

TRADICIÓN Y ACTUALIZACIÓN EN LA PROTECCIÓN DE LA ARQUITECTURA DE PIEDRA CON FINAS CAPAS DE MORTERO DE CAL

María Dolores Robador González

Del análisis que sobre la tradicional técnica de protección de la piedra mediante la aplicación de un revestimiento superficial de finas capas de mortero de cal ha llevado a cabo la autora en un estudio realizado sobre dos edificios concretos: la Iglesia románica de Torme y la Catedral de Burgos. Se concluye la vigencia de dicha técnica para la salvaguarda del patrimonio arquitectónico.

“Dispuesto a partir, el Cid recogió su tienda. Desde la orilla del Arlanzón mira allá arriba extenderse la ciudad, coronada por el castillo; mira la romántica catedral de Santa María, que entre el caserío se adelanta y descuellu un adiós solemne. Volvió el Campeador las riendas de su caballo hacia el lejano templo; alzó su mano diestra, se santiguó la cara: *Voy a dejar Castilla, pues tengo airado al rey; no sé si tornaré a ella jamás. Si vos, Virgen gloriosa, me socorréis en mi destierro, ofrezco a vuestro altar ricos dones y haré en él cantar mis misas*”¹.

A raíz de las palabras del Campeador recogidas por el anónimo juglar, volviendo la vista a la medieval ciudad castellana, nos preguntamos qué percibiría la mirada del Cid en la catedral románica al abandonar Burgos camino del destierro, cómo sería aquella arquitectura y cómo sería posteriormente la catedral gótica que sobre la románica se construyó. Chueca Goitia² hace referencia a ella con las siguientes palabras: “La catedral de Burgos representa la elegancia dentro del equilibrio y la perfección sumada a la claridad”.

En las siguientes líneas pretendemos dar respuesta a las cuestiones que relacionan la arquitectura con su condición material, principalmente en el campo de la protección de la piedra, en una búsqueda desde la visión global a la particularización de lo concreto, a partir del análisis de los restos que perduran, con el fin de obtener una apreciación más perceptiva de la arquitectura.

Como punto de partida se hace necesaria la referencia a tres cuestiones previas para la comprensión de la protección de la piedra medieval, técnica tradicional que hoy sigue vigente, no habiendo sido superada por las nuevas tecnologías. La primera referencia surge del sentido de ser de estos edificios, resultado de una nueva espiritualidad, que en sus iglesias pretendía reflejar el misterio supremo de la fe, de toda una cultura, del modo de contemplar y comprender la vida. La visión se orienta desde las iglesias románicas, cuyo encanto residía principalmente en lo humano de sus medidas, hasta el alarde de las catedrales góticas.

La segunda revisión previa alude a la cualificación y libertad de los operarios medievales. La enseñanza en el taller de los conocimientos prácticos adquiridos por los maestros permite que hoy nos asombremos al analizar científicamente sus construcciones. Allí cada golpe de escoplo significaba algo y era una auténtica declaración. Demuestran una clara comprensión del material, seguridad en su utilización, un gran sentido de aquello que se puede y se debe hacer en piedra y sobre la piedra.

En efecto, especialmente durante el periodo gótico, se revalúa el papel del artesano y se respetan más ciertos trabajos manuales. Una de las características de la construcción medieval es la ruptu-

ra de las rígidas normas constructivas del Imperio Romano. Auguste Choisy nos alumbró sobre la profesionalidad de los artesanos constructores:

“... el picapedrero no es una fuerza pasiva al servicio de una voluntad que se impone: tiene su fragmento de escultura que realizar, un trozo de friso o de capitel, una base donde su pensamiento se desarrolla libremente, lo cual no obsta para que se coloque dentro del marco general trazado por el arquitecto: cada artesano es un colaborador responsable y la emulación entre obreros da a nuestra arquitectura gótica su viviente variedad”³.

La tercera apreciación preliminar nos hace revisar y retomar la función del revestimiento en la arquitectura. En él se aúna la misión de protección, durabilidad, junto con el embellecimiento del edificio. Los revestimientos y las protecciones de las fachadas, en sus múltiples variaciones y posibilidades constituyen elementos culturales, cuyas sencillas individualidades ayudan a comprender la arquitectura y los tejidos históricos. Transcender a través de las fachadas, de los paramentos, a menudo nos transmiten la historia y las vicisitudes de aquella parte de la ciudad, sistemas de entender las características formales y ambientales, la identidad de un lugar, sus colores, sus texturas, en conjunto: el espíritu que la define.

A continuación se analiza la protección de la piedra mediante la técnica tradicional de finas capas de mortero de cal, técnica antigua que hoy sigue vigente para la salvaguarda del patrimonio arquitectónico. Se concreta el estudio en dos edificios: la iglesia románica de Torme y la catedral de Burgos.

IGLESIA ROMÁNICA DE TORME, BURGOS

Acercarse a una iglesia, monasterio o catedral románica en un silencioso y apacible valle, o en el casco histórico de un pueblo o ciudad, supone retroceder con la mente a los esfuerzos realizados por aquellos arquitectos, constructores, canteros, albañiles, escultores, revocadores, carpinteros, obreros... en sus sucesivos esfuerzos por distribuir espacialmente el interior, por gradual y lentamente concentrar los empujes, por atender delicadamente a las fachadas, por convertir la arquitectura en evangelios en piedra.

Los revestimientos cubrían la práctica totalidad de los muros de fábrica de piedra y con una rica policromía protegían y decoraban la riqueza tallada en las portadas, especialmente en los destacados conjuntos escultóricos de sus tímpanos. Como ejemplo del modo de proteger y decorar una fachada románica se tratará el analizado



Fig. 1. Iglesia románica de Torme, en el norte de la provincia de Burgos, vista desde el suroeste

en la iglesia de Torme (fig. 1), en la Merindad de Castilla la Vieja y Villarcayo, en la provincia de Burgos. La fábrica de piedra caliza de sillaría se encuentra revestida con una fina capa de mortero de cal, tipo jabelga, con acabado coloreado mediante la incorporación de un bajo porcentaje de pigmento pardo-rojizo, del color de las tierras de cultivo del lugar. Este revestimiento, además de decorar, mantiene protegida la piedra, libre de erosión y de degradación química atmosférica (fig. 2).

La jabelga, del latín *exalbicare*, blanquear, es la mezcla compuesta de cal, árido, pigmentos minerales y agua. El árido principal suele ser marmolina, con una cuidada granulometría, aunque también pueden ser arenas silíceas u otras. La marmolina facilita la blancura y la total carbonatación de la mezcla. La jabelga se aplica al igual que el encalado como capa de terminación sobre un guarnecido, un enfoscado, un jarrado o directamente sobre el material de fábrica. Su misión es de acabado final y protección de la capa anterior y asimismo de la fábrica. La operación de aplicación de la jabelga se denomina jalbegar o enjalbegar. En algunas zonas geográficas el término enjalbegar es un sinónimo de encalado. La protección y durabilidad es mayor que en el encalado, por incorporar árido en su composición. Lo que hace que el espesor de esta capa protectora sea mucho mayor que un simple encalado. Al ser mayor el espesor de la capa de jabelga también es mayor la proporción de aporte de cal protectora. La jabelga principalmente es blanca debido a la naturaleza de la cal, pero históricamente y en la actualidad

se le añaden pigmentos minerales aportando color en el acabado. Dos colores de aplicación tradicional son los denominados calamocho y almagra. El calamocho es un color ocre amarillo de tono muy bajo. El almagra (del árabe *al-magra*, la tierra roja) es un color rojizo obtenido al introducir tierras con alto contenido de óxido de hierro.

Por las características analíticas se ve que es un material rico en cal, casi la mitad de cal y la otra mitad de arena. Esta gran riqueza en la dosificación de cal, le da un gran poder cubriente y protector de la piedra. Al principio su pH es alto, alcalino, actualmente su pH es 7,1, casi neutro, indica que la cal está ya casi toda carbonatada; el anhídrido carbónico que se ha combinado con la cal no ha podido estar en contacto con la piedra, por lo que ésta ha quedado protegida de la acción disolvente de este ácido al combinarse con la cal. Se comprueba que la piedra de los sillares que mantienen este fino revestimiento mantiene íntegramente sus propiedades, a diferencia de las zonas que lo han perdido, las cuales están deterioradas.

En las microfotografías de las muestras analizadas se aprecian tres estratos bien diferenciados. El primer estrato es blanquecino; sobre él, a partir de los datos experimentales obtenidos se puede afirmar que cubriendo la fábrica de sillaría de piedra caliza se aplicó una protección a base de un fino mortero de cal, jabelga. Este mortero, por ser de naturaleza similar a la piedra, se adhiere íntimamente confiriéndole una gran protección a las agresiones externas físicas, mecánicas y químicas. El segundo estrato tiene un espesor de 40-60 ηm y está compuesto, apoyándose en los datos experimentales, de carbonato cálcico mezclado con arena; es, por tanto, una fina capa de mortero de cal, con árido selecto de pequeño tamaño de partículas. El tercer estrato, capa de acabado, aporta valores ornamentales en el conjunto de la edificación a través de la tonalidad pardo-rojiza. Esta capa de espesor 25-50 μm , incorpora el color obtenido con pigmentos minerales aportados en su masa. Este acabado se aplicó a modo de jabelga, sobre el mortero blanco de cal, consiguiendo la protección de la piedra y modificando el cromatismo de la edificación.

Se puede concluir indicando que el revestimiento de la cara exterior de la fábrica de la iglesia románica está compuesto de tres capas, todas ellas elaboradas a base de mortero de cal, con incorporación de pigmento en la de acabado. A este revestimiento se le encomendó desde tiempo inmemorial la protección y embellecimiento de la piedra, misiones que sigue cumpliendo en la actualidad.



Fig. 2. Detalle de la fina capa de mortero de cal que protege y embellece la fábrica de sillaría del ábside

LA CATEDRAL DE BURGOS

Los grandes constructores de las catedrales denotan un gran conocimiento de los materiales que emplearon, y fundamentalmente de la piedra. Los canteros que trabajaban en las canteras, en las montañas, veían que las piedras con el paso del tiempo se desmenuaban, se caían sus trozos y formaban las laderas de los montes. Las piedras no eran eternas. Los canteros las conocían profundamente y sabían sus características. Por ello requerían un mortero rico en cal grasa, por tradición y para incorporar resistencia en las uniones plásticas de la piedra, que permitiese estructuras de gran altura, esbeltas y livianas, evitando los grandes macizos estructurales romanos. A ello habría que añadir, que aun empleando piedras de gran calidad en los paramentos exteriores de las fábricas y en cada una de las esculturas, poseen una gran vulnerabilidad, por la gran superficie de ataque que presentan ante los agentes agresivos exteriores. Para evitar esto, debido al gran conocimiento de la piedra que tenían los constructores del edificio y del deterioro que podía producirse, emplearon finas capas con mortero de cal para su protección. Ellos sabían por tradición y experiencia, que había que proteger la piedra labrada con algo que la defendiese de la acción destructora del medio ambiente, aplicándole la piel de sacrificio constituida por el mortero de revestimiento. Estos morteros, llamados de “sacrificio” por su función protectora, periódicamente, por zonas según su estado eran renovados. Práctica que se perdió y cuyos lamentables resultados se aprecian. Los análisis realizados a estos morteros que en su día se aplicaron, y de los cuales quedan algunos restos, confirman lo anteriormente expuesto.

Para analizar los revestimientos exteriores de la catedral de Burgos acudimos a la fachada oeste, denominada también “Fachada Real”⁴, dedicada a Santa María (figs. 3 y 4). Chueca Goitia se refiere a ella, junto con la del Sarmental, con las siguientes palabras:

“Sus fachadas, la principal con sus dos torres y la del crucero sur, llamada del Sarmental, son sin duda las mejores fachadas góticas que poseemos en España. Revelan un maestro o maestros formados en la región de Reims. En ellas, arquitectura, portadas, rosetones, ventanales, pináculos, se equilibran con la estatuaria de jambas, arquivoltas, tímpanos, galerías y contrafuertes. Es la catedral que tiene más riqueza de imaginaria en sus exteriores, a pesar de haber perdido la decoración de sus tres portadas de la fachada principal”⁵.

La nueva catedral iniciada el 20 de julio de 1221 se hizo con brevedad. Transcurridos nueve años, se comenzaron a celebrar los divinos oficios⁶, y en 1260, transcurrido el corto periodo de 39 años desde el inicio, se consagró la catedral; el breve periodo de construcción, ciertamente, explica su unidad y coherencia⁷. En esta última fecha estaban concluidos el cuerpo longitudinal, el transepto, sus bóvedas y las portadas norte y oeste. Por ello, la Puerta Real de Santa María es de época temprana en la construcción del templo.

El rosetón de la fachada oeste, fachada de Santa María, se encuentra retranqueado con respecto a la línea exterior de la fachada. Al igual que toda la edificación de la catedral en esta época, el cuerpo del rosetón manifiesta en su configuración una gran serenidad y compostura clásica dentro del estilo gótico (fig. 5). Del estudio realizado sobre la protección tradicional de la piedra de esta fachada se comentan brevemente a continuación algunas muestras de las analizadas, de tal modo que permitan ilustrar la técnica que antiguamente emplearon y que hoy sigue vigente en la protección de la piedra.

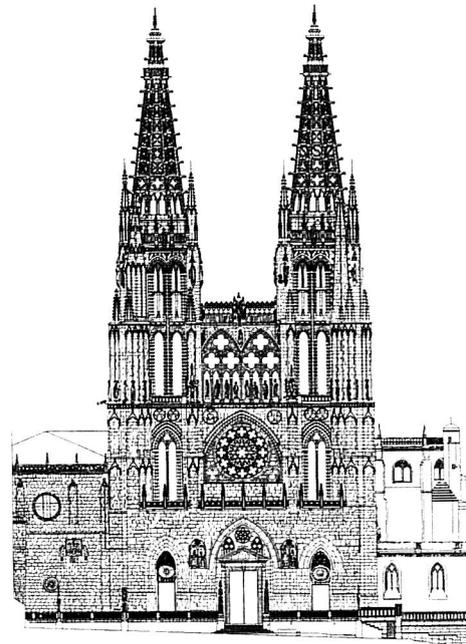


Fig. 3. Catedral de Burgos. Fachada de Santa María

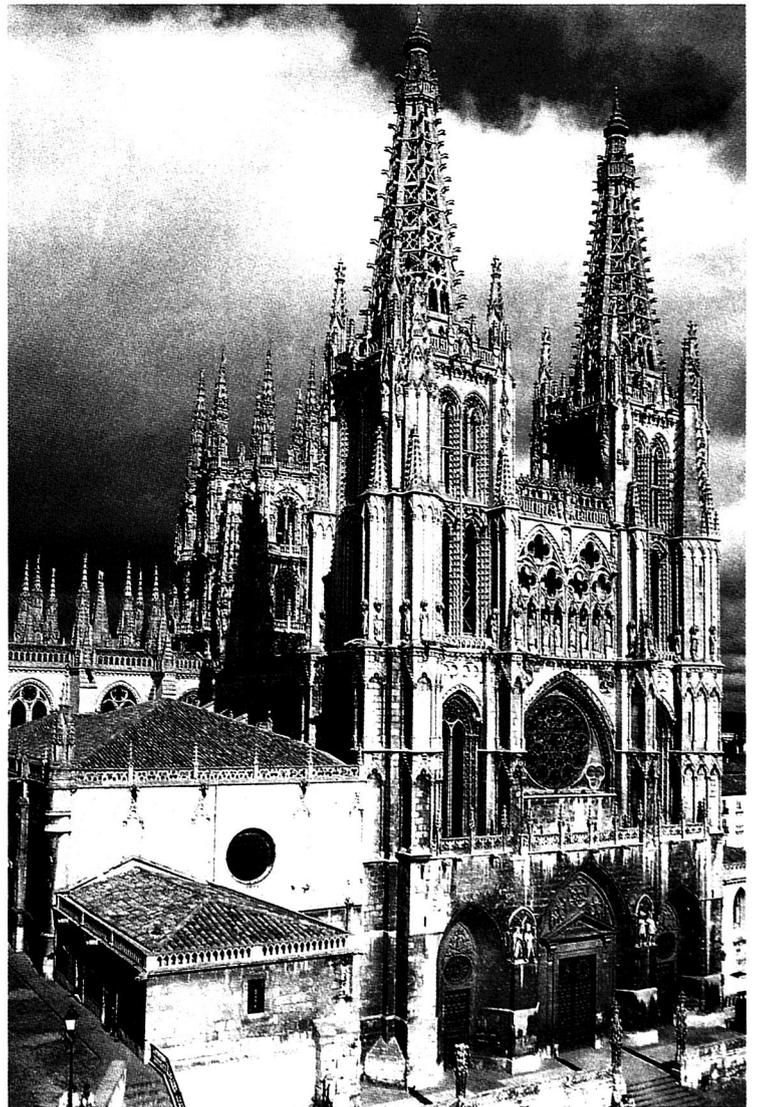


Fig. 4. Catedral de Burgos. Vista de la fachada de Santa María

Protección de la piedra con finas capas de mortero de cal

Las muestras analizadas de la serie 350 corresponden a la cara exterior de la fábrica que enmarca el rosetón (fig. 6), pues toda su superficie está enjalbegada, es decir, tiene un mortero fino de cal, pigmentado con un color amarillo-ocre, tendiendo a siena. Este color es de aplicación muy usual sobre fábricas de piedra de edificaciones, incluso más antiguas, como era el caso de la iglesia románica de Torme, anteriormente citada. Posiblemente se debe a que este pigmento térreo era de fácil adquisición en la zona, e intencionadamente era incorporado por el valor simbólico que aportaba.

Sobre las muestras extraídas se prepararon estratigrafías, a una de ellas corresponde la figura 7, ampliada 25 veces. En los análisis químicos por energías dispersivas de rayos X del conglomerante aparecieron los elementos calcio y oxígeno, propios de la cal; la aparición de ellos solos, sin otros iones, como sería el magnesio, denota una gran pureza en la cal utilizada. El color blanco de la cal en la estratigrafía corrobora la gran calidad de la cal utilizada. Asimismo, en los análisis químicos por energías dispersivas de rayos X del árido empleado aparecieron los elementos silicio y oxígeno, lo que indica que el árido empleado es arena silíceo. En las microfotografías se observa que el árido, por sus picos y aristas, está obtenido por machaqueo (fig. 7). En su fractura se observa cómo el amasado original fue muy perfecto, ya que el árido no está

aglomerado, sino disperso de una forma regular en toda la masa: todos los granos están envueltos en la cal.

Esta muestra, por contener agregado únicamente de cuarzo y algo de feldespato y de mica, permitió obtener suelto y libre el árido eliminando la cal carbonatada con ácido clorhídrico. Una vez obtenido el árido suelto, se realizó el ensayo granulométrico. La medición del tamaño de partículas se realizó mediante un medidor con láser. En las figuras 10 y 11 aparecen representadas la tabla granulométrica y las curvas de retenidos: acumulada y parcial. La curva presenta un gran predominio de finos y una admirable graduación de proporciones de tamaño. El tamaño máximo es de 555,71 μm . Con este tamaño, los espesores que se pueden conseguir son del orden de 1 mm en cada capa aplicada. La mayor parte del árido se encuentra comprendida entre 88,91-477,01 μm . La granulometría de la jabelga aplicada en la zona del rosetón de la catedral presenta partículas impalpables, lo que le da características de tapaporos de la piedra, aumentando la impermeabilidad, contribuyendo a su refuerzo y facilitando su adherencia. Así se consigue que la protección de la piedra sea lo mayor posible. Por la granulometría y regularidad en el escalonamiento del tamaño de las partículas, asombra comprobar la experiencia acumulada y la perfección de la elaboración de estos morteros aplicados como jabelgas.

La jabelga aplicada sobre esta fábrica de piedra tiene poco espesor, de 1-3 mm. El espesor era tanto mayor, cuantas manos de jabelga se aplicasen superpuestas.

En la imagen de la figura 8 se observa la estructura de la piedra caliza de Hontoria con una ampliación de 1.500 veces. Al no ser una superficie lisa, por estar compuesta de un gran número de aristas y fisuras, tiene una gran superficie de contacto con la atmósfera y sus agentes agresivos. Ello hace que su vulnerabilidad sea muy grande. Además, por sus concavidades puede retener humedad. Este agua, en la época fría de heladas, al transformarse en hielo, aumenta de volumen, hace efecto de cuña, provocando más fisuras, dando lugar a su fraccionamiento superficial y la consiguiente pér-



Fig. 5. Detalle de la fachada de Santa María



Fig. 6. Detalle de la fábrica de piedra de la derecha del rosetón de la fachada de Santa María



Fig. 7. Microfotografía del corte estratigráfico de la muestra 350, de la jabelga o fina capa de mortero de cal de protección y embellecimiento de la piedra, ampliada 25 veces

didada de volumen. En la figura 9 se observa cómo el mortero de cal cubre la superficie pétreo, con una forma física distinta, parecido a una esponja. Este mortero hace las veces de capa protectora de la piedra, pues ella es la que está en contacto con la humedad y los gases agresivos de la atmósfera. Su forma física de esponja hace que su capacidad de absorción de agua sea grande y quede perfectamente repartida en oquedades muy pequeñas, que contrarrestan el efecto de cuña del hielo.

El tamaño del diámetro final de los poros está regulado por la tensión superficial del agua que lo moje: mecanismo por el cual siempre es transpirable. Cuando el mortero es reciente, el agua queda retenida por tensión superficial en los poros del hidróxido cálcico. Al irse evaporando este agua, el hidróxido cálcico se va insolubilizando, depositándose en los bordes del poro, con lo cual el diámetro de éste va disminuyendo, hasta llegar a un tamaño tal, que la tensión superficial del agua es incapaz de atravesar el poro. Sin embargo, el poro sigue abierto, y aunque el agua no pueda pasar, sí pasa el aire, permitiendo transpirar a la piedra y al mortero. Este fenómeno explica el comportamiento de transpirabilidad similar de los cascarones de huevo, en cuyo interior se desarrolla un embrión, que en su última fase necesita respirar, y lo hace a través de los poros de la caliza del cascarón; pasa el aire con su oxígeno pero, sin embargo, no pasa el agua en ninguna dirección debido a que el tamaño pequeño de los poros: la tensión superficial del agua se lo impide.

Otro efecto que se suma a la protección es la elasticidad de la cal, hace que el efecto de dilatación de los microcristales de agua no la quiebren. Por lo tanto, esta capa de mortero de cal, tipo jabelga, amortigua los efectos de las heladas: el efecto cuña se encuentra mitigado por la elasticidad de estos morteros. También atenúa los ataques de los agentes químicos, presentando una barrera protectora de la piedra, puesto que la cal se combina con los gases ácidos, sobre todo del anhídrido carbónico del aire. Hace que este ácido reaccione neutralizándose con el hidróxido cálcico, formán-

dose carbonato cálcico, de la misma naturaleza química que la piedra caliza. Una vez que ha perdido la alcalinidad, cuando todo el hidróxido cálcico del mortero se ha combinado con el anhídrido carbónico, formándose carbonato cálcico, pasa a una fase en que sigue protegiendo a la piedra del anhídrido carbónico de la atmósfera. En efecto, pues este carbonato cálcico se combina con el anhídrido carbónico del aire, solubilizándose, transformándose en bicarbonato cálcico soluble, evitando que este anhídrido carbónico llegue a la superficie de la piedra. Llegado a este punto, el mortero de cal se degrada, se areniza y va dejando de cumplir su misión protectora. En la fábrica de piedra va desapareciendo la capa de jabelga, avisando a los ojos observadores de quienes conocen el edificio, que es necesario volver a aplicar el fino revestimiento de protección. Éste es el modo sencillo, fácil y económico de cómo a través de los siglos, se han mantenido estas construcciones, con estas sencillas y efectivas capas de mortero en forma de jabelga en la conservación de estos singulares edificios. La jabelga, además de protección, cumplía la misión de embellecimiento de estas fábricas, aportándoles luz y color.

El mortero, compuesto de cal y del agregado, es el que está aplicado sobre la fábrica de piedra que aparece en las figuras 5 y 6. En ellas se observa, por el color, su buen estado de conservación. El rosetón y su zona periférica, por estar retranqueados con respecto al plano exterior de la fachada (figs. 4 y 5), junto con los rehundidos y las zonas abrigadas por resaltes de tallas en piedra, han estado protegidos de la acción erosiva y disolvente del agua de lluvia. Este agua, por la ley de Henry, contiene gran cantidad de anhídrido carbónico disuelto, que en contacto con la cal carbonatada de la jabelga, la disuelve en forma de bicarbonato cálcico; la cal se



Fig. 8. Microfotografía de la piedra caliza de Hontoria, realizada en el microscopio electrónico de barrido, ampliada 1500 veces

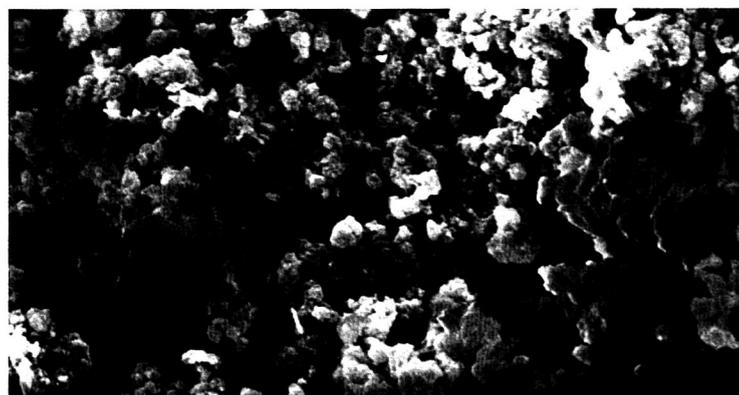


Fig. 9. Microfotografía de la jabelga, fina capa de mortero de cal que protege a la piedra caliza de Hontoria, realizada en el microscopio electrónico de barrido, ampliada 2000 veces

fica y protege de esta acción disolvente al carbonato de la piedra caliza. Éste es el mecanismo, que desde muy antiguo, intuían los canteros que construían estas fábricas. Mientras se ha ido manteniendo la práctica de esta sencilla técnica de protección de la piedra, se han mantenido en buen estado estos edificios. Cuando se dejó de hacer, la piedra desnuda, sufre sin protección los efectos erosivos de la acción del anhídrido carbónico de la atmósfera junto con el agua. Cuyos efectos degradativos van en aumento, debido a la cada vez mayor proporción de anhídrido carbónico y gases industriales que contiene la actual atmósfera. Este efecto es similar al que se observa en tantos caseríos diseminados por el campo, que al estar abandonados y deshabitados, se han dejado de salvaguardar con las tradicionales capas de finos revestimientos protectores de cal.

En las imágenes, también se puede apreciar, como al aplicar la jabelga sobre la piedra, ésta no pierde su textura, ni oculta las uniones del aparejo de la sillería, sino que crea una película de protección. Su geometría se mantiene, a la vez que le incorpora el intencionado cromatismo en su acabado, embelleciendo la fachada. Este mortero es un mortero específico para la gran fachada de Santa María. Los canteros que trazaron y ejecutaron el rosetón, en pequeñas porciones iban confeccionando esta jabelga, para aplicarla en la protección de su piedra. Por lo tanto, no es pintar y ocultar la piedra, sino que, principalmente, es proteger realmente y en segundo lugar, si se precisa, embellecerla.

Protección de la piedra con finas capas de mortero de estuco

La balastrada sobre el tramo central de la galería de tracería, obra de Juan de Colonia, incorpora la inscripción *Pulcra es et decorata*, dedicada a Santa María, cuya representación escultórica se sitúa en la parte central, como elemento simbólico de la fachada y de toda la catedral, a quien está consagrado el edificio. Esta zona fue construida a mediados del siglo XV, siendo, por tanto, dos siglos posterior a la zona del rosetón, anteriormente tratada. El revestimiento de protección de la piedra, en este caso, es un auténtico estuco. El agregado empleado en el mortero es marmolina y la coloración final, en la actualidad, es similar a la del color de la piedra caliza. En su origen pudo tener una capa de acabado pigmentada que se perdió con el paso del tiempo. El mortero es muy rico en

cal, y como es necesaria una alta cantidad de ella para la protección de la piedra, para evitar que se agriete, incorpora árido de marmolina. Como actualmente la contaminación es mayor, está mucho más indicado y es más necesaria la práctica de protección de la piedra con un mortero rico en cal, lo que supone el aporte de agregado en su masa. Hasta el momento actual, es la técnica más conocida, practicada y con experiencia muy favorable de su comportamiento, constatada por el paso de los siglos. Por ello, se debe continuar con esta práctica en la protección de la piedra, con una investigación paralela sobre el comportamiento de nuevos materiales, que garanticen en el tiempo su eficacia.

Se comprueba, por tanto, cómo en la fachada de Santa María existen dos tratamientos distintos de protección de la piedra, ambos a base de morteros de cal: en la parte inferior del siglo XIII, con agregado silíceo, y en la parte superior del siglo XV, con agregado calcáreo, tipo marmolina. En uno y otro, la misión del agregado es conseguir un mortero, y no agua de cal o pasta de cal. El agua de cal, es el agua que sobrenada sobre la pasta de cal apagada que no se disuelve y está en el fondo de la fosa o recipiente que lo contenga. Este agua, sobre la piedra, aporta muy poca cantidad de cal protectora, su adherencia es baja y se desprende con facilidad. En el caso de la pasta de cal, por su naturaleza uniforme y compacta dificulta la transpiración, de modo que el paso del vapor de agua o de la humedad generaría la aparición de grietas, aminorando la protección superficial; para conseguir con la pasta una alta protección se requeriría un cierto espesor, con la consiguiente fisuración por la retracción de la cal, cuando no contiene árido. Por lo tanto, para garantizar el poder cubriente de la cal, la adherencia, la ausencia de fisuras y la transpirabilidad, se requiere el aporte de árido en la masa del revestimiento protector. En el mortero de protección de esta fachada inteligentemente se incorporó sílice, marmolina o ambos, según la zona.

La diferencia que presenta el árido silíceo con respecto a la marmolina, es que la sílice proporciona mayor dureza, el cuarzo en la escala de Mohs tiene el valor 7. La marmolina tiene la ventaja de aportar belleza al revestimiento, con una cierta vida, cobrando distinta luminosidad según la luz que reciba.

Con la serie de muestras 351 de mortero de estuco de protección de la piedra se prepararon estratigrafías, a ella corresponde la

TAMIZ (µm)	%R.P.	%R.A.	TAMIZ (µm)	%R.P.	%R.A.	TAMIZ (µm)	%R.P.	%R.A.
0,05	0,00	0,00	1,44	0,14	1,30	41,43	0,88	11,90
0,06	0,00	0,00	1,68	0,15	1,44	48,27	0,91	12,77
0,07	0,00	0,00	1,95	0,17	1,59	56,23	1,00	13,68
0,08	0,00	0,00	2,28	0,19	1,75	65,51	1,22	14,69
0,09	0,00	0,00	2,65	0,21	1,94	76,32	1,60	15,90
0,11	0,00	0,00	3,09	0,24	2,15	88,91	2,21	17,50
0,13	0,00	0,00	3,60	0,27	2,39	103,58	3,08	19,71
0,15	0,01	0,01	4,19	0,32	2,67	120,67	4,26	22,80
0,17	0,02	0,02	4,88	0,36	2,98	140,58	5,69	27,05
0,20	0,04	0,04	5,69	0,41	3,34	163,77	7,30	32,74
0,23	0,07	0,08	6,63	0,46	3,75	190,80	8,87	40,04
0,27	0,11	0,16	7,72	0,50	4,21	222,28	10,17	48,91
0,31	0,12	0,26	9,00	0,54	4,71	258,95	11,07	59,08
0,36	0,12	0,38	10,48	0,58	5,25	301,68	10,07	70,15
0,42	0,11	0,50	12,21	0,62	5,58	351,46	8,21	80,22
0,49	0,11	0,61	14,22	0,66	6,46	409,45	5,95	88,44
0,58	0,09	0,72	16,57	0,70	7,12	477,01	3,85	94,38
0,67	0,09	0,81	19,31	0,75	7,82	555,71	1,76	98,24
0,78	0,09	0,89	22,49	0,79	8,57	647,41	0,00	100
0,91	0,09	0,98	26,20	0,83	9,36	754,23	0,00	100
1,06	0,10	1,07	30,53	0,85	10,18	878,67	0,00	100
1,24	0,12	1,18	35,56	0,86	11,03			

Fig. 10. Tabla de resultados de la medición del tamaño de partículas, empleando radiación láser, del árido silíceo de la fina capa de mortero de protección de la piedra del rosetón de la fachada de Santa María

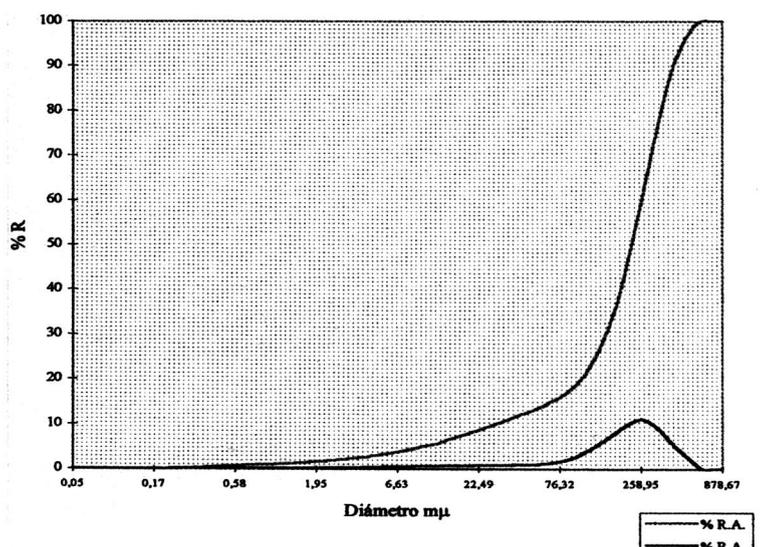


Fig. 11. Curva granulométrica del árido silíceo de la fina capa de mortero de protección de la piedra del rosetón de la fachada de Santa María

figura 12, cuyo corte aparece representado en la microfotografía ampliada 25 veces. El espectro del análisis químico, por energías dispersivas, de la zona cementante dio como resultado la aparición de los elementos calcio y oxígeno, propios de la cal carbonatada; minoritariamente localiza los elementos cloro, sodio y potasio, que posiblemente pertenecen a cloruros sódicos y cloruros potásicos de contaminaciones posteriores a su aplicación sobre la piedra. Estos compuestos aparecen en el ensayo global de composición, pero prácticamente a nivel de trazas. El análisis de numerosos puntos del agregado permite localizar puntos ricos en calcio y en oxígeno, lo que confirma que todo el árido empleado en el mortero es marmolina y no árido silíceo.

El estudio de la granulometría del agregado no es posible hacerlo a partir del método de ataque con ácido clorhídrico, pues hubiera disuelto no sólo la cal carbonatada sino también el agregado de marmolina. Al no poder desligarlo, se procedió a representar gráficamente la superficie de los granos sobre una ampliación de la imagen del corte estratigráfico; este dibujo se escaneó, y se analizó con el programa de medición de tamaño de partículas Global Lab Imagen. Ello permitió obtener una distribución de tamaños, orientativa, en el plano horizontal del corte. La distribución de tamaño de partículas del estuco aplicado con la técnica de la jabelga presenta un tamaño máximo de 0,6 mm, y regularidad en el escalonamiento de los tamaños, con alta proporción de impalpables, por sus características de tapaporos y refuerzo de la piedra.

El estuco cumple una importante misión de protección sobre la porosa piedra de Hontoria. Al ensayarla se comprobó que la piedra primitiva de la catedral tiene una porosidad del 12,7%, y la piedra nueva, obtenida en la actualidad de la misma cantera, presenta una porosidad del 13,9%. Su absorción en 24 horas es de 6,3% para la piedra vieja y 7,4% para la piedra nueva. La desorción al cabo de 48 horas es de 1% para la piedra vieja, y 0,3% para la piedra nueva. Los antiguos canteros aplicaron estas finas capas de estuco, cuya cal penetró por sus intersticios, cerrando los poros y cubriendo finalmente toda la superficie, a la vez que nítidamente permitió la percepción del aparejo de la fábrica. Esta capa de protección es el escudo de la piedra: fue reaccionando con el anhídrido carbónico de la atmósfera que la hizo más duradera, en el largo proceso de carbonatación del mortero y, además, ante los demás agentes agresores cumple su misión de piel de sacrificio, deteriorándose ella en defensa de la piedra y avisando cuando la piedra se encuentre desprotegida y haya que volver a protegerla mediante la técnica del enjabelgado.

TRATAMIENTO DE PROTECCIÓN DE LA PIEDRA: FINAS CAPAS DE MORTERO DE CAL, JABELGAS

La solución histórica y una de las opciones actuales en el tratamiento de la piedra de la catedral es la de aplicar jabelga, mortero de cal con árido silíceo o marmolina, de modo que se crea sobre la piedra una capa de protección que consolida e hidrofuga parcialmente las fábricas durante el largo periodo en el que el hidróxido cálcico se va transformando en carbonato cálcico. Al aplicarla con brocha sobre la piedra, ésta puede incorporar pigmentos minerales del mismo color que la piedra a la que protege o variar la tonalidad según convenga al realizar la intervención. La técnica de aplicar morteros finos de cal es milenaria, y se ha comprobado en la catedral cómo protege a la piedra durante el proceso de carbonatación que dura siglos. Una vez que el hidróxido cálcico se ha transfor-

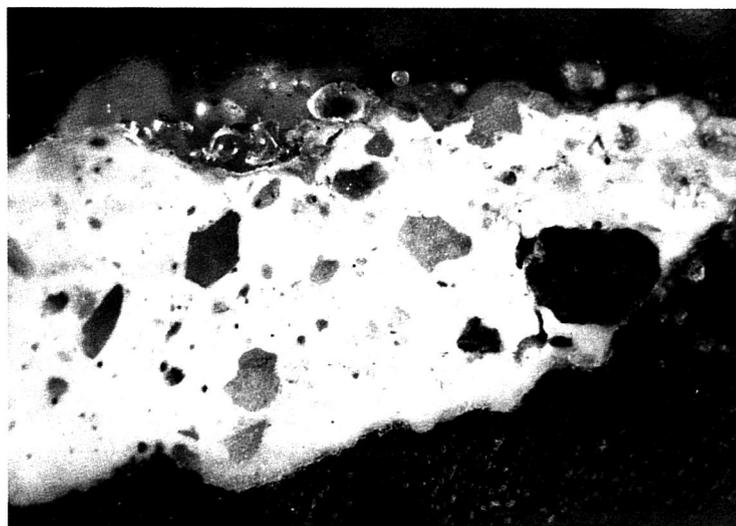


Fig. 12. Microfotografía del corte estratigráfico de la capa fina de estuco que protege la piedra de la coronación de la galería de tracería de la fachada de Santa María

mado íntegramente en carbonato cálcico, periodo que en ocasiones comprende varios siglos, ya no cumple la misión de protección y en este momento los canteros en el proceso de mantenimiento del edificio lo reponían con una nueva capa. Esta técnica se perdió dejando a la intemperie las piedras, de tal modo que la propia caliza del edificio se enfrenta con el dióxido de carbono de la atmósfera, cada vez más abundante, transformando el carbonato insoluble en bicarbonato cálcico, que es soluble en agua con el consiguiente deterioro de la piedra.

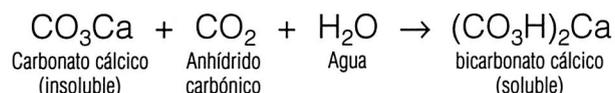
Al ensayar la piedra que mantiene el revestimiento con mortero de cal se comprueba que sus características y estado de conservación es perfecto, mucho mejor que las piedras del mismo edificio que perdieron su capa de protección y no fue repuesta. El dejar de proteger a la piedra puede haber sido debido a que las piedras, por sus propiedades físicas y mecánicas, el aprecio de su progresivo deterioro, al ser lento y existir entonces menos contaminación, la duración de un observador a lo largo de una vida es un tiempo muy corto para apreciar el principio de deterioro. El mantener la piedra sin protección es conducirla a su degradación, a un daño grande y manifiesto. El fino revestimiento, la piel protectora, está en primera línea, en contacto directo con los agentes externos que agreden la piedra, haciendo de escudo protector, de piel que les protege de las inclemencias atmosféricas.

El mantenimiento de los edificios es otro factor importante a considerar, este concepto se interpreta de diversas formas y cambia con el tiempo, dependiendo muchas veces del aprecio y conocimiento que se tenga de los edificios, prevaleciendo distintos criterios con respecto al modo de realizarlo. El olvidar o modificar las prácticas de mantenimiento puede dar lugar a daños cuantiosos, incalculables, de costosa y difícil reparación. Para preservar lo que se desea mantener hay que conocer lo mejor posible qué es lo que daña y el porqué del material que se desea conservar; de este modo se actuará con mayor eficacia. Respecto a los edificios construidos con piedra, se dejaron de aplicar las prácticas antiguas de mantenimiento, de conservación de la piedra, llevadas a cabo por los hombres que labraron la piedra y la conocían por su contacto directo con ellas.

Los revestimientos con mortero fino a la cal aplicados con brocha, o con otros procedimientos, en las denominadas jabelgas, aportan una protección a las piedras de diversas formas, además de cumplir otras misiones, éstas son las siguientes:

Protección contra el CO₂ atmosférico

La jabelga aísla a la piedra del contacto directo con el anhídrido carbónico atmosférico y de los gases contaminantes. La piedra caliza con la que está construida la catedral, químicamente está constituida por carbonato cálcico principalmente, 99,4%, y otros compuestos minoritarios a nivel de trazas. El carbonato cálcico está en contacto con el anhídrido carbónico atmosférico. Este gas procede de la respiración de los seres vivos, de la combustión de carbones minerales o vegetales, aceites minerales, petróleos, gasolinas, etc., productos contaminantes que van en aumento progresivo. El anhídrido carbónico va disolviendo las piedras calizas, según la siguiente reacción:



El bicarbonato cálcico es un producto muy poco estable y muy soluble en agua, de tal forma que la caliza se va disolviendo con el agua de lluvia, por la formación de bicarbonato cálcico, que unido a la acción física del hielo y demás agentes agresivos hace que la piedra se vaya disgregando y desapareciendo. Esta acción se produce más intensamente en las partes bajas de los edificios, debido a que el gas carbónico es más pesado que el aire, estando más concentrado en las partes bajas, que es también la zona que recibe directamente las emisiones de los gases de combustión de vehículos. Ello, unido a la continua presencia del agua, contenida por capilaridad en las zonas bajas de los muros, imprescindible para transformar el anhídrido carbónico atmosférico en ácido carbónico, que disuelve al carbonato cálcico de que se compone la piedra. Y esto se corrobora, a simple vista, observando el deterioro de los antiguos edificios de piedra.

Esta acción directa en la piedra se puede evitar con la aplicación de revestimientos de mortero de cal, durante el largo periodo en el que el hidróxido del mortero se va carbonatando, al reaccionar con el gas carbónico atmosférico. El mortero no sólo no se deteriora y protege a la piedra, sino que se va reforzando y endureciendo cuanto más carbónico exista en la atmósfera. El proceso es muy lento y, mientras se va produciendo, la piedra mantiene sus propiedades. La cal se combina con el gas carbónico, neutralizándose, haciéndolo desaparecer, de forma que no puede llegar a la superficie de la piedra sobre la que se ha colocado el mortero, motivo por el que es recomendable que éste sea rico en cal. La reacción de la lenta carbonatación se realiza de acuerdo a la siguiente formulación:

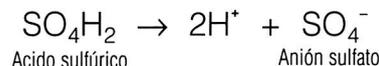
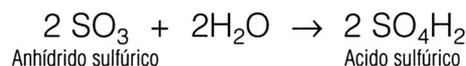
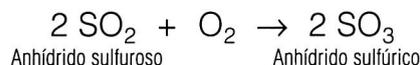


La duración defensiva del mortero a la cal depende de muchos factores: de la pureza de la cal del mortero, de la cantidad que contenga en su dosificación, de la humedad ambiente, de los gases atmosféricos, de la compacidad, etc., pero es normal que este mortero dure más de cincuenta años e incluso siglos. Cuando la cal esté totalmente carbonatada, ha cumplido su misión de protección, avisa iniciando su descomposición y es el momento en el que habrá que reponerlo con otro mortero joven de cal, en el importante trabajo de mantenimiento de los edificios y, especialmente, en los grandes edificios de la arquitectura.

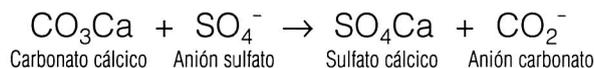
Protección contra el SO₂ y SO₃

La cal que forma parte de los morteros de cal y morteros de estuco, por su naturaleza alcalina, forma una barrera natural, un filtro, que impide totalmente el paso de los ácidos contenidos en la atmósfera y que tanto dañan a las piedras calizas, disolviéndolas. Los óxidos de azufre contenidos en la atmósfera, cada vez en mayor proporción por la combustión del azufre contenido en las gasolinas, en otros combustibles, en residuos de procesos industriales, etc., entran directamente en las fábricas de piedra, o a través del agua, en las denominadas lluvias ácidas, que lo recogen de la atmósfera. Estos gases degradan la piedra aceleradamente: producen pérdidas de masas pétreas, borran tallas artísticas, etc.

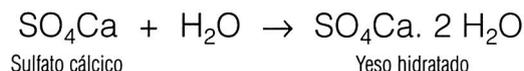
En el caso de que la piedra no tenga una protección a base de cal, el carbonato cálcico se transformaría en una forma hidratada de yeso nada resistente, lo que supone su total degradación. La reacción es la siguiente:



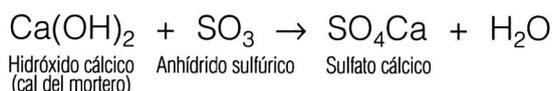
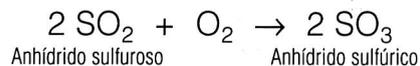
El anión sulfato, sobre el carbonato cálcico de la piedra caliza, produce la siguiente reacción:



La piedra transformada en sulfato cálcico, por aumento de la humedad relativa del aire o por el agua de la lluvia, precipita en forma hidratada de yeso, que se disgrega, por no ser resistente en exteriores cuando se encuentra en climatologías agresivas. El proceso se produce de acuerdo a la siguiente reacción:



Por tanto, si al llegar estos agentes agresivos a la piedra se encuentran con una barrera que impida su penetración y posterior reacción, la piedra no se deteriora, sino que lo frena esta piel de sacrificio, y cuando esté degradada, fácilmente se reparará en el obligado mantenimiento que requieren estos edificios. La cal contenida en la jabelga de mortero reacciona convirtiéndose en yeso, e impidiendo que se ataque y se deteriore la piedra. La reacción es la siguiente:



Los productos neutros formados, no son extraños en la construcción que, al formarse, aún cierran más los poros de la capa de protección, protegiendo tanto más cuanto más polución haya en la atmósfera.

Refuerzo y consolidación de la piedra

Los morteros a la cal tapan los poros y fisuras de las piedras sobre las que se aplican. Las partículas muy finas del mortero que contienen disuelta y en suspensión acuosa la cal y los áridos, penetran por los poros y fisuras reforzándolos. El agua del mortero a la cal contiene parte de cal disuelta y parte de cal en suspensión coloidal, junto con los muy finos, impalpables del árido, que penetran por las grietas y poros de la piedra, fraguando y adheriéndose este mortero a la cal en las superficies internas de los poros y grietas de las piedras. Los huecos y poros se cierran impidiendo la entrada de agua y productos agresivos. La flexibilidad y plasticidad del mortero a la cal, hace que ante cualquier movimiento de la piedra el mortero se deforme conjuntamente, y ante pequeñas grietas o fisuras que se amplíen o modifiquen, no dejando de estar tapando y protegiendo los pequeños poros y huecos de la piedra caliza.

Cuando el mortero es de estuco, el árido de marmolina que los compone se encuentra mezclado con una proporción en cal mayor que los morteros normales, consiguiendo una mayor durabilidad en la protección de la piedra.

El estuco aplicado con brocha penetra en los poros de la piedra consolidándola y reforzándola con las sucesivas y finas capas de acabado.

Con estos morteros, aplicados en mayor espesor, se pueden recomponer piedras que estén deterioradas, ya que por su naturaleza son totalmente compatibles, tienen alta adherencia y por su plasticidad se adaptan fácilmente a las variadas formas geométricas que se precisen. Son, por tanto, una reparación con, prácticamente, el mismo material a reponer. La cal del mortero pétreo se transformará con el tiempo en carbonato cálcico, la auténtica piedra que se está reparando. Estos morteros pétreos a la cal durante cuatro o cinco horas se pueden moldear sin endurecerse, y luego adquieren una dureza similar a la de la piedra y con la misma composición. Por lo tanto, ciertamente, los morteros pétreos a la cal son un valioso material en la reparación y recomposición de las fábricas de piedra.

Protección contra el agua y sus efectos

El mortero de protección aísla a las piedras del agua y de humedades que pueden acceder directamente a los poros de la piedra. Asimismo, protege de la acción erosiva de la lluvia.

En climas de bajas temperaturas, como el que corresponde a la ciudad de Burgos, al introducirse el agua en los huecos accesibles de la piedra y posteriormente helarse, se generan tensiones por el incremento del volumen del agua, lo que provoca fisuras internas que degradan la piedra.

Al colocar una barrera, con el fino mortero de cal, que impida la entrada de agua y a la vez permita la transpiración del muro, se evita la penetración del agua y sus posteriores tensiones, sufriendo el mortero los daños que se producirían en la piedra, daños que fácilmente pueden repararse, a diferencia de los daños producidos en la piedra, que son de difícil restauración.

Protección de acciones destructivas mecánicas, solares y biológicas

El mortero de cal forma una capa que protege la superficie de las piedras de posibles impactos y agresiones superficiales, tales como los ocasionados por materiales abrasivos, como son las arenas transportadas por el viento, que erosionan la superficie desgastándola con el paso del tiempo.

Los morteros de cal, por su plasticidad, se adaptan a los movimientos del soporte cuando éste sufre ligeros movimientos, deformándose y absorbiéndose, por tanto, sin alterarse.

La capa de revestimiento de cal actúa como protector de radiaciones solares, como pueden ser las radiaciones ultravioletas, cuya presencia a lo largo del tiempo altera sensiblemente la fábrica.

La fina capa de protección resguarda a la piedra de la acción destructiva de algas, de líquenes, de deyecciones de aves, etc., creando una barrera que impide su paso, y el de las sustancias que generan, hacia el interior.

Embelllecimiento de la piedra

La jabelga, por su contenido en cal, además de proteger los paramentos sobre los que se aplica, los embellece con el color que se requiera en cada caso y la textura de acabado. El color de la jabelga puede ser el mismo de la piedra original o ir modificado, como se comprueba en las muestras ensayadas de la catedral con un color amarillo-ocre.

La posibilidad del color que se puede conseguir con las jabelgas, es casi infinita, pues depende del color de los pigmentos minerales utilizados y de la mezcla de los diversos colores en distintas proporciones.

Las texturas de acabado pueden ser muy variadas. Al aplicar la jabelga con brocha, se percibe en la piedra la misma textura original de la piedra, en la que se distinguen también las uniones de los sillares. Si se aplica mortero a la cal sobre la piedra, mientras el mortero está en estado húmedo, se pueden aplicar diversas texturas: abujardado, martellina... según se precise en cada paramento.

Material ensayado por el tiempo

Al dejar la piedra desnuda y vista, sin ninguna protección, o al aplicar diversos productos llamados consolidantes o hidrofugantes, el mejor ensayo de comprobación es el paso del tiempo. En la construcción, la mejor prueba del comportamiento de un material o tratamiento es su resultado obtenido con el paso de los años: el tiempo es el mejor juez, que nunca se equivoca y determina exactamente, si una decisión fue o no acertada. Emplear productos cuyo envejecimiento y comportamiento con el paso del tiempo es desconocido es muy arriesgado, sobre todo en edificios irrepetibles. Las Cartas de Restauración recomiendan incesantemente el emplear técnicas y materiales avalados por el paso del tiempo⁸, tradicionales. Los nuevos productos e investigaciones es aconsejable desarrollarlos en laboratorio, hasta tener una gran garantía y certeza de su buen comportamiento, y hasta no estar bien comprobados, no proceder a su utilización en los grandes edificios históricos.

Las finas capas de mortero de cal han sido empleadas desde la antigüedad: en la construcción egipcia se mantienen numerosas fábricas de piedra y esculturas de piedra con revestimiento, en la construcción prehelénica sirva de ejemplo el palacio de Knossos,

en la construcción griega, en la construcción romana, en la construcción medieval... y tantos ejemplos en los que se observa la constante presencia de la protección de la piedra con el noble material de la cal, con todas sus variadas intenciones y siempre incluyendo la misión de protección. El tiempo ha realizado el ensayo y ha sido favorable, ahora queda su desarrollo, aplicación y mantenimiento, por parte de los profesionales responsables de la perdurabilidad de estos edificios irrepetibles de piedra.

Los tratamientos con agua de cal y con pasta de cal realizan una mínima protección, muy inferior a la conseguida con la jabelga, mortero fino de cal.

Al ver este antiguo tratamiento de protección que se mantiene en algunas zonas de las fachadas de la catedral, asombra ver el gran conocimiento del comportamiento de los materiales en aquella época, puesto que habían resuelto perfectamente sin problemas la protección de la piedra utilizada en las construcciones. Como la cal era el elemento de defensa y material de sacrificio, para que se combinase con los productos agresivos de la atmósfera, a mayor cantidad de cal por superficie protegida, mayor, y más durable era su protección. Si la cal se aplica sola, en lo que se denomina agua de cal, no cumple la misión de protección; no es un descubrimiento actual, sino que es práctica corriente desde tiempo inmemorial en toda la cuenca del Mediterráneo, en sus casa blancas. Este sistema de protección consiste en utilizar el agua, que sobrenada sobre la pasta de cal apagada que no se disuelve y está en el fondo de la fosa o del recipiente que lo contenga. Ello ocurre porque el hidróxido cálcico, o cal apagada, es muy poco soluble en el agua. Por tanto, el aporte de cal sobre la superficie que se quiere proteger es muy pequeño. Tan pequeño, que por experiencia en la práctica popular, que aporta incluso mucha más cal que sólo el agua de cal, hace que continuamente tengan que repetir la operación, como mínimo una vez al año. Por consiguiente, el aporte de esta baja proporción de cal sobre las superficies de la piedra hace que su protección sea mínima, el tiempo que tarda en carbonatarse, a veces de horas. Además, el agua de cal tiene poca adherencia sobre el paramento, por su poca masa. Por su rapidez de secado, el agua se evapora con mucha rapidez y se carbonata rápidamente, quedando muchas veces reducido a polvo de carbonato cálcico que no le ha dado tiempo a adherirse. Este polvo fácilmente es arrastrado por el viento y el agua de lluvia; pasando simplemente la mano por la superficie encalada se elimina. Se concluye, por tanto, que el agua de cal aporta muy poca cantidad de cal protectora, realizando una mínima defensa. Cuando la cal se aplica en pasta, ya no es agua de cal, por su naturaleza uniforme y compacta. Esta pasta aplicada en el paramento no permite la transpiración, de forma que el paso de la humedad o el vapor de agua a través de ella se realiza abriéndose camino mediante fisuras, las cuales, de por sí, perjudican a la protección de la superficie sobre la que se ha aplicado.

La protección de más durabilidad es la que se aplicó hace siglos en la catedral, y en tantos monumentos singulares, que por experiencia y tradición lo conocían: la jabelga o mortero de cal. El mortero de cal siempre realiza una gran protección de los paramentos, por la alta cantidad de cal que aporta. La jabelga, compuesta de cal en gran proporción, con agregado de arena silíceo fina o de marmolina tipo estuco, más los pigmentos minerales y aplicada con abundante agua, cerca del 50%, actúa sobre la superficie como fino mortero y si se precisa variar el color, también actúa como pintura.

La jabelga, si se considera como una pintura tiene un defecto, su poco poder cubriente, que en este caso, es una ventaja, ya que



Fig. 13. Miniatura de Jean Fouquet del S. XV, en un Libro de Horas. Biblioteca Nacional de París

forma una veladura que transparenta la superficie que recubre. Según el número de capas que se apliquen se consigue mayor o menor protección de la piedra y transparencia de la textura y naturaleza de la fábrica que cubre. La jabelga tiene la ventaja de ser un revestimiento con una cierta vida, cobrando distinta luminosidad según la luz que reciba, lo que la distingue de las actuales pinturas sintéticas.

El tiempo ha comprobado la idoneidad y la eficacia de las jabelgas como revestimiento de consolidación y protección, y seguirá siendo el mejor juez, que nunca se equivoca y determinará exactamente, si la decisión fue o no acertada. La noble cal, si se emplea adecuadamente seguirá cumpliendo su misión al servicio de la arquitectura.

EPÍLOGO

Los morteros de cal protegen a la piedra. La piedra comunica al ser humano una sensación de perennidad que no es real, debido a que la piedra por su naturaleza, se degrada por los agentes externos naturales. El ritmo de degradación es lento, tanto que el hombre a lo largo de su vida casi no lo percibe, por ello cree en su estabilidad, pero a lo largo de un periodo de varias generaciones, comparativamente se observa cómo la piedra se ha degradado, y con ella el edificio con la cual se ha construido. Como ocurre en las más potentes montañas.

Los antiguos canteros, grandes conocedores de la piedra, sabían cómo en la propia cantera la piedra se había alterado a través del tiempo, esta degradación continuaba en el edificio y más aún cuando las piedras que empleaban eran de canteras próximas a las edificaciones y por economía, rendimiento y facilidad utilizaban piedras no excesivamente duras, para que su labra fuese menos dificultosa. La blandura y porosidad de la piedra hacía que ésta fuese más rápidamente degradada que las duras y compactas. Como aquellas construcciones se hacían a lo largo de un extenso periodo de tiempo aparecían síntomas superficiales de descomposición o alteración de la piedra, las cuales trataban de evitar, para ello utilizaban una fina capa de mortero de cal que protegiese su superficie.

Los morteros de protección eran a base de cal y como árido empleaban los pequeños trozos de piedra, restos del labrado de los sillares o mampuestos; en otros casos la arena era silíceo o la mezcla de ambas, con este fino mortero se recubrían las fábricas de piedra. El mortero defendía a la piedra que cubría sufriendo él mismo los agentes agresivos atmosféricos, de ahí que se les denominen “revestimientos de sacrificio”.

En el mantenimiento de las fábricas de piedra se vigilaba el estado de conservación de estas capas, también llamadas pieles de sacrificio, que periódicamente tenían que reponer. Durante siglos el sistema de protección con morteros y jabelgas de cal ha funcionado perfectamente y la experiencia centenaria lo tiene garantizado, prueba de ello es que el abandono de esta técnica protectora y de su mantenimiento, se ha acusado en la aceleración de su degradación tal, que es uno de los factores por el que muchos antiguos edificios histórico-artísticos, llegan a nuestros días en extremados límites de deterioro.

La técnica de aplicar los morteros de cal en finas capas, como puede ser una jabelga, y con el mismo color de la piedra o en cualquiera que se desee, puede continuar siendo uno de los sistemas de protección, perfectamente comprobado, si realmente se quieren mantener las fábricas de piedra, como técnica garantizada, hasta que los nuevos productos de la industria química demuestren su eficacia con el paso del tiempo, no empleando como laboratorio de experimentos edificios irrepetibles.

Dicho esto, sólo resta añadir que la principal conclusión que de este estudio puede extraerse es que hay que retomar, actualizar, la antigua práctica de revestir las piedras de los edificios con los antiguos morteros de cal, los llamados “de sacrificio”, que estamos seguros de sus buenos resultados, y no frenar la guardia para cuantas sugerencias técnicas comprobadas aparezcan en la construcción. Con el empleo de capas finas de mortero de cal, jabelgas y morteros de estuco se dispone de un instrumento en el arte de crear y preservar los espacios habitables, aportando protección, luz y color a la arquitectura.

NOTAS

1. MENÉNDEZ PIDAL, Ramón. *El Cid Campeador*. Ed. Espasa-Calpe, séptima edición, Madrid, 1973, p. 69.
2. CHUECA GOITIA, Fernando. *Historia de la arquitectura Occidental: IV. Edad Media Cristiana en España*. Ed. Dossat, Madrid, 1989, p. 203.
3. CHOISY, Auguste. *Historia de la arquitectura*. Ed. Victor Lerou, Buenos Aires, 1963, p. 590.
4. Esta denominación se le dio por ser el lugar por el que accedían al templo los reyes. "... la puerta mayor de la iglesia, por o reciben los reyes en procession,..." Cfr. *Archivo de la Catedral*. Vol. 2, p. 1, fol. 8.
5. CHUECA GOITIA, F. *Historia de la arquitectura occidental*, op. cit., pp. 203 y 204.
6. MARTÍNEZ Y SANZ, Manuel. *Historia del Templo Catedral de Burgos*, Burgos, 1866, reedición de 1983, p. 15.
7. CHUECA GOITIA, F. *Historia de la arquitectura occidental*, op. cit., p. 202. Cfr. KARGE, Henrik. *La Catedral de Burgos y la Arquitectura del siglo XIII en Francia y España*, 1989. Traducción española de Cristina Corredor. Ed. Consejería de Cultura de la Junta de Castilla y León, Valladolid, 1995, p. 44.
8. CARTA DEL RESTAURO, 1987, p. 43.