la asignatura de patología.

Se debe indicar que la monitorización es una tendencia actualmente (Meyer et al., 2013; la Manna, 2015; Noel et al., 2017; Wang et al., 2018), que sirve para mejorar el conocimiento de los edificios, controlar su estado de conservación y permite realizar estudios patológicos basados en datos que aportan certeza y seguridad a los técnicos.

2. Objetivos

Dado que el futuro técnico debe tener capacidad para poder realizar un seguimiento en el tiempo de la evolución de las lesiones se plantea el problema de poder hacer tomas de datos en los meses de docencia (de febrero a mayo) que permitan desarrollar esas capacidades y que les sirvan para respaldar o descartar hipótesis sobre las causas que originan los problemas de patología en los edificios y casos estudiados.

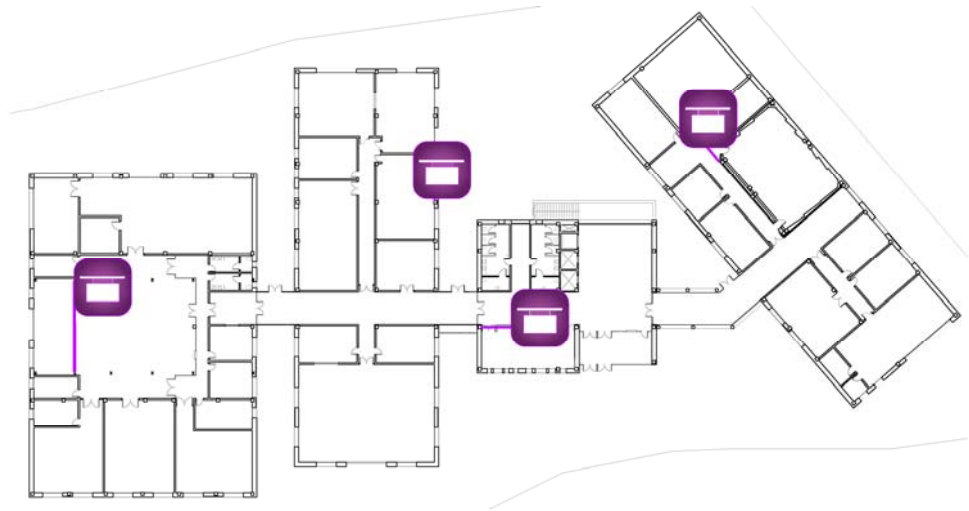
A su vez se plantea el poder hacer que estos futuros técnicos conozcan equipos de instrumentación y seguimiento que pueden emplear para el estudio de lesiones o para una monitorización que sirva para un adecuado control del estado de salud de las edificaciones. Se quiere que el alumno sea el que establezca la frecuencia de lectura y realice las tomas de datos o descargue los archivos con los valores medidos en bruto, pudiendo aplicar metodologías de trabajo que permitan su interpretación.

Se quiere también que los alumnos adquieran nociones sobre las horquillas de valores habituales en las variables que se pueden monitorizar para conocer el comportamiento estructural por medio de mediciones de deformación o los cambios que se producen en las lesiones como por ejemplo la variación de apertura de una grieta.

Finalmente se plantea como objetivo que estos trabajos de seguimiento no supongan una carga extra sobre el alumno que suponga una dedicación por encima de la requerida por los créditos establecidos, buscando además generar un interés despertando la curiosidad sobre cómo va el problema o la variable monitorizada.

3. Desarrollo de la innovación

Para que los alumnos puedan trabajar con equipos de seguimiento se han utilizado las mediciones de los equipos de monitorización del Instituto de Tecnología Construcción y Telecomunicaciones de la UCLM, que se sitúa junto al edificio donde se imparte la docencia de la asignatura, instalados inicialmente para realizar labores de investigación sobre interacción suelo estructura y la influencia de las cargas ambientales (González-Arteaga, 2019; González-Arteaga, 2020). Aquí se han dispuesto diversos sistemas de medición de variables ambientales como temperatura, humedad, condiciones climáticas y de movimientos en la estructura por medio de sensores y equipos de medida. Son especialmente interesantes los clinómetros ((Durham Geo Slope Indicator, 2010)) instalados sobre diversas soluciones estructurales (figura 2) que permiten ver el diferente comportamiento de una tipología estructural frente a otra.



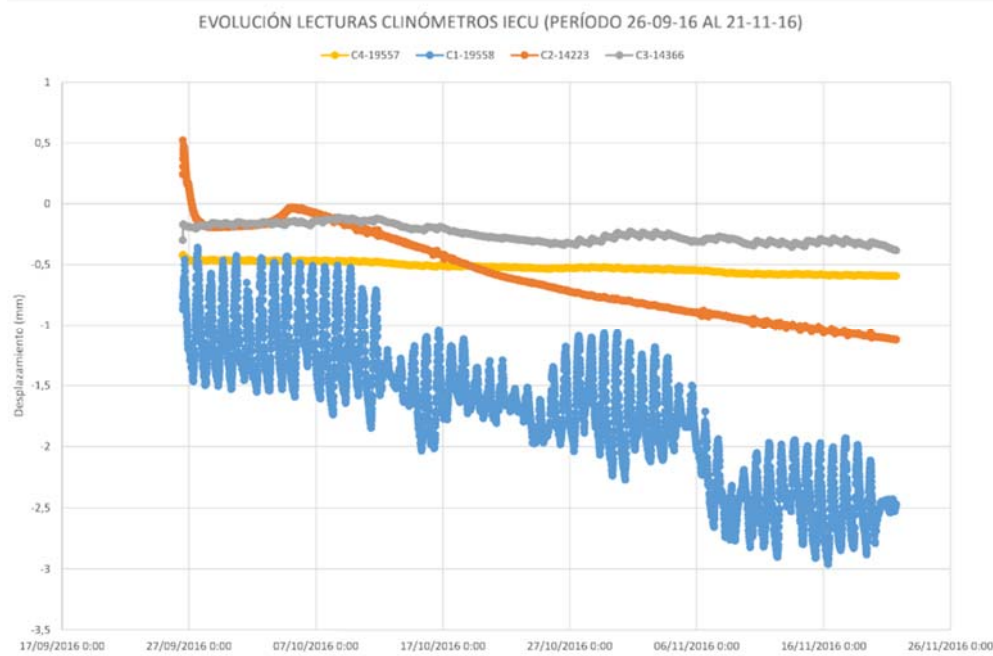
Fuente: Elaboración propia.

Fig. 2 Disposición de los clinómetros (icono morado) en el Instituto de Tecnología Construcción y Telecomunicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Estos resultados de toma de datos se han expuesto en clase durante dos cursos (figura 3), explicando los valores y tendencias obtenidas, sin llegar a establecer una dinámica de trabajo con ellos, pero consiguiendo despertar un interés en el alumnado sobre esos sistemas de instrumentación, queriendo conocer más sobre su funcionamiento, frecuencias, rangos y métodos de interpretación.

Real Time Readings

Enable	Position	Serial Num	Channel A	Temperature
<input checked="" type="checkbox"/>	1	19558	-0.0126	26.7
<input checked="" type="checkbox"/>	2	14223	-0.0019	24.9
<input checked="" type="checkbox"/>	3	14366	-0.0555	27.1
<input checked="" type="checkbox"/>	4	19657	-0.0523	26.6



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 3 Captura de pantalla de la descarga de datos y comparativa de resultados obtenidos en los 4 clinómetros dispuestos.

Además, durante el curso 2020-21 se dispusieron en una grieta existente muy próxima al aula unos equipos de medición de espesor de grieta tipo crackmeter, más concretamente los sensores VW Displacement Sensor fabricado por Slope Indicator de rango 60 mm. (Slope Indicator Company, 2003), que pueden verse en la figura 4, que han servido para que los alumnos conociesen estos sistemas de medición interesándose por la evolución de algunas grietas y fisuras existentes en el edificio demandando conocer más sobre sus lecturas y su interpretación.



Fuente Elaboración propia.

Fig. 4 Crackmeter VW Displacement Sensor, instalado junto a aula de la asignatura.

4. Resultados

El resultado de mostrar a los alumnos el seguimiento realizado en un edificio que conocen y enseñarles los equipos de instrumentación y sus lecturas ha despertado un interés en el estudio de las patologías, aumentando su participación en clase, y ha permitido conocer técnicas para el diagnóstico de las patologías, que es uno de los objetivos de la asignatura. Han sido los propios alumnos los que han solicitado a los profesores poder trabajar con estos equipos durante el curso.

Por ello y con el fin de paliar la problemática indicada sobre la falta de trabajo en seguimiento de lesiones para el curso próximo se va a implementar un trabajo práctico en el cual los alumnos además de investigar en técnicas para el estudio de la evolución de las lesiones comprobarán las lecturas de los equipos instalados descargando cada mes los datos registrados por los clinómetros y crackmeter. Trabajarán por medio de hojas de cálculo en su análisis y se implantará este seguimiento dentro de la metodología BIM, que

se trabaja en el Grado de Ingeniería de Edificación, en este caso dentro del 7D, gestión del ciclo de vida, realizando un informe final del seguimiento al concluir el semestre.

Se plantea como complemento facilitar datos de la monitorización previa en casos en que los cuatro meses de docencia no aporten resultados relevantes.

Se espera que puedan seguir aumentando en número de sensores, utilizando equipos de menor coste, que ampliarán las posibilidades de trabajo de los alumnos y ofrecerán mayor variedad de casos para el estudio.

5. Conclusiones

Como se ha indicado la monitorización es tendencia actualmente y por ello es importante que los futuros profesionales de la arquitectura técnica puedan trabajar en el seguimiento de las lesiones, interpretar los resultados que les ofrecen los equipos de monitorización junto con los datos tomados por ellos a lo largo del tiempo de estudio y poder así adquirir las capacidades necesarias para hacerlo de forma satisfactoria en sus futuros trabajos.

Solo con unas menciones puntuales durante el desarrollo de las clases a los equipos utilizados para investigación en la propia escuela.

Con la inclusión de tecnología se consigue aumentar el interés de nuestros alumnos, permitiendo que desarrollen sus prácticas en entornos que conocen y vislumbrando la tecnificación de la profesión.

6. Referencias

DURHAM GEO SLOPE INDICATOR. (2010). *EL Tilt Sensor, (For Tilt and Beam Sensors) Standard & SC Versions, 56802198*. Washington: Mukilteo.

España. Resolución de 17 de febrero de 2010, de la Universidad de Castilla-La Mancha, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Ingeniería de Edificación. *BOE*, 4 de marzo de 2010, núm. 55, p. 22292-22294

GONZALEZ-ARTEAGA, J., MOYA, M., YUSTRES, A., ALONSO, J., MERLO, O. y NAVARRO, V. (2019). "Characterisation of the water content distribution beneath building foundations" en *Measurement*, vol. 136, p. 82-92.

GONZÁLEZ-ARTEAGA, J. ALONSO, J., MOYA, M., MERLO, O., NAVARRO, V. y YUSTRES, A. (2020). "Long-term monitoring of the distribution of a building's settlements: Sectorization and study of the underlying factors" en *Engineering Structures*, vol. 205, p. 110111.

LA MANNA, M. (2015). "Monitoring and control of urban critical infrastructures. 6th International Multi-Conference on Complexity" en Orlando: A., Tremante, H.W., Chu, B. y Sanchez, N.C. *Informatics and Cybernetics, IMCIC 2015 and 6th International Conference on Society and Information Technologies, ICSIT 2015 - Proceedings Volume 1*. Florid: Callaos. P. 74-75).

MEYER, C., CUCINO, P., ECCHER, G. y ULRICH, D. (2013). “The Florence High-Speed Railway Hub: 4D monitoring – innovations in data acquisition and data management for tunnelling projects in sensitive urban areas” en Anagnostou G. y Ehrbar H. *World Tunnel Congress 2013*. Geneva: CRC Press 2013. p. 1403-10.

NOEL, A. B., ABDAOUI, A., ELFOULY, T., AHMED, M. H., BADAWY, A. y SHEHATA, M. S. (2017). “Structural Health Monitoring Using Wireless Sensor Networks: A Comprehensive Survey” en *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol.19, nº3, p. 1403-1423.

SLOPE INDICATOR COMPANY. (2003) *VW Crackmeter 52636099*. Washington: Mukilteo.

WANG, T., BHUIYAN, M., WANG, G., RAHMAN, M. A., WU, J. y CAO, J. (2018). “Big Data Reduction for a Smart City’s Critical Infrastructural Health Monitoring” en *IEEE Communications Magazine*, 56, p. 128-133.