

SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES EN LA CÚPULA RENACENTISTA DE LA CATEDRAL DE VALENCIA

La preocupación por las condiciones climáticas de las obras de arte es cada vez mayor. Nunca debemos olvidar que la temperatura y la humedad relativa son siempre los factores que intervienen en las reacciones químicas y en el crecimiento de microorganismos, que son los determinantes del deterioro natural de las piezas artísticas.

En el caso que nos concierne de los ángeles músicos de la bóveda de la catedral de Valencia ha ocurrido un hecho climático único en el mundo. Unas pinturas se han conservado durante 300 años en un microclima no pensado para preservarlas: el espacio, de pocos centímetros, que separa dos bóvedas y que ha servido de cobijo a aves, sobre todo palomas.

El problema viene ahora. Una vez desmontada la cúpula barroca se ha invadido un microclima que había conservado perfectamente las pinturas durante 300 años alterándolo de tres formas.

Primero, al desmontar la cúpula se han dejado al descubierto unas pinturas que antes se encontraban en una cámara de aire de unos 80 cm de altura a una temperatura y humedad bastante constante. En segundo lugar, el tejado sobre el que están pintados los frescos ha pasado de ser una cubierta inclinada con teja (traspirable) a ser un tejado plano recubierto de tela asfáltica (no transpirable). Finalmente, la obertura de ventanas laterales y la supresión de la cúpula barroca han expuesto las pinturas a la luz.

Todo esto ha hecho necesario un sistema de control del medio ambiente y de la degradación de las pinturas complejo y específico para este caso. Hasta ahora se han instalado sensores de temperatura y humedad en cuatro puntos distintos: en la bóveda gótica, en las paredes verticales exteriores, en el interior de la bóveda y en el exterior de la catedral.

Los sensores de la bóveda gótica se han instalado en el interior de los frescos. Se ha introducido en la pared un tubo de barro de

«AL DESMONTAR LA CÚPULA BARROCA SE INVADIÓ Y ALTERÓ UN MICROCLIMA QUE HABÍA CONSERVADO PERFECTAMENTE LAS PINTURAS DURANTE 300 AÑOS»

20 cm de longitud. Para determinar el punto donde se han introducido estos tubos se han seguido dos criterios: no dañar las pinturas y buscar el lugar donde haya mayor posibilidad de detectar si la pared de la bóveda se está llenando de agua debido a infiltraciones. Así, se han colocado en lugares donde la pintura original ya se había perdido debido a la

humedad o sales y en las juntas de los ladrillos macizos colocados a panderete que conforman la bóveda.

Para localizar las juntas se desarrolló un sistema de medida de la velocidad de transmisión de una onda de ultrasonidos por la pared. El sistema consistía en un emisor y un receptor de ultrasonidos. Cuando ambos, emisor y receptor, se colocaban en un ladrillo macizo, el tiempo que tardaba el receptor en recibir la señal era mucho menor que si nos encontrábamos en una junta. Este tiempo se monitorizaba con un osciloscopio de dos canales (uno para el emisor y otro para el receptor).

En total, se han colocado en la pared diez sensores de humedad y diez de temperatura de este tipo. Los sensores de humedad están colocados en la boca de este tubo cerámico y nos dan la información de la cantidad de agua que está evaporando la pared, es decir, notaremos un aumento en la humedad relativa en caso de existir algún tipo de infiltración de agua. Los sensores de temperatura nos darán la temperatura de la pared, es decir, de las pinturas, ya que no hay que olvidar que los frescos son unas pinturas donde toda la masa de yeso se encuentra coloreada.

En la actualidad no existen datos sobre la temperatura y humedad a la que se ven sometidas estas pinturas. Este dato es importante en futuras intervenciones para elegir mejor los productos a utilizar y por otro lado también podría darse el caso de deterioro debido a temperaturas elevadas o a una perjudicial combinación de temperatura y humedad para un determinado tipo de pigmento, de material utilizado en la reintegración, etc.

«LOS DATOS OBTENIDOS SE ANALIZARÁN MENSUALMENTE PARA DETECTAR IRREGULARIDADES QUE NOS ADVIERTAN DE LA ENTRADA DE AGUA EN LAS PAREDES DE LA CATEDRAL»



Detalle de un sensor antes de ser introducido en la pared.



Pintura monitorizada con detalle del sensor y cables disimulados en los pliegues del vestido.



Sensor de encharcamiento a la izquierda, a su derecha podemos ver la boca del desagüe que intentamos monitorizar. A la derecha, paloma muerta en el techo de la catedral, uno de los múltiples factores que podrían atascar los desagües.

En cuanto a los sensores instalados en las paredes verticales exteriores, son similares a los anteriores, pero no están enfocados a las pinturas sino a controlar posibles infiltraciones por las paredes verticales.

Estas paredes están compuestas por dos filas de sillares de piedra, una exterior y otra interior, rellenos de un mortero de cal y arena. Debido a las intervenciones arquitectónicas que ha sufrido la catedral, estas paredes se encuentran muy dañadas, tanto en el extradós como en el intradós. Existen multitud de agujeros y zonas en las que la piedra ha desaparecido y ha sido sustituida por mortero. Todo ello hace que por un lado la pared tenga muchas vías de entrada de agua y por otro lado hace posible la aparición de sales de muy diversas y, *a priori*, desconocidas composiciones.

Por otra parte, se han instalado sensores ambientales en el interior y en el exterior. Se han colocado cinco sensores de temperatura y humedad en el interior de la bóveda y cercanos a las pinturas y otros dos a media altura entre el suelo y las pinturas. Con estos sensores se pretende monitorizar y estudiar el gradiente de temperaturas y humedades relativas así como los cambios bruscos en momentos concretos como pueden ser los horarios de misas y de visitas, que además nos servirán para compararlos con los de las paredes y así comprender mejor los intercambios de agua (sobre todo) entre la pared y el ambiente.

En el exterior de la catedral tenemos un sensor de humedad, uno de temperatura y uno de lluvia que nos proporcionan los datos que necesitamos para completar el análisis medioambiental de la catedral.

Un problema de los tejados planos como el que actualmente cubre la catedral es el peligro de encharcamiento por obstrucción de desagües. Se ha desarrollado un sensor de nivel de agua conductivo que aumenta el potencial en el caso de ser sumergido en agua. Se han colocado cuatro de estos sensores en el tejado, uno en cada desagüe. En caso que den una señal de peligro se avisará telefónicamente al responsable de realizar una limpieza de emergencia de los desagües.

Los datos obtenidos por estos sensores se mandarán vía internet y serán analizados mensualmente para detectar posibles irregularidades y desarrollar un algoritmo que nos proporcione una señal de peligro en caso de entrada de agua en las paredes de la catedral. Por otro lado se desarrollará una base de datos con un cuadro histórico de temperaturas y humedades de estas pinturas que, como ya hemos comentado antes, será de gran utilidad para el futuro de este tipo de obras de arte..

Fernando Juan García. Departamento de Física Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia.