



# INNOVACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

La construcción y la restauración se preparan para la revolución que supondrá la llegada de los nuevos materiales basados en la nanotecnología. Gracias a ellos, las viejas piedras y los antiguos elementos cerámicos serán capaces de adaptarse a las necesidades concretas de cada proyecto de edificación.

texto\_Rafael Fort González (Coordinador del Programa Geomateriales del Instituto de Geología Económica CSIC-UCM)

El patrimonio arquitectónico es un bien que es necesario conservar por su importancia histórica, artística y cultural, aspectos que, por sí solos, obligan a su conservación. También es un bien económico cuyo mantenimiento permite su revalorización, aumentando su interés público y social. Como patrimonio arquitectónico se debe considerar no sólo los monumentos, sino todo bien construido. Aunque el término patrimonio, según la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español, normalmente hace referencia a bienes que tienen más de 100 años de antigüedad, realmente, cuando se habla de patrimonio arquitectónico, hay que considerar cualquier edificación emblemática que, por sus características constructivas, supone un bien único e irrepetible. De este modo, existen muchos edificios recién construidos que, igualmente, son imagen de pueblos y ciudades. La conservación de los materiales usados en infraestructuras y edificios que forman parte del patrimonio construido suscita un interés en la sociedad, que recoge la política científica de ámbito autonómico, nacional y europeo. Diferentes organismos financian proyectos que permiten mejorar los materiales y las técnicas

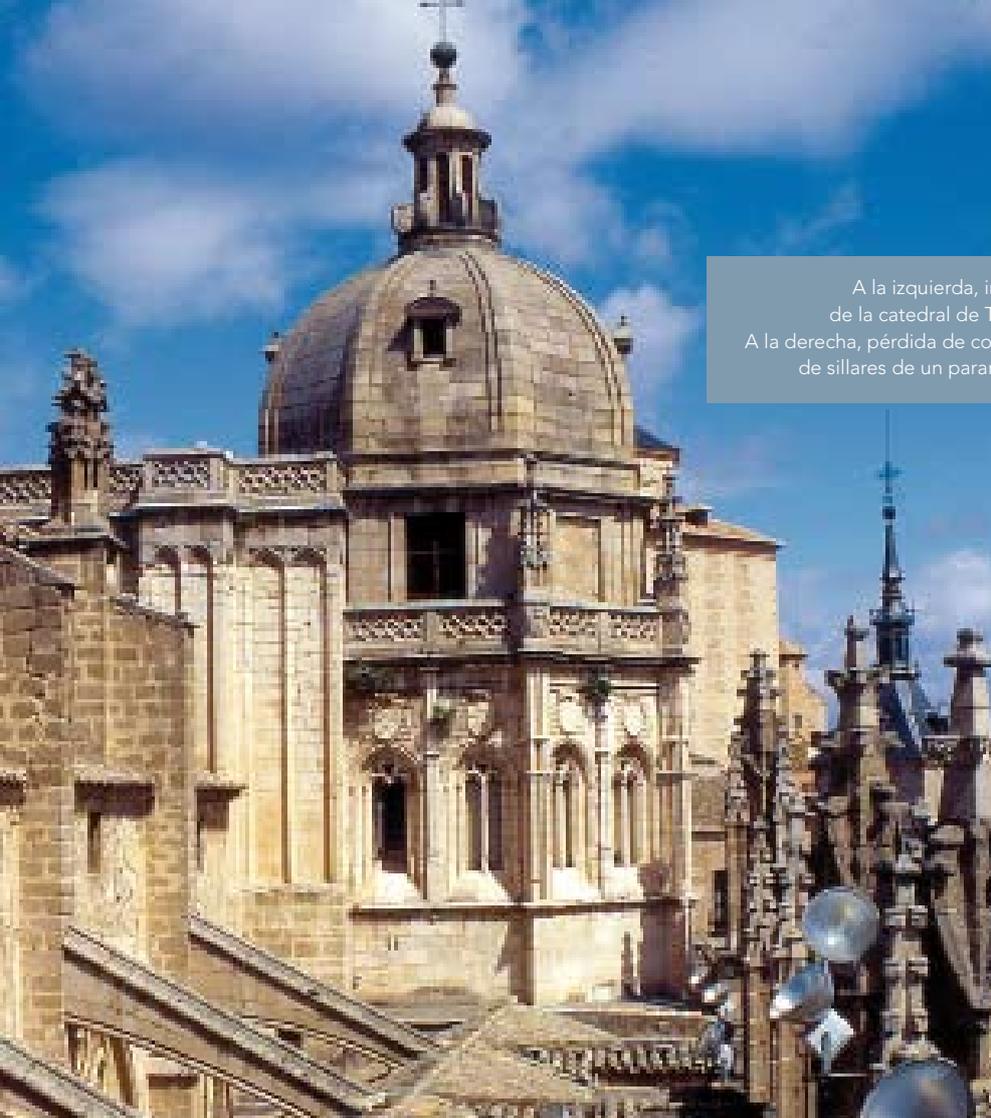
para conseguir la adecuada conservación del patrimonio. El Programa Geomateriales, financiado por la Comunidad de Madrid y los Fondos de la Unión Europea, permite avanzar en el conocimiento de la durabilidad y las técnicas de conservación de los geomateriales empleados en el patrimonio construido. Por geomaterial se entiende aquel material de origen geológico que, tras un proceso de elaboración, se utiliza en ingeniería civil, edificación, conservación del patrimonio, medio ambiente, etcétera. La piedra natural, las cerámicas, el hormigón, el vidrio o los adobes, pueden considerarse geomateriales en sentido amplio.

## PROGRAMA GEOMATERIALES

El objetivo del programa es avanzar en el conocimiento de los procesos y mecanismos de alteración de los geomateriales, además de desarrollar estrategias para su protección y conservación, que permitan aumentar su resistencia a los procesos de deterioro y, con ello, su durabilidad. En el Programa participan más de 60 investigadores (arquitectos, geólogos, químicos, biólogos, arqueólogos, aparejadores, historiadores...), procedentes de tres organ-

ismos de investigación. Por un lado, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, a través del Instituto de Geología Económica –que coordina el Programa–, el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, el Instituto de Química-Física Rocasolano, el Centro de Ciencias Medioambientales y el Centro de Ciencias Humanas y Sociales. Por otro, la Universidad de Alcalá de Henares, a través de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Geodesia, y la Universidad Complutense de Madrid mediante la Facultad de Ciencias Geológicas. También colaboran otros grupos de investigación nacionales e internacionales.

El Programa aborda siete objetivos específicos. Partiendo del conocimiento de las causas que favorecen el deterioro de los materiales en diferentes ambientes agresivos, se proponen acciones para su conservación y mejora de su durabilidad con una visión innovadora. Estos objetivos son: determinar cómo las propiedades superficiales de los geomateriales inciden en su durabilidad y conservación; establecer el deterioro y conservación de materiales expuestos a diferentes condiciones ambientales; medición de las condiciones medioambienta-



A la izquierda, imagen de la catedral de Toledo. A la derecha, pérdida de cohesión de sillares de un paramento.



les en el interior de los edificios y establecer su relación con el deterioro de los materiales patrimoniales; validar y mejorar técnicas no destructivas y portátiles; diseñar nuevos materiales para el patrimonio construido; evaluar la biorreceptividad de la piedra natural y la eficacia de tratamientos contra el biodeterioro, y analizar el deterioro generado por agentes antrópicos o vandalismo en geomateriales del patrimonio construido.

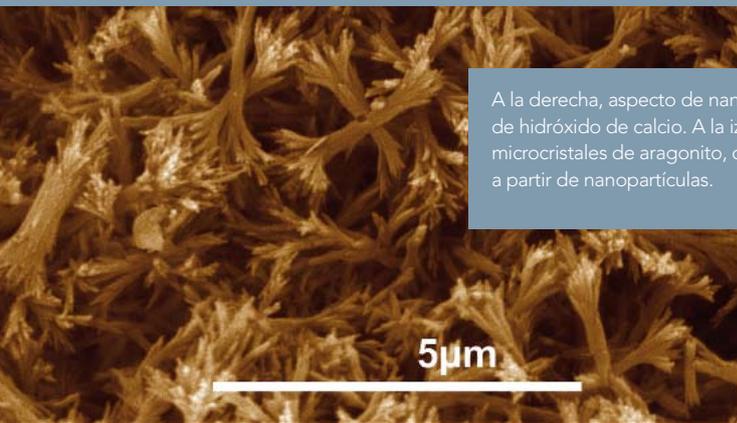
En arquitectura es necesario innovar partiendo de la experiencia que se tiene sobre la conservación del patrimonio pétreo, la cual ha permitido conocer los materiales que mejor soportan el paso del tiempo. Hoy, el patrimonio arquitectónico está sometido a unas condiciones ambientales más agresivas que en décadas pasadas. Aspectos como la contaminación atmosférica, las inclemencias del tiempo, la incorporación de nuevos sistemas de climatización o los cambios de uso de los inmuebles patrimoniales y su entorno inmediato, incrementan la susceptibilidad de los materiales a su deterioro. Por lo tanto, en toda obra nueva o de restauración es necesario buscar aquellos materiales más idóneos, eficaces y compatibles

entre sí, que permitan la mayor durabilidad de los mismos, teniendo presente la necesidad de disminuir los costes de mantenimiento, buscando la eficacia y eficiencia. La restauración de los bienes culturales se ha considerado una actividad artesanal cuyos conocimientos se transmitían de generación en generación. Pero no por ello se puede suponer ajena a los avances del conocimiento y carente de interés en la innovación. Posiblemente, esta faceta artesanal en la conservación del patrimonio ha motivado que sus profesionales hayan buscado la mejora de los productos y tratamientos para conseguir una mejor actuación, pero sin abandonar aquello que la experiencia ha demostrado que funciona. La conservación del patrimonio arquitectónico, debido principalmente a su magnitud y a la gran variedad de materiales que utiliza, (madera, vidrio, piedra, metales, ladrillos, morteros...), condiciona que los trabajos de restauración resulten más complicados que en otros bienes culturales. En arquitectura se están incorporando nuevos materiales que, en muchos casos, han supuesto una auténtica revolución, como sucedió con el uso del cemento Portland y el acero.

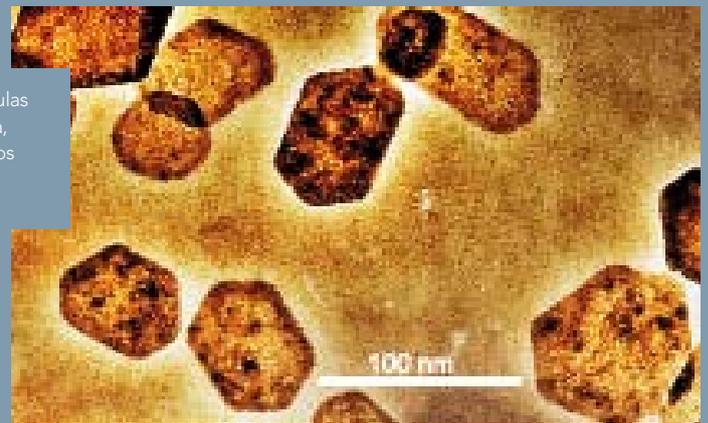
El Programa Geomateriales define los parámetros petrofísicos de los materiales que incrementan la susceptibilidad de los mismos a los procesos de deterioro. Establece su comportamiento en ambientes agresivos, para determinar así los tratamientos de conservación, consolidación y protección más idóneos. En el campo de la construcción resulta esencial la innovación, siendo fundamental conocer qué les ocurre a los materiales y cuál es su comportamiento. Sobre todo, es importante saber las necesidades de los fabricantes, constructores, arquitectos, restauradores y aquello que la sociedad demanda, mejorando el producto final, para que realmente sea útil. Para innovar es imprescindible investigar y experimentar.

La innovación para la conservación del patrimonio arquitectónico debe empezar desde el proyecto mismo. En el diseño hay que valorar aspectos espaciales, estéticos y tecnológicos, y también buscar los materiales más adecuados para cada situación, pensando en la mayor durabilidad del bien a construir. Por ello, es fundamental el conocimiento de las propiedades petrofísicas de los geomateriales, principalmente de su superficie, pues inciden directamente en su durabilidad y conservación.

Uno de los objetivos del Programa Geomateriales es la búsqueda de nuevos materiales para el patrimonio construido. El diseño de nuevos materiales basados en la nanotecnología revolucionará la arquitectura como ya lo hizo el cemento Portland. La incorporación de las nanopartículas (1-100 nanómetros) a los materiales abre nuevas posibilidades para su mejora mecánica y funcional. Esto puede favorecer la realización de diseños arquitectónicos van-



A la derecha, aspecto de nanopartículas de hidróxido de calcio. A la izquierda, microcristales de aragonito, obtenidos a partir de nanopartículas.



guardistas, al aumentar la resistencia mecánica de los materiales, con una disminución de su densidad, y permitiendo moldear las formas. Al poder controlar el tamaño de las partículas, es posible conseguir que el material adquiera mayor elasticidad, mayor tenacidad, mayor dureza, resistencia a la alteración química o a la acción de la temperatura, todo ello en base a las necesidades constructivas. Las propiedades de estos materiales se pueden controlar en función del tamaño de las partículas, de su estructura cristalina, de su composición y según el método de síntesis de las nanopartículas. Las nanopartículas presentan características químicas, texturales y estructurales específicas que al entrar en contacto con las superficies de la piedra, metales, maderas, vidrios, etcétera, y según su tamaño, favorecen reacciones con los constituyentes propios del material, modificando la superficie de los mismos.

De esta forma, la superficie de los materiales puede adquirir unas propiedades que les hagan más resistentes al desgaste por rozamiento, que sean ignífugas, que se comporten mejor en presencia de humedad, que minimicen los efectos de la contaminación originando materiales autolimpiantes, que generen superficies antipintadas u oleofugantes que eviten las manchas, que sean bactericidas, de modo que se dificulte la colonización de microorganismos (hongos, algas, bacterias). Además, los materiales desarrollados con nanopartículas pueden aplicarse en las construcciones bioclimáticas, favoreciendo construcciones sostenibles.

Además de los materiales nanoestructurados y multifuncionales, existe otro campo de interés: el de los materiales inteligentes que pueden cambiar de color ante estímulos externos o

desde diferentes puntos de observación, o autorregular su temperatura, lo que permite un ahorro en energía y ofrecer un mejor servicio al confort. También entran en los materiales inteligentes aquellos que pueden autorregenerarse o autorrepararse ante el deterioro, como puede ser la fisuración. Así, en el interior de los materiales se introducen nanopartículas encapsuladas que, ante condiciones adversas, se abren y reparan o disminuyen el efecto del agente de deterioro. Igualmente, la incorporación de nanosensores puede controlar su estado y permitir diagnosticar a tiempo cualquier fallo en los materiales, posibilitando la intervención con un importante ahorro de costes. Uno de los campos que puede ofrecer resultados interesantes y revolucionar las técnicas tradicionales de conservación es la incorporación, por medio de emulsiones y soluciones, de nanopartículas para conseguir la consolidación y protección de los materiales. El diseño de nanopartículas puede mejorar la eficacia, la idoneidad y la durabilidad de los tratamientos de conservación, al favorecer la penetración de los tratamientos; incrementar la hidrorrepelencia de los materiales; aumentar la cohesión de sus componentes; evitar la colonización de microorganismos, etcétera.

#### TIPOS DE NANOPARTÍCULAS

Son muy variados los tipos de nanopartículas que se pueden aplicar. Los nanotubos de carbono proporcionan una mayor durabilidad mecánica y térmica a cerámicas y cementos, previniendo la formación de fisuras. Las nanopartículas de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) mejoran la resistencia mecánica del hormigón; las de óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) favorecen la autolimpieza de los mate-

riales; las de plata tienen una reacción biocida, o las de cobre, que aplicadas a modo de un recubrimiento evitan la corrosión.

La utilización de nanopartículas a base de hidróxidos —de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), magnesio ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) y estroncio ( $\text{Sr}(\text{OH})_2$ )—, aumentan la cohesión de los materiales, comparado con tratamientos tradicionales elaborados con estos mismos compuestos. Además, se pueden fabricar materiales combinados de nanopartículas inorgánicas con polímeros sintéticos, por mezcla o en diferentes capas alternas.

Aunque la aplicación de nanopartículas en el campo de la construcción abre unas posibilidades de diseño y de actuación antes impensables, hay que tener presente que, ante esta nueva tecnología, es importante establecer los criterios de ejecución para la colocación de los materiales de restauración, rehabilitación y conservación del patrimonio. Las propiedades que las nanopartículas pueden otorgar a los materiales están condicionadas por la técnica constructiva empleada y por las posibilidades técnicas disponibles. Por tanto, los nuevos materiales deben incorporar en el proceso de investigación y desarrollo criterios que hagan viable su aplicación en una intervención real.

Todas las intervenciones que se realizan sobre el patrimonio construido tienen que estar contrastadas y validadas para evitar daños secundarios a los materiales o que puedan alterar las condiciones ambientales de habitabilidad, puesto que debe apostarse por la confortabilidad de los espacios. Por ello, toda nueva tecnología a utilizar para la conservación del patrimonio debe, obligatoriamente, haber sido investigada y experimentada previamente para garantizar su idoneidad y durabilidad.