LIBRO DE ACTAS TOMO I

IX

SEVILLA
9/10/11 JULIO 2008



CONGRESO INTERNACIONAL DE REHABILITACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO Y EDIFICACIÓN

PATRIMONIO CULTURAL E INNOVACIÓN



CENTRO INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACION DEL PATRIMONIO

R.A. PATRONATO DEL REAL ALCÁZAR

JUNTA DE ANDALUCIA

TOMO I

AREA 1
AREA 2
AREA 3

IX

SEVILLA
9/10/11 JULIO 2008

AREA 1

CONGRESO INTERNACIONAL DE REHABILITACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO Y EDIFICACIÓN

PATRIMONIO CULTURAL E INNOVACIÓN

EVOLUCIÓN DE LA CARBONATACIÓN DE MORTEROS DE CAL CALCÍTICA Y DOLOMÍTICA

A. Arizzi [(1)], G. Cultrone [(2)], E. Sebastián [(3)]

Departamento de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. España

arizzina@ugr.es [(1)], cultrone@ugr.es [(2)], rolando@ugr.es [(3)]

ÁREA TEMÁTICA: Geomaterialidad y patrimonio Inmueble: técnicas y metodologías científicas para la conservación y restauración de materiales

RESUMEN

En este trabajo se ha realizado el estudio de morteros de restauración de cal calcitíca y dolomítica y áridos de diferente composición (calcítico y silíceo), elaborados con una proporción en peso de aglomerante-árido de 1:3. Se ha estudiado la mineralogía y las propiedades físico-mecánicas de los morteros y se ha efectuado un control de la evolución de la carbonatación, mediante la realización de ensayos de porosimetría de inyección de mercurio y ultrasonidos a distintos intervalos de tiempo. En general, los morteros de cal calcitíca se caracterizan por una mayor consistencia y dureza en el estado endurecido con respecto a los morteros de cal dolomítica. Incluso la retracción de estos últimos tipos de morteros es mucho más elevada y, debido a ella, se observan fracturas muy profundas en las probetas antes de una semana desde su elaboración. En todos los morteros de cal calcitíca se ha observado una evolución de la carbonatación, que se refleja en la variación de los porcentajes de calcita y portlandita obtenidos por difracción de rayos X. Se han observado cambios también en la porosidad total, en la densidad y en la distribución de los poros a escala micrométrica. La dureza y el grado de compacidad de los morteros no son muy elevados si se comparan con las que se obtienen en los morteros de cemento, pero aumenta lentamente en el tiempo, conforme se carbonata la matriz. Durante los ensayos de absorción libre y forzada de agua efectuados a los 28 días sobre los morteros de cal calcitíca, se ha observado como la carbonatación ha alcanzado un grosor de ~4 mm desde la superficie hacia el interior de las probetas. Los morteros con árido silíceo absorben más rápidamente el agua durante el ensayo de capilaridad con respecto a los morteros de árido calcítico.

Palabras clave: morteros de cal calcítica y dolomítica; carbonatación.

INTRODUCCIÓN

Los morteros de cal han sido uno de los materiales de construcción más utilizados a lo largo de la historia [1-3]. A pesar de la amplia utilización del mortero de cal en épocas pasadas, a principios del siglo XX la industria de la construcción ha ido reduciendo su uso en beneficio de otros materiales con mayor resistencia mecánica y mejor trabajabilidad: el Cemento Portland y sus derivados. Es a partir del 1850 cuando el uso del mortero de cemento se difunde de forma indiscriminada en el campo de la restauración y conservación del Patrimonio Arquitectónico, dando lugar, en numerosos casos, a daños irreparables. De hecho, el cemento ha demostrado ser un material incompatible con los elementos de fábrica tradicionales, tanto por su composición química, como por sus propiedades físicas [4]. Por estas razones, en los últimos años se ha reconsiderado el empleo del mortero de cal porque es el que más se aproxima por su compatibilidad con los materiales tradicionales de construcción [5-6] y por su longevidad. El mundo científico está demostrando en estos años un gran interés hacia el estudio de las propiedades y características de los morteros antiguos, para llegar a un mejor conocimiento de las técnicas de fabricación y métodos de aplicación, todo ello necesario a la hora de intervenir en el Patrimonio Arquitectónico. Por otra parte, en el ámbito de la construcción actual, aunque se conocieran las viejas metodologías de construcción, no sería posible recuperarlas del todo, ya que a la hora de edificar surgen otros requisitos que son incompatibles con las técnicas antiguas, entre ellos cantidades y tiempos de realización. De hecho, la lenta carbonatación de los morteros de cal es una de las principales razones de la disminución en su uso. El objetivo de este trabajo es elaborar nuevos tipos de morteros de cal calcítica y dolomítica para su uso

en las construcciones actuales y en obras de restauración. Este estudio quiere aportar nuevos conocimientos sobre el proceso de carbonatación de los morteros de cal, con el objetivo de profundizar algunos aspectos todavía no aclarados del todo, a pesar de la bibliografía existente [7-13].

MATERIALES Y MÉTODOS

La preparación de los morteros se ha realizado de acuerdo con los requisitos impuestos por la industria de la construcción, sobre todo en lo que atañe a la elección de las materias primas y a las técnicas de producción. Todos los materiales empleados para la elaboración de los morteros han sido suministrados por la empresa ARGOS (Granada, España, http://www.argosdc.com/), a excepción de la cal dolomítica, que ha sido proporcionada por la fabrica LHOIST (Nivelles, Bélgica, http://www.lhoist.com/). La elaboración, la conservación y el curado de las probetas se han efectuado basándose en las Normas Españolas Europeas UNE-EN, referidas a morteros de cemento, ya que no existe una normativa específica para morteros de cal. La proporción en peso de aglomerante-árido elegida es 1:3, siendo la más citada en la bibliografía referida a la composición de morteros antiguos y recomendada para la elaboración de morteros de restauración [14-15]. Los morteros se han denominado, según sus componentes: PA (cal calcítica y árido calcítico), P2A (cal calcítica y árido silíceo), PB (cal dolomítica y árido calcítico) y P2B (cal dolomítica y árido silíceo). El árido calcítico está formado por una mezcla de tres fracciones granulométricas comprendidas entre 0.0063 y 1.5 mm y elaborados a partir de caliza seleccionada por la empresa ARGOS con alto grado de pureza y elevada blancura. Los porcentajes de estas tres fracciones se han elegido creando la curva granulométrica más cercana a la Curva de Fuller, la curva ideal para lograr la máxima compacidad. El árido silíceo es un filler de granulometría entre 0.1 y 0.5 mm.

Los análisis se han efectuado a los 28 días y a los 2 meses desde la elaboración de los morteros, tanto en las zonas internas como en las externas. La evaluación del grado de carbonatación de los morteros se ha realizado a través de distintas técnicas de estudio. La técnica de *difracción de rayos X* (DRX, Philips PW1710) se ha utilizado para identificar y cuantificar las fases minerales presentes. La medida de la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas en el seno del material (Tektronix TDS 301 2B) ha permitido estudiar la evolución de las propiedades elásticas de los morteros en función de la carbonatación y el grado de compacidad alcanzado respecto al tiempo. El estudio del sistema poroso se ha realizado a través de la *porosimetría de inyección de mercurio* (PIM, Micromeritics Autopore III 9410). Finalmente, se ha evaluado la influencia de la carbonatación de los morteros sobre su comportamiento mecánico y hídrico, con la realización de ensayos mecánicos de *resistencia a flexión* y *a compresión* [16] y ensayos hídricos de *absorción* [17], *desorción* [18] y *capilaridad* [19].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 1 y 2 se presentan las fases minerales identificadas, mediante DRX, en los morteros estudiados y sus porcentajes relativos. Las únicas fases encontradas en los morteros de cal calcitíca son la portlandita, la calcita y el cuarzo (esta fase solo en los morteros con árido silíceo), mientras que, en los morteros de cal dolomítica se encuentra además la brucita. En las zonas más externas de los morteros PA y P2A se obtienen porcentajes de calcita mayores que en las zonas internas, a partir de los 28 días. Los morteros PA están más carbonatados (ver contenido de $Ca(OH)_2$, Tabla 1), lo que sugiere que el CO_2 tiene mejor acceso en estos morteros. En las muestras analizadas, desde los 28 días a los 2 meses se nota un aumento muy leve de la cantidad de calcita, lo que refleja una carbonatación lenta de los morteros. En los morteros de cal dolomítica, se detecta la presencia de brucita y dolomita además de la portlandita. En estos morteros, los que tienen árido silíceo son los más carbonatados.

Mortero	PA28ex	PA2mex	PA28in	PA2min	P2A28ex	P2A2mex	P2A28in	P2A2min
$Ca(OH)_2$	12.6	6.8	57.6	23.9	15.7	11.3	55.9	35.2
$CaCO_3$	87.4	93.2	42.4	76.1	17.1	15.8	2.3	5.4
SiO_2	-	-	-	-	67.2	73	41.8	59.5

Tabla 1. *Cantidades de las fases minerales determinadas por DRX, expresadas en % a los 28 días y a los dos meses de carbonatación (28 días: 28; 2 meses: 2m; exterior: ex; interior: in).*

Mortero	PB28ex	PB28in	P2B28ex	P2B28in
$Ca(OH)_2$	8.5	30.5	5.1	20.7
$Mg(OH)_2$	7.4	9.4	4.5	4.9
$CaCO_3$	84.1	60	5.3	1.3
SiO_2	-	-	85.1	73.1

Tabla 2. *Cantidades de las fases minerales determinadas por DRX, expresadas en % a los 28 días de carbonatación.*

Mortero	PA28ex	PA2mex	PA28in	PA2min	P2A28ex	P2A2mex	P2A28in	P2A2min
P_{tot}	34.48	35.81	30.61	34.25	35.12	36.65	30.39	31.85
D_a	2.48	2.60	2.24	2.46	2.60	2.62	2.31	2.39
D_r	1.63	1.67	1.55	1.62	1.69	1.66	1.61	1.63

Tabla 3. *Datos obtenidos mediante Porosimetría de Hg (P_{tot} (%): porosidad total; D_a (g/mL): densidad aparente; D_r (g/mL): densidad real).*

Los análisis porosimétricos revelan que en todos los morteros de cal calcítica, independientemente del árido utilizado, se incrementa el valor de la porosidad total y de la densidad con el tiempo (Tabla 3). Este resultado se confirma comparando la zona interna y la externa de los morteros. Los morteros PB y P2B presentan valores de porosidad total muy parecidos a los morteros de cal calcítica, tanto en las zonas externas como en las zonas internas (Tabla 4). Sin embargo, en estos morteros, es la zona interna la más porosa.

Mortero	PB28ex	PB28in	P2B28ex	P2B28in
P_{tot}	33.32	35.53	35.58	37.24
D_a	1.68	1.54	1.54	1.52
D_r	2.53	2.39	2.39	2.43

Tabla 4. *Datos obtenidos mediante Porosimetría de Hg (P_{tot} (%): porosidad total; D_a (g/mL): densidad aparente; D_r (g/mL: densidad real).*

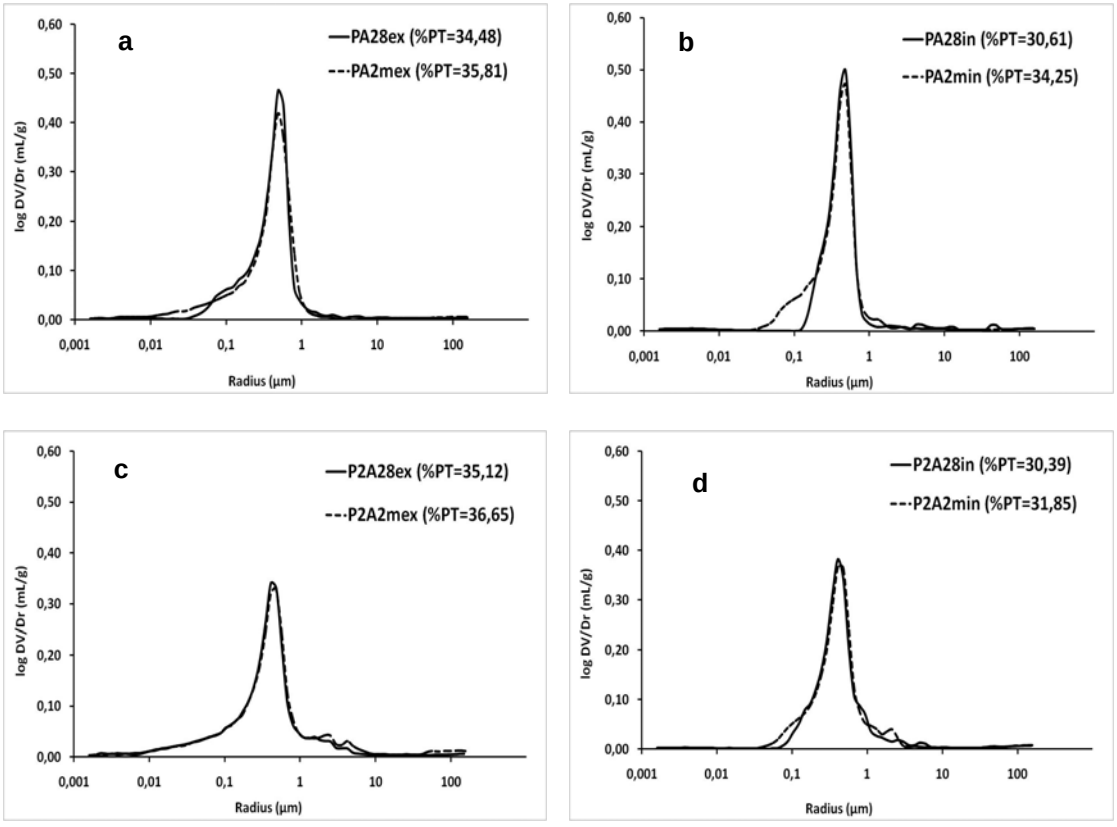


Figura 1. *Gráficos de la distribución del tamaño de poros (volumen de intrusión de Hg en mL/g, respecto al radio de acceso de poro en µm) obtenidos por Porosimetría de inyección de Hg sobre las zonas externas (a y c) e internas (b y d) de los morteros PA y P2A, a los 28 días (a y b) y a los 2 meses (c y d).*

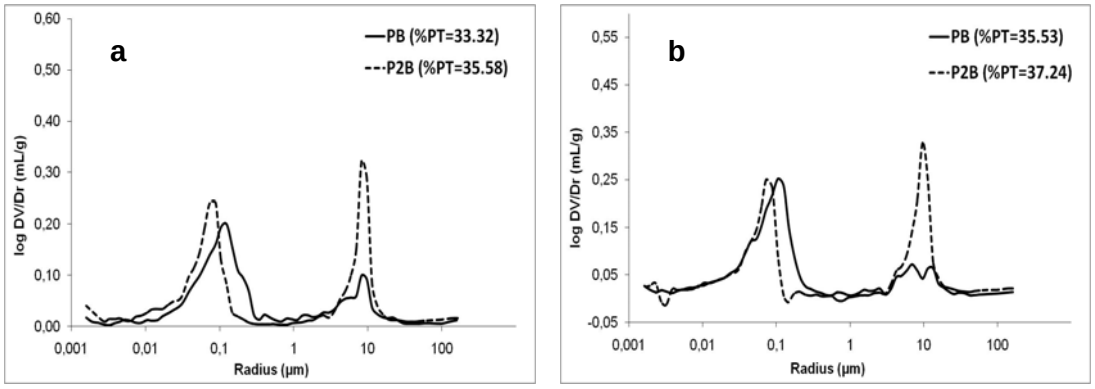


Figura 2. *Gráficos de la distribución del tamaño de poros (volumen de intrusión de Hg en mL/g, respecto al radio de acceso de poro en µm) obtenidos por Porosimetría de inyección de Hg sobre las zonas externas (a) y internas (b) de los morteros PB y P2B a los 28 días.*

En cuanto a la distribución de los rangos de poros, los morteros de cal calcítica presentan la mayoría de los poros comprendidos entre 0.1 y 1 µm (Fig. 1). En los morteros PA de dos meses el aumento de la porosidad total se debe a la aparición de una nueva familia de poros, en el rango 0.01-0.08 µm para PA2mex (Fig. 1a) y 0.05-0.15 para PA2min (Fig. 1b). En los morteros P2A no se obtiene esta reducción (Fig. 1c y 1d), ni la aparición de la microporosidad (solo ligeramente en las zonas internas), pero se obtiene un pequeño aumento del volumen de poros con un radio entre 1 y 10 µm aproximadamente. Los morteros PB y P2B presentan una distribución porométrica bimodal: una familia está comprendida por poros de tamaño comprendido entre 0.01 y 1 µm y la otra, de poros más grandes, entre 5 y 30 µm con volúmenes mayores en los morteros P2B (Fig. 2).

morteros	días	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ΔM	Δm	ν	G (GPa)	E (GPa)	K (GPa)
PA	28	1351.75	797.32	4.072	15.211	0.23	1.01	2.49	1.56
	60	1516.08	794.70	1.07	10.54	0.31	1.04	2.72	2.39
P2A	28	1330.42	844.42	0.855	19.754	0.16	1.17	2.73	1.35
	60	1664.96	946.48	6.57	5.82	0.26	1.47	3.72	2.59

Tabla 5. *Velocidad de propagación de los ultrasonidos en el seno de los morteros. (Vp: velocidad de las ondas p; Vs: velocidad de las ondas s; ΔM: anisotropía total; ΔM: anisotropía relativa; ν: coeficiente de Poisson; G: módulo de rigidez; E: módulo de Young; K: módulo de volumen).*

Tras el ensayo de ultrasonidos se observa en todos los morteros un leve aumento de las velocidades de propagación conforme progresa la carbonatación (Tabla 5). Los valores del coeficiente de Poisson (ν) y del módulo de volumen (K), que representan respectivamente la respuesta de un material ante un esfuerzo aplicado perpendicularmente y ante un esfuerzo compresional, son concordantes con los valores de resistencia a compresión calculados a los 28 días para los morteros PA y P2A.

Tras el ensayo de absorcion libre de agua, todas las probetas alcanzan la saturación después de aproximadamente 1 hora desde el principio del ensayo. Durante los 10 días hasta alcanzar la saturación en las probetas PA, el agua presente en el interior del material disuelve la portlandita que reacciona con el CO_2 atmosférico disuelto, provocando la formación de una película de carbonato cálcico en la superficie del agua. Esto conlleva además una disminución del peso de las probetas en los últimos días del ensayo. Después de 10 días se ha efectuado sobre las mismas probetas el ensayo de absorción forzada. Durante este ensayo, no se observa la formación de la película de $CaCO_3$, debido a la ausencia de CO_2 en el desecador que es eliminado, junto al O_2, durante la producción del vacío. En esta fase el agua sigue disolviendo la portlandita y produciendo una mayor disgregación de material. En vez de obtener un aumento de peso, que correspondería a una saturación mayor debida a la entrada del agua en los poros peor conectados, se ha registrado en este caso una disminución de peso en todas las probetas. Además, se ha podido medir el grosor de la porcion de mortero ya carbonatada despues de 28 dias de su preparacion (~4 mm) (Fig. 3).

El ensayo de capilaridad se ha efectuado a los 28 días y a los dos meses desde la elaboración de las probetas. A los 28 días, el nivel del agua alcanza la máxima altura más rápidamente en las probetas P2A (6 horas) que en las PA (20 horas), mientras que la saturación en peso se obtiene en el mismo intervalo de tiempo (~24 horas) para las dos probetas.
A los dos meses, tanto el peso cómo el nivel del agua se estabilizan para las dos probetas después de casi 7 horas desde el comienzo del ensayo. Los morteros PA de dos meses de carbonatación absorben una cantidad mayor de agua que los morteros P2A.

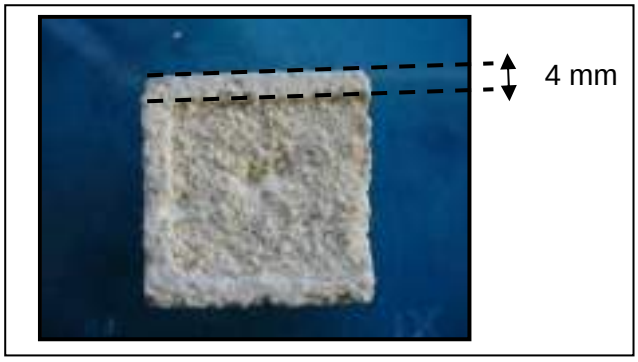


Figura 3. *Imagen del mortero PA después de 28 días de carbonatacion, sometido al ensayo hídrico de absorción forzada. Es visible el borde ya carbonatado de ~ 4 mm de grosor.*

CONCLUSIONES

La mineralogía y las propiedades físico-mecánicas de los morteros influyen en la evolución de su carbonatación. En efecto, se ha observado que la carbonatación ha producido pequeñas transformaciones en el sistema poroso y en la mineralogía que se reflejan de manera relevante en las propiedades mecánicas e hídricas del material. Después de 28 días desde la elaboración de los morteros la carbonatacion ha alcanzado 4 mm de profundidad desde la superficie de los morteros, lo que confirma que la carbonatación progresa desde el exterior hacia el interior del material, como ha sido demostrado por otros autores [20]. El estudio mineralógico ha demostrado que los morteros preparados con árido calcítico se carbonatan más rápidamente.
Todos los morteros presentan valores de porosidad total en torno al 35% después de 28 días desde su preparación. La carbonatación produce a los dos meses un aumento de la porosidad de solo el 1% en casi todas las muestras.
Después de dos meses se observa, en los morteros de cal calcítica y árido calcítico, la aparición de una microporosidad (rango de tamaño de poros entre 0.0.1 y 0.1 µm) que mejora la capacidad de absorber agua por tensión capilar de estos materiales. El agua entra más rápidamente y de forma más uniforme en todo el sistema poroso del material respecto a los 28 días. Esto indica, también, una mejor capacidad de secado y, en general, mejores propiedades hídricas.
Los morteros de cal calcítica y árido calcítico son los que presentan los mejores comportamientos mecánicos de los estudiados. Estos morteros registran los valores más altos de velocidades de propagación de ultrasonidos y de resistencia a compresión y flexión. Por otra parte, los morteros de cal dolomítica se caracterizan por tener una dureza y compacidad muy escasa y unos valores de resistencia mecánica muy bajos.

REFERENCIAS

[1] P. Degrise, J. Elsen, M. Waelkens, “Study of ancient mortars from Sagalassos (Turkey) in view of their conservation”, Cement and Concrete Research, 32, 2002, pp. 1457-1463.
[2] C. Genestar, C. Pons, “Ancient covering plaster mortars from several convents and Islamic and Gothic palaces in Palma de Mallorca (Spain). Analytical characterisation”, Journal of Cultural Heritage, 4, 2002, pp. 291-298.
[3] P. Maravelaki Kalaitzaki, A. Bakolas, A. Moropoulou, “Physico-chemical study of Cretan ancient mortars”, Cement and Concrete Research, 33, 2003, pp. 651-661.
[4] K. Callebaut, J. Elsen, K. Van Balen, W. Viaene, “Nineteenth century hydraulic restoration mortars in the Saint Michael’s Church (Leuven, Belgium). Natural hydraulic lime or cement?”, Cement and Concrete Research, 31, 2001, pp. 397-403.

[5] A.D. Cowper, “Lime and Lime mortars”, Donhead Ed., 1927, reprinted by Building Research Establishment Ltd. in 1998.
[6] C. Groot, P. Bartos, J. Huges, “Historic mortars: characteristics and test concluding summary and state of the art”, International Workshop on Historic Mortars, Paisley (UK), 1999, pp. 443-454.
[7] D.R. Moorehead, “Cementation by the carbonation of hydrated lime”, Cement and Concrete Research, 16, 1986, pp. 700-708.
[8] K. Van Balen, D. Van Germert, “Modelling lime mortar carbonation”, Materials and Structures, 27, 1994, pp. 393-398.
[9] S.M. Shih, C.S. Ho, Y.S. Song, J.P. Lin, “Kinetics of the reaction of $Ca(OH)_2$ with CO_2 at low temperature”, Industrial Engineering Chemical Research, 38, 1999, pp. 1316-1322.
[10] R.M. Dehilly, J. Tudo, Y. Sebai bi, M. Quéneudec, “Influence of storage conditions on the carbonation of powdered $Ca(OH)_2$”, Construction of Building Materials, 16, 2002, pp. 155-161.
[11] S.K. Roy, K.B. Poh, D.O. Northwood, “Durability of concrete-accelerated carbonation and weathering studies”, Building and Environment, 34, 1999, pp. 597-606.
[12] O. Cazalla, C. Rodriguez-Navarro, E. Sebastián Pardo, G. Cultrone, “Aging of lime putty: Effect on traditional lime mortar carbonation”, Journal of the American Ceramic Society, 83 (5), 2000, pp. 1070-1076.
[13] G. Cultrone, E. Sebastian, M. Ortega Huertas, “Forced and natural carbonation of lime-based mortars with and without additives: Mineralogical an textural changes”, Cement and Concrete Research, 35, 2005, pp. 2278-2289.
[14] F. Gutierrez Solana, M. Jauregui, R. Bohigas, P. Sarabia, “Análisis de morteros medievales de los castillos de Cantabria, España”, Materiales de Construccion, 39 (213), 1989, pp. 37-45.
[15] P. Hoffman, G. Vetter, “Anlytical examination of mortars from mediaval drelict village Holzheim, Fresen”, Journal of Analitical Chemistry, 338, 1990, pp. 133-137.
[16] UNE EN 1015-11:2000, Metodos de ensayo de los morteros para albanileria. Parte 11: Determinacion de la resistencia a flexion y a compresion del mortero endurecido.
[17] UNI EN 13755:2002, Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosférica.
[18] NORMAL 29/88:1988, Misura dell’indice di asciugamento (drying index). CNR ICR, Roma.
[19] UNI EN 1925:2000, Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità.
[20] O. Cazalla, “Morteros de cal. Aplicacion en el Patrimonio Historico”, Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 2002.

RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN HORNO DE COCCIÓN CERÁMICA DEL S. XVIII EN TRIANA (SEVILLA, ESPAÑA)

F.J. Blasco [(1)], F. J. Alejandre [(2)], J.J. Martín del Río [(3)] y C. Nuñez [(4)].
[(1)] [(2)] [(3)]Dpto. de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad de Sevilla, 41012 Sevilla, España.
[(4)]Conservador-Restaurador. Dirección Técnica Dédalo Bienes Culturales, S.L.U. Sevilla.

blasco@us.es [(1)], falejan@us.es [(2)], jjdelrio@us.es [(3)], dedalo_2000@hotmail.com [(4)]

ÁREA TEMÁTICA: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad de considerar cautela arqueológica con grado de protección I, en una parcela adquirida por Galia, Grupo Inmobiliario, S.A., entre las calles Pagés del Corro y Alfarería del sevillano barrio de Triana, para la construcción de un edificio de viviendas, con locales en planta baja y una planta de sótano que podría afectar al Patrimonio Arqueológico, se autorizó y procedió a la realización de un Proyecto de Actividad Arqueológica Preventiva consistente en la excavación del 51% de la superficie afectada por la planta sótano, que ha supuesto una actividad de excavación en una planta de 3.168 m2, tratándose de una de las actividades arqueológicas de carácter preventivo de mayores dimensiones realizada hasta la fecha en Sevilla (España).

La aprobación del Plan Especial urbanístico del barrio de Triana, lo ha dotado de una normativa patrimonial en la que se establecen las directrices que concurren sobre cada parcela catastral de su tejido urbano, lo que se ha traducido en una implantación de mecanismos de prevención y control, y como consecuencia, en un incremento en el número de excavaciones llevadas a cabo, lo que está permitiendo conocer las actividades artesanales que se desarrollaron en su arrabal. Triana, estaba bien comunicado por el río para el comercio de los diversos productos y los procesos de combustión no molestaban a los ciudadanos (1). Los trabajos alfareros en el barrio se empiezan a documentar a mediados del s. XVI y sobre todo en el s. XVII, llegándose a excavar más de diez talleres completos de los cuales seis lo han sido en extensión. Durante el siglo XVIII continua esta dinámica y en la segunda mitad de este siglo y el siguiente se propicia el cierre de la mayoría de ellos.

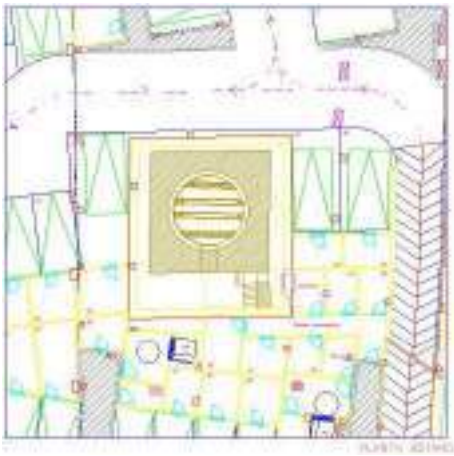


Figura 1.- *Planta sótano*



Figura 2.-*Planta baja*

Como resultado de este Proyecto, se determinó que los primeros indicios de ocupación del solar con los que contamos son: un horno de tipo moruno que conserva sólo la cámara de fuego y parte de la parrilla, algunos materiales (botijas) que fueron cocidos en él, y otros tres hornos más para la cocción de ladrillos y tejas, tratándose estos últimos, de hornos propios del siglo XVIII y XIX. Uno de estos tres hornos al quedar completamente ubicado en el patio del proyecto del bloque de viviendas que se desarrolla en el solar, es propuesto para su integración arquitectónica en el conjunto desde la planta sótano para garaje, manteniéndolo como un elemento ajeno al mismo[1], pero dotándolo de un acceso para su mantenimiento y conservación, una vez que haya sido restaurado (figuras 1 y 2).

ESTUDIOS PREVIOS A LA RESTAURACIÓN

Durante la descripción y análisis de los elementos materiales de los hornos, destacaba una capa verde sobre las paredes del hogar del horno mejor conservado, considerándose la necesidad de realizar un trabajo de investigación para analizarla. El estudio ha consistido en la caracterización de diversas muestras obtenidas de las paredes del horno, que sirvieran para establecer a su vez, los trabajos de restauración y conservación a llevar a cabo en el mismo para su puesta en valor como patrimonio industrial. Para ello, se han estudiado dos capas localizadas en el hogar del horno, espacio donde se introduce el material combustible (leña) para producir la cocción de las piezas de cerámica que se encuentran en la parte superior.

DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

Las dos capas tienen una textura y coloración diferente: una es de tonalidad verde oscura, compacta, con aspecto de encontrarse parcialmente vitrificada y fuertemente adherida a los ladrillos de los muros del hogar del horno, y la otra es de color marrón con elevada porosidad y escasa adherencia tanto sobre los ladrillos como sobre la capa verde inferior. La capa verde se encuentra más extendida por todos los muros del horno, mientras que la capa marrón se localiza principalmente en la zona superior de los arcos existentes en el interior del horno, y habitualmente está sobre la capa verde (foto1). Para la preparación de la muestra se realizaron secciones de las mismas, observándose que para la capa verde existía una estructura en la que se podían diferenciar claramente tres zonas desde fuera hacia dentro: la capa verde propiamente dicha, una zona de ladrillo de tonalidad verdosa, y una zona de ladrillo amarillo, respectivamente (foto2). Se procedió a la toma de muestras de cada una de estas zonas.



Foto1.- *Capa verde y capa marrón*



Foto2.-*Sección capa verde*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico mediante fluorescencia de rayos X

Los resultados del análisis químico mediante FRX se han obtenido mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos-X, marca Panalytical (modelo AXIOS), se exponen en la tabla 1.

[1] Cerrado en su perímetro por un muro de hormigón que lo aísla del resto de la planta sótano para garaje

MUESTRA	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	MnO %	MgO %	CaO %	Na_2O %	K_2O %	TiO_2 %	P_2O_5 %	SO_3 %	Cl ppm	PC %	TOTAL %
Ladrillo z. amarilla	50,25	10,07	4,01	0,09	2,52	17,64	0,71	1,96	0,60	0,12	0,04	47	10,31	98,32
Ladrillo z. verde	51,09	10,39	4,14	0,08	2,64	17,65	0,76	1,97	0,62	0,13	0,03	45	8,61	98,11
Capa verde	55,74	11,20	4,48	0,09	3,21	18,82	0,81	2,11	0,68	0,14	0,02	5	0,88	98,19
Capa marrón	49,96	9,24	3,73	0,08	2,38	18,20	0,79	1,96	0,55	0,17	0,23	105	10,70	97,99

Tabla 1. *Composición química de las distintas muestras*

La composición química encontrada para todas las muestras es la típica que cabría encontrar para los ladrillos confeccionados con arcillas ricas en carbonatos de calcio y con la probable presencia de dolomías. Realizando un análisis comparativo de mayor profundidad se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Dada la gran proximidad existente entre la composición del ladrillo del horno en la zona amarilla con la de la capa marrón, se puede afirmar que para la realización de ambos materiales se empleó la misma materia prima.
- En la secuencia ladrillo zona amarilla, zona verde y capa verde se observa como la composición de la zona amarilla es casi similar a la de la zona verde, por lo que se trata del mismo material. Cuando se compara la composición de la capa verde con la zona verde se ve que ha aumentado el contenido en todos sus elementos proporcionalmente a la concentración existente, el sumatorio de los incrementos es de 7,73% que corresponde con la disminución de la pérdida por calcinación (PC): 8,61%-0,88% = 7,73%. La explicación de este hecho se debe a que la capa verde ha soportado en el horno temperaturas próximas o superiores a los 1000ºC que generan la deshidroxilación de los aluminosilicatos (pérdida de grupos OH en posiciones tetraédricas de minerales de la arcilla). Esta pérdida de masa genera un aumento proporcional del los elementos químicos que permanecen en su composición. Es decir la capa verde tenía originalmente la misma composición que la zona verde, zona amarilla e incluso la capa marrón.
- Mientras mayor es la PC (capa marrón > ladrillo z. amarilla > ladrillo z. verde y capa verde), menor temperatura ha soportado ese material dentro del horno de cocción de la cerámica.

Análisis mineralógico mediante difracción de rayos X

El análisis mineralógico de las muestras se ha realizado mediante DRX empleando un difractómetro marca Bruker-AXS modelo D8 Advance, determinando la mineralogía global mediante el método de polvo. Los difractogramas obtenidos se muestran en la figura 3.

Los minerales identificados son los típicos de las cerámicas tradicionales: cuarzo, calcita, dolomita, silicatos de alta temperatura (gehlenita, diópsido, mullita y wollastonita), feldespatos (albita, sanidina y anortita) y hematites, pero varían la concentración en la que se encuentran, apareciendo o desapareciendo según de que muestra se trate; este hecho unido a que existen minerales índice para rangos de temperatura, permite establecer o aproximar la temperatura de cocción a la que estuvo sometida la muestra.

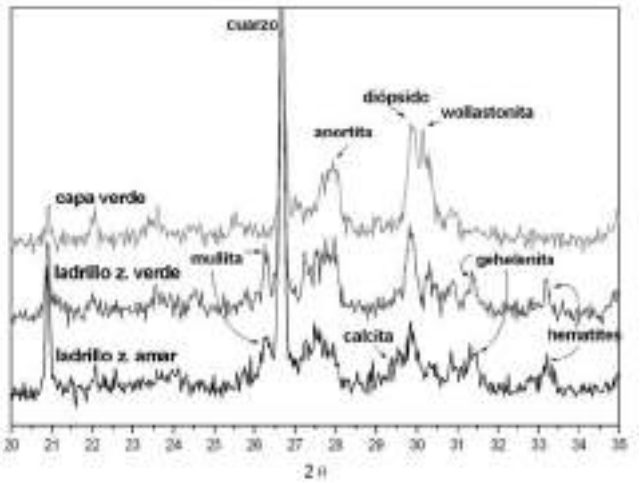


Figura 2.- *Difractogramas ladrillo zona amarilla, zona verde y capa verde con las principales fases identificadas*

La mineralogía presente en el ladrillo zona amarilla hace pensar que la temperatura de cocción no llegó a alcanzar en ningún caso los 900ºC, dado que existe calcita que es una fase que desaparece a T ≥ 870ºC (2). Esta calcita puede proceder tanto de la materia prima original (primaria), que no se ha descarbonatado completamente, como de CaO producido durante la cocción, fase que posteriormente se hidrata al estar expuesta a la humedad, y da lugar a la portlandita $Ca(OH)_2$, que a continuación se recarbonata produciendo nuevamente calcita (secundaria). Además de calcita, se ha identificado la presencia de gehlenita, fase que aparece a 800ºC e incrementa su concentración hasta los 900ºC (2) y diópsido (silicato magnésico) que indica que en la materia prima había dolomita u otro mineral conteniendo magnesio; esta fase se origina a partir de los 850ºC. La presencia de mullita indica que la temperatura ha sido mayor de 800ºC y que en la materia prima había dentro de los minerales de la arcilla illita / moscovita. Finalmente existen trazas de hematites, fase que se origina por la transformación de otros óxidos de hierro a temperaturas superiores a los 850ºC. Con esta información se puede afirmar que **la temperatura de cocción de esta zona amarilla del ladrillo fue de unos 850ºC a 900ºC.**

La mineralogía presente en la zona verde del ladrillo presenta una composición muy parecida a la de la zona amarilla, pero con ligeros cambios: ha desaparecido la calcita, ha aumentado ligeramente la concentración de diópsido, mullita y hematites, mientras que la gehlenita se mantiene o incluso disminuye ligeramente. Con estos datos **la temperatura de cocción para la zona del ladrillo verde puede situarse en el intervalo de los 900ºC a 950ºC**. También se ha de comentar que para la cerámica procedente de materias primas ricas en calcio, como es este ladrillo, entre 900ºC y 1000ºC comienza la vitrificación del mismo.

Para la capa verde se producen mineralógicos importantes: desaparece la gehlenita, continúa aumentando el contenido de diópsido, aparece un nuevo silicato de alta temperatura que es la wollastonita, y los feldespatos de potasio se han transformado en anortita. Todas estas modificaciones son indicativas de **temperaturas cercanas o ligeramente superiores a los 1000ºC.** Para ladrillos procedentes de materias primas conteniendo carbonatos, la fase vítrea llega a ser aproximadamente un 30% de total.

Finalmente, **para la capa marrón**, el estudio de su difractograma muestra que las reflexiones correspondientes a la calcita tienen mayor intensidad que en el ladrillo zona amarilla, existen reflexiones correspondientes a la gehlenita, diópsido y mullita, pero en esta ocasión con menor intensidad que las del ladrillo zona amarilla. La composición mineralógica es muy parecida a la del ladrillo amarillo, solo que **el intervalo de temperatura de cocción considerando los minerales presentes es menor, de 800ºC a 850ºC**.

Microscopía electrónica de barrido

La textura superficial fue examinada por medio de un microscopio electrónico de barrido (SEM) marca Jeol JSM 6460-LV. Las imágenes de fragmentos de ladrillos metalizados con oro fueron adquiridas en el modo de electrones secundarios. A continuación se exponen las fotografías del SEM correspondientes a las zonas más significativas de la sección capa verde, ladrillo zona verde y ladrillo zona amarilla:

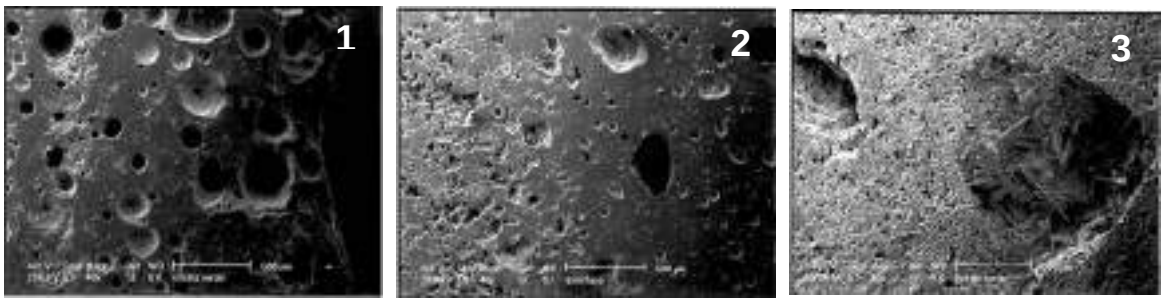


Foto 3.- *Imágenes obtenidas mediante SEM de la capa verde (1), interfase capa verde-zona verde (2) y ladrillo zona amarilla (3)*

1. Corresponde a la capa verde, se puede apreciar la estructura vítrea de la misma, con poros cerrados (burbujas) que llegan a alcanzar las 400-500 micras Ø. Estos poros se han formado por vapor de agua procedente de la descomposición de las arcillas que queda atrapado en el interior de la masa vítrea de elevada viscosidad.

2. Interfase correspondiente a la transición entre la zona verde y costra la verde. Se aprecia la disminución de los poros cerrados hacia la zona verde, donde existe porosidad abierta ramificada, típica de los materiales cerámicos no vitrificados.

3. Las zona verde y amarilla del ladrillo presentan granos cristalinos correspondientes a la fases originarias (calcita, micas, cuarzo, etc.) y a las de neoformación (silicatos de alta temperatura). Existe una gran porosidad abierta típica de los materiales cerámicos no vitrificados.

Determinación de propiedades físicas: densidad aparente y porosidad accesible al agua.

Las propiedades físicas determinadas en las muestras fueron la densidad aparente y la porosidad accesible al agua, caracterizándose todas ellas por suministrar información sobre la estructura del material. El método seguido para la determinación de estas tres propiedades se basa en la saturación con agua de la muestra sometida a vacío según norma EN-1936:1999. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Muestra	Densidad Aparente (gr/cm^3)	Porosidad Abierta (%)
Ladrillo z. amarilla	1,70	36,5
Capa verde	2,18	5,3
Capa marrón	1,34	50,1

Tabla 2. *Propiedades físicas del ladrillo z. amarilla, capa verde y marrón*

La influencia de la temperatura de cocción en la porosidad de ladrillos procedentes de materias primas no calcáreas y calcáreas ha sido estudiada por investigadores (3), encontrándose para los calcáreos los siguientes valores, a 700ºC un 36,14%, a 800ºC un 40,13% y a 900ºC un 36,97%, valores que guardan concordancia con los del ladrillo amarillo (850ºC-950ºC). En general existen referencias que establecen la porosidad abierta de los ladrillos macizos en el intervalo que va del 35% al 37% (4) y, otros autores (5) amplían el intervalo de porosidad abierta del 35% al 42%, pudiéndose considerar que el valor obtenido para la muestra del ladrillo amarillo está dentro de los intervalos considerados normales.

La capa verde ha presentado una porosidad abierta muy baja, sobre un 5%, esto es debido al proceso de vitrificación que ha sufrido, que cierra la porosidad abierta y genera porosidad cerrada que no es accesible al agua.

Finalmente, la capa marrón ha tenido una porosidad abierta muy elevada, más alta que la del ladrillo amarillo, que es un material con una composición química y mineralógica es muy próxima. El origen más probable de esta alta porosidad es que a pesar de tener una materia prima común (barro arcilloso) los dos materiales se fabricaron con cantidades de agua de amasado o pastado distintas, superior en el caso de la capa marrón, que tuvo que ser proyectada con paletas o palaustres sobre los arcos, este agua se evapora dejando dentro del material una gran porosidad abierta.

CONCLUSIONES

A tenor de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, considerando las características y situación del propio elemento patrimonial en el proyecto a desarrollar y los criterios actuales de intervención patrimonial, se puede concluir que:

- La costra verde, resultó ser una vitrificación superficial de los ladrillos de la fábrica interior del horno, que no presentaba problemas de conservación al tratarse de una capa sólida de naturaleza vítrea poco porosa y perfectamente adherida a los ladrillos. No obstante, en otras zonas del hogar, existía una superficie refractaria de barro aplicada como protección de la fábrica, que presentaba un estado más precario de fijación, desprendiéndose con facilidad.

- Estos estudios han permitido establecer el criterio de intervención adoptado por la empresa Dédalo, Bienes Culturales, S.L., que en líneas generales va a consistir, en la reconstrucción de los arcos de base de la parrilla de forma que se diferencien de las piezas originales, aunque sin ser necesariamente evidentes, así como la limpieza, resanado, fijación y consolidación de los paramentos y piezas interiores del horno. Para ello, dada la composición y porosidad de la capa de embarrado marrón, que presenta un estado más precario de fijación, se propone su fijación mediante soluciones de resina acrílica en disolvente nitrocelulósico y/o acetona aplicadas mediante impregnación e inyecciones y una consolidación general con silicato de etilo, disuelto en hidrocarburos aromáticos aplicado por impregnación en aquellas zonas donde se evidencien desprendimientos de la capa de embarrado superficial.

- El proyecto arquitectónico, contempla la ubicación del horno restaurado en el patio de la promoción de viviendas, con acceso al mismo para su mantenimiento y protegido en su superficie por una cubierta de vidrio. Por este motivo es importante tener en cuenta las diferencias de humedad y temperatura que se van a producir entre el interior y el exterior del horno por el efecto del encapsulado, así como la absorción de humedad de las fábricas en contacto con el subsuelo. Tanto las humedades de condensación como las de capilaridad debidas a la porosidad de los materiales deberán tratar de eliminarse con algún sistema de ventilación forzada, y ante la posibilidad de que en el interior del horno colonicen diversos tipos de agentes bióticos (algas, hongos, musgos, líquenes, etc.), se aplicará a toda la superficie expuesta un producto biocida específico[2], teniendo en cuenta para su futura conservación y mantenimiento, repetir este tratamiento preventivo con una periodicidad de al menos, cada tres años.

REFERENCIAS

[1] Manuel Vera Reina, Pina López Torres, “La cerámica medieval sevillana (siglos XII y XIII). La producción trianera”. Oxford, 2005.

[2] Peters, T. and Iberg, R., “Mineralogical changes during firing of calcium-rich brick clays”. Ceram. Bull., 1978, 57, 503–509.

[3] G. Cultrone; E. Sebastián; K. Elerta; M.J. de la Torre; O. Cazalla; C. Rodríguez Navarro. “Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks”. Journal of the European Ceramic Society 24 (2004) 547–564.

[4] González I., Palán E., Miras A., Aparicio P. “New uses for brick-making clay materials from the Bailen area (southern Spain)”. Clay Minerals, 33: p. 453-465, 1998.

[5] Cultrone, G. “Estudio mineralógico-petrográfico y físico-mecánico de ladrillos macizos para su aplicación en intervenciones del Patrimonio Histórico”. Tesis Doctoral. Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad de Granada. 2001.

[2] Tributilestaño naftanato o cloruro de benzalconio

RESTAURACION INTEGRAL DE UN MONUMENTO DE PIEDRA NATURAL Y ARTIFICIAL

–Monumento El Indio en selva subtropical-

Beatriz Cazzaniga[(1)], Oscar Paz[(2)]

Instituto de Arte Americano y Regional de la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Tucumán. Rojas Paz esq. Polonia (4107) Yerba Buena, Tucumán, Argentina. Teléfono: ++54 0381 4250743

E-Mail: pazcazzaniga@uolsinectis.com.ar.

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Resumen

En Argentina, en el camino que une las ciudades de Tucumán con Tafí del Valle, en las primeras estribaciones de la cadena del Aconquija, a 1.100 metros sobre el nivel del mar, en un paraje de exuberante vegetación subtropical, se encuentra un monumento particular: el dedicado al mensajero indígena (Chasque) o “El Indio” como lo conoce la población.

Obra de un autor tucumano, Enrique de Prat Gay, fue ejecutado en 1944 en cemento y piedra. En 2006 por un convenio entre el Ente Autárquico de Turismo de la Provincia de Tucumán y la Universidad Nacional de Tucumán, se llevó a cabo su restauración conservativa integral. La unidad ejecutora se conformó básicamente con el personal de Instituto de Arte Americano y Regional de la U.N.T.

Como primera medida de ello se realizó un ajustado diagnóstico del estado de conservación a través de un equipo interdisciplinario que determinó la variada patología que adolece la obra. Estas alteraciones reconocen tres principales causas: las exógenas producto de la interacción obra—entorno; las intrínsecas, propias del monumento; y las antrópicas, esto es, las producidas por la acción del hombre.

Entre las primeras, las causadas por la relación de la obra el medio ambiente, fueron significativas la acumulación de agua en el interior del monumento; el daño producido por la caída de un rayo en la cabeza; ascensión capilar de la humedad; y la proliferación de una amplísima gama de microorganismos y organismos, ya sean vegetales o animales.

En la segunda causa de deterioro, las atribuibles al monumento en sí mismo, se contabilizan los problemas estructurales y de asentamiento diferenciado; defectuoso sistema de drenaje de agua pluvial; desprendimientos de piedras y capas de cemento; fisuras y fracturas de variada dirección y profundidad; “envejecimiento” del material; oxidación de metales, etc.

Las alteraciones producidas por el hombre se inician en las técnicas de ejecución y los materiales elegidos (mezclas pobres) por el escultor; sucesivas intervenciones de conservación que se traducen en cobertura total de la superficie del monumento por capas superpuestas de cementos; y en reiterados actos vandálicos que dejaron su impronta a través partes faltantes en relieves y cabeza de cóndor; marcas de balas de fusil en superficie y lanza; graffitis, escritos con gran variedad de pinturas, incisiones, etc.

A partir del diagnóstico pormenorizado se realizó una serie de pruebas o tests de productos y técnicas de intervención a fin de prever los resultados a obtener en la intervención definitiva.

Finalmente, a lo largo de un año discontinuado, se cubrieron las etapas de desinfección (con eliminación de agentes biodeterógenos), limpieza, consolidación, reemplazo de morteros degradados, reposición de elementos escultóricos faltantes, estucado, nuevo sistema de drenaje;

colocación de capa protectora contra graffitis e hidrorepelente, con las particularidades dictadas por la obra, el entorno y el estado de conservación.

Introducción.
El Proyecto global trata de la puesta en valor y desarrollo de un sitio turístico-cultural en la Provincia de Tucumán, Argentina, en una región montañosa, en las estribaciones del Sistema Aconquija, a mitad de camino entre San Miguel de Tucumán y Tafí del Valle, la primera ciudad de los Valles Calchaquíes. Con el correr de los años y la afluencia turística el sitio se convirtió en un Parador frecuentado por artesanos de la zona que ofrecen su mercancía.

Dentro de este Proyecto se inserta la restauración conservativa integral del Monumento dedicado al mensajero indígena o "*chasque*", pertenece al escultor tucumano Enrique De Prat Gay (l898-l947), fue inaugurado en 1943 y se emplazó en una zona de exuberante vegetación, rodeado por la ruta 307 y al borde del río Los Sosa.

Esta construcción monumental constituye un importante hito estético/cultural, único e irreproducible, de carácter público (propiedad de la colectividad), de gran relevancia en el patrimonio cultural de la región y su preservación afecta a la identidad de la comunidad y aporta a las generaciones futuras pautas de su pasado.


Monumento, perfil este | norte | sur | oeste

Circunstancias que motivaron al Ente Autárquico de Turismo de la Provincia de Tucumán a plantear la puesta en valor total del sitio a nivel morfológico y funcional, con reordenamiento de puntos de vista paisajísticos, caminería interna, parquización, estacionamiento de vehículos y sistematización del comercio artesanal.

Bajo este contexto se firmó un convenio de asistencia técnica con la Universidad Nacional de Tucumán, Unidad de Negocios, quien comprometió sus laboratorios de investigación, y personal especializado en la restauración misma del monumento. Participando, además, Dirección de Vialidad la Provincia en el área pertinente.

El Monumento "El Indio" se considera un homenaje al primitivo habitante de estas tierras; sus dimensiones son: l5 mts. x 4mts x 8 mts. Ha sido construido en secciones: las inferiores, dos bloques rectangulares superpuestos: un basamento, conteniendo dos importantes relieves, soporta un pedestal superior con el conjunto escultórico formado por la figura de cóndor y el "Indio o Chasque" representado en el acto de entregar el mensaje portando una lanza y cofre en las manos.

Los relieves representan ritos indígenas: el de la pared norte es un gran friso con 38 personajes en ceremonia de adoración del sol y en el sur la figura de un "sacrificador" con cabeza de víctima/trofeo en su mano.

En cuanto a los materiales utilizados, el basamento inferior, es de piedra granítica labrada de diferentes coloraciones, el pedestal superior es de piedra sin labrar, unidas entre sí por mortero cementicio, y tanto las esculturas en bulto, cóndor e indio, como los relieves se han ejecutado en cemento e inertes sobre soportes metálicos.

Estéticamente, fue concebida con un lenguaje plástico que fluctúa entre las corrientes académicas (los relieves y cóndor) y modernista constructiva (en el indio) de carácter descriptivo tanto en las posturas y como en los rasgos representativos de la raza aborigen.

Diagnóstico.
El objetivo de esta etapa fue determinar fehacientemente el estado de conservación general y específico, así como la interrelación entre los distintos elementos del sitio a intervenir. Bajo esta premisa se realizaron varias acciones simultáneas para considerar el deterioro del material constitutivo, las características del entorno y los elementos interrelacionados a fin de evaluar efectos y causas de los mismos y con ello obtener un diagnostico que garantice una adecuada intervención que tendrá como finalidad prolongar o demorar su existencia en el tiempo. Dichas acciones se pueden sintetizar en:

- Inspección ocular a nivel macro y micro para conocer e interpretar el estado de conservación del monumento, la diferente patología, sus degradaciones/alteraciones que presentaba. Todo ello documentado gráfica y fotográficamente.
- Indagación histórica con el acento en la genética de la obra: materiales de la época; técnica de ejecución del escultor; moldeado de las piezas y en especial la inserción de la figura central y de los diferentes fragmentos de los elementos escultóricos.
- Estudios geotécnicos-ambientales para determinar la constitución geológica del sitio; topología de asentamiento; grado de saturación; precipitaciones fluviales, vientos, temperatura y humedad etc., y el impacto ambiental de este medio biofísico, como también análisis petrográficos de la composición de piedras naturales y artificiales.
- Determinación y clasificación del material biológico, tanto del propio de la zona como el encontrado sobre el monumento: hongos, helechos, líquenes, algas, musgo y plantas superiores; insectos y aves. A fin de iniciar pruebas para su control y/o desinfección del monumento.
- Evaluaciones de la estabilidad del monumento, minimizar el impacto del agua y reparar perforaciones en obra.
- Estudio geotécnico para verificar la fundación y cargas admisibles.
- Análisis químicos de la superficie del monumento: sulfatos, carbonatos, cloruros y nitratos.

Entre los resultados obtenidos, cabe mencionar:

El monumento se apoya en un suelo natural limo-arcilloso consolidado y presenta escasa profundidad de fundación, lo que produjo asentamientos diferenciados, traducidos en la obra en multitud de fisuras, fracturas y hasta desplazamientos. Así como fluorescencias salinas por ascensión de humedad.

El mismo efecto estructural lo producen los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche y las diferentes estaciones. Mientras los fuertes vientos (cálidos en primavera-verano y con nieve en invierno) dan por resultado la erosión y disgregación diferenciada en el material de las esculturas y morteros.

Mención aparte merecen los altos registros pluviométricos que erosionan los ligantes cementicios de las piedras, arrastran el material disgregado, acumulan agua dentro de los basamentos y abren vías de drenaje permanentes en la superficie de los pedestales y en los mismos relieves; sin mencionar que fomenta el desarrollo de flora parásita en toda la superficie.
Los análisis químicos detectan altos niveles de sustancias nocivas para el material, especialmente sulfuros y carbonatos.

Los estudios sobre los agentes biológicos revelan una gran variedad de especies con penetración de raíces tanto en morteros como en fisuras de piedras; estos organismos mantienen una constante actividad durante todas las estaciones que es favorecida por el *habitat* húmedo y reparado: las cumbres que rodean el monumento solo permiten una exposición solar de 5 horas diarias, insuficientes para la evaporación.

Los análisis petrográficos detectan alteraciones físico-químicas en las rocas, así como falta de ligantes en morteros e inertes pobres (presencia de tierra y mica).

La reconstrucción histórica de la estructura soportante de metal, determinó grados de corrosión no preocupantes pero que exigían un tratamiento, sobre todo en fragmentos visibles en la superficie por desgaste de mortero, la lanza y los expuestos en la fractura de la cabeza (producto del impacto de un rayo).

A esto se suman los efectos de errores o imprevisiones durante la construcción del monumento, evidentes en los ensamblajes de los diferentes fragmentos (o taseles) de los moldes de los elementos escultóricos, así como en los basamentos, con acumulación y estancamiento de agua, en las superficies horizontales con pendientes hacia el interior del monumento.

Los cateos permitieron descubrir sucesivas intervenciones de mantenimiento (de las que no se guardaron registros) en las que se cubrió a toda la obra con capas de cemento para ocultar *grafittis* e incisiones de vándalos ya que la obra se encontraba expuesta directamente al viajero.


Drenaje de agua


Perforación por rayo


Musgo


Ataque biológico


Disgregación de piedras


Disgregación de cemento



Desprendimiento de cemento


Fisuras

Acciones para la recuperación.
Previo a la ejecución de cualquier acto de intervención definitiva, se llevaron a cabo pruebas y *tests*, *in-situ* y en distintas zonas, de todos los productos a utilizar y de cada uno de los procedimientos a seguir a fin de seleccionar lo de mayor eficacia.



Prueba de desinfección



Prueba de limpieza

Las prioridades de las acciones a realizar fueron dictadas por las urgencias del estado de conservación, tales como tratar de compactar el material constitutivo; intentar extraer el agua depositada en el interior y en las concavidades del exterior; atacar a las sustancias nocivas; eliminar la vegetación y extraer las capas cementicias superpuestas para tratar de obtener las formas de superficie originarias.

Se inició la eliminación de agentes biológicos y limpieza con diferentes productos en proporciones y modalidad de aplicación; se abordó la consolidación con silicato de etilo en toda la superficie con modalidades pincel y/o inyecciones y su eventual repetición en áreas puntuales.

Mientras tanto se trató de minimizar el impacto del agua y permitir su evacuación desde el interior a través de la colocación de un techo provisorio y trepanaciones en lugares estratégicos de las cuatro paredes de los basamentos. También se hicieron perforaciones en las fisuras que coincidían con manchas de humedad en los relieves a fin de facilitar el drenaje, se modificó o corrigió el recorrido del agua depositada en la base de la figura del indio y detrás de la figura del cóndor, por medio de la realización de una carpeta cementicia con inclinación hacia paredes que no contenían los relieves.

Por el mismo motivo se extrajo el agua depositada en el hueco de la cabeza (más de 40 cm.), se rellenó la oquedad con poliuretano expandido, se colocó una malla metálica y se procedió al sellado con mortero especial para la adhesión con el ya existente.

Por otro lado, se selló con inyecciones de cemento la fractura del relieve.
Los elementos metálicos a la vista fueron aislados del mortero con productos sintéticos y posteriormente revestidos con material cementicio. En el caso de la lanza fue necesario soldar las partes, previo a la colocación de pinturas específicas.

Las tareas en los elementos escultóricos exigían un mayor control debido a que los mismos presentaban un alto grado de disgregación, con pérdida de la capa de la pátina dejada por el artista en el 95 % de la superficie. Esto obligó a alternar los procesos de sellado-consolidación-estucado según las condiciones de cada sector.

La problemática de las 'lagunas' dejadas por elementos faltantes fue encarada a partir de documentación histórica (cuando la había); ejecutada con material de última generación y ligantes sintéticos con coloración similar. Los agregados son imperceptibles en lo remoto pero reconocibles en la cercanía, lo que permite identificar estos fragmentos que no son históricos o pertenecientes al escultor. Esta reposición tuvo como única finalidad la lectura histórica –estética correcta o coincidente con el autor.

Finalmente se colocó una película hidrorrepelente compuesta sobre la base de resinas de la familia de los silanos, con un funguicida y antrigrafitti.

Conclusiones.



Monumento ya restaurado. Los perfiles son: este; noreste; sur y oeste.

Terminado el proceso, se puede concluir que se han logrado dos objetivos iniciales: solucionar los problemas en el material constitutivo de la obra y recuperar su lectura estética.

Desde el punto de vista estético se han revalorizado los elementos escultóricos destacando detalles de vestimenta y expresión del rostro de la figura central, la fisonomía del cóndor y especialmente se ha 'descubierto' para el público la existencia de estos relieves completamente opacados, deformados e imperceptibles por las capas superpuestas de cemento que "desdibujaban" las figuras y por ende la interpretación de la representación impuesta por el artista.



Relieve norte. Arriba: Previo a la restauración. Abajo: Finalizada la intervención

Por otro lado, se ha contribuido al acondicionamiento, curado e inmunizado del material constitutivo original; sin que ello implique una solución definitiva a las degradaciones, ya que subsiste la relación con el medio ambiente agresivo. Para subsanar estas falencias se ha recomendado la colocación de un techo sobre los relieves, considerando el avanzado estado de deterioro; la construcción de una cerca perimetral para la invasión de intrusos, así como de caminería o vereda perimetral que circunde el monumento para impedir la humedad y contener el avance de la vegetación circundante.

En la actualidad se han emprendido acciones colaterales relacionadas con el entorno: del monumento inmediato a fin de jerarquizar como ser, habilitación de un sistema iluminación, sistema de seguridad, parquización del área, y colocación de un panel informativo.

Este proyecto no fue fácil de afrontar por las considerables distancias a centros poblados, las características del ecosistema o ambientales, ausencia de fuentes lumínicas, provisión de agua, lluvias copiosas, temperaturas extremas, que, dificultaron o obstaculizaron provisión de materiales, desplazamiento diario del personal, limitación de horarios de las tareas, comunicación fluida con los laboratorios y los distintos organismos involucrados. Ello llevo a una demora de los plazos previstos como también un reajuste del presupuesto inicial.

THE ROLE OF POLYMER ADDITION ON THE PROPERTIES OF LIME-BASED MORTARS

E. Čechová [(1)], I. Papayianni [(2)], M. Stefanidou [(3)]
Laboratory of Building Materials, Faculty of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, P.O. BOX 482, 54124 Thessaloniki, Greece

evacech17@gmail.com [(1)] papayian@civil.auth.gr [(2)] stefan@civil.auth.gr [(3)]

THEMATIC AREA: GEOMATERIALS AND HERITAGE BUILDINGS: SCIENTIFIC TECHNOLOGIES AND METHODOLOGIES

ABSTRACT
Natural polymers were often used in mortar mixtures during ancient period for improvement in their strength and durability. There are many examples of monumental structures, for whose mortars different types of natural organic additives were used, which are still in good condition proving their longevity.
The use of natural polymers, as an additional component of repair mortars used for restoration purposes, seems to meet the compatibility issues that should be followed in the case of monumental structures.
In the present work the influence of linseed oil on the properties of a series of lime-based mixtures is experimentally studied. Six compositions were prepared with different binders: pure lime, natural hydraulic lime, lime-pozzolan, lime-pozzolan-brick-dust and lime-pozzolan with 5% and 10% replacement of the binder content by cement. The ratio binder-aggregate was kept 1:3 for all of them. At first linseed oil was added at 1% by mass of binder. Other polymers are also planned to be added such as natural rubber latex. The effect on the properties of fresh and hardened mortar was measured so that a comparison between mortars with and without linseed oil can be made.
The hardened mortars were tested at 90-day age since it is considered to be more representative of the final mortar strength because of the pozzolanic character of the mortars. Compressive and flexural strength, porosity, water absorption, specific gravity and capillarity measurements were performed. This work contributes to understanding the role of the organic polymers on the lime-based mortars.

KEY WORDS: additive, lime, linseed oil, mortar

1. Introduction

Organics materials called as natural polymers were widely used all over the world in ancient period for the manufacture of mortars by which masonry was built or covered. They were local agro-products (cereals, juices from trees, fruits and vegetables), oils and fats, blood, milk, eggs and other animal products, different gums and glues or other locally available materials such as bituminous substances. Their use and effect on mortars properties are described in many treatises and handbooks of the past. [1, 2, 3, 4] The purpose of their addition was to modify properties of fresh mortar mixtures and to improve hardened mortars strength and durability. Better access to literature, treatises and pattern books raised nowadays the interest of scientists who much contributed to understanding the role of natural organics in mortar mixtures (Sickels, 1981 [5] and Chandra, 1994 [6]).
Among organic materials, linseed oil seems to be a favoured additive even from the Roman period [1] used for reducing the permeability of mortar and concretes. It was used especially in plasters and renderings to enhance their protective role. Physically, it is a yellow oil of high content of linoleic acid originating from linseeds. It is consisted of unsaturated fatty acids.

As mentioned in literature [6] , heat provided by lime slaking maybe helps in breaking down the solid fats. Together with polymer chains networking while aging it could explain the good action of linseed oil in old lime mortar mixtures.
In this research linseed oil is planned to be added in different percentages in relation to binder in order to study its influence on mortar properties systematically.
The work presented in this paper concerns the experiments with 1% by the mass of binder addition of linseed oil.

2. Experimental procedure

2.1 Materials

The characteristics of the materials used are shown in Table 1, siliceous sand of natural origin (river) was used, its grain size distribution is shown in Figure 1. Linseed oil available at the local market supplied by Mercola producer was used.

	Specific gravity [g/cm^3]	Lime content	Pozzolanic activity index [MPa] (28 days)	Fineness
Lime	1,961	$Ca(OH)_2$ 77%	-	-
Hydraulic lime	2,741	CaO+MgO 65%	-	-
Cement	2,664	-	-	-
Pozzolan	2,220	-	10	10% residue on sieve 45µm
Brick dust	2,279	-	0,75	all grains < 0,75 mm

Table 1: *Characteristics of materials [7]*

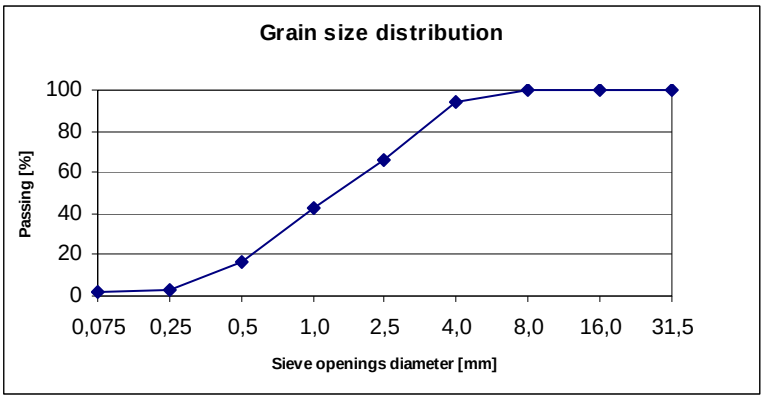


Figure 1: *Sand granulometry*

2.2 Mortars preparation

Six mortar mixtures were prepared using different binders: pure lime, natural hydraulic lime, lime-pozzolan, lime-pozzolan-brick-dust and lime-pozzolan with 5% and 10% replacement of the binder content by cement. The binder-aggregate ratio was kept 1:3 for all of them. To all mortars linseed oil was added at 1% by the weight of binder. Composition of reference mortars are shown in Table 2. Water was added as needed to keep the same workability. Fresh mortar with the addition of linseed oil is more sticky and compact comparing to unmodified mortar. Even though the water-binder ratio of mortars with linseed oil was slightly (7% in average) lower the workability was higher (15cm) comparing to unmodified mortars, showing a positive effect on the consistency of fresh mortar.

Mortar code	1	2	4	5	6	7
Lime dry	1		1	1	1	1
Hydraulic lime		1				
Lime putty						
Pozzolan			1	0,5	0,9	0,8
Brick dust				0,5		
Cement					0,1	0,2
Sand	3	3	6	6	6	6
unmodified mortars:						
water/binder ratio	*0,78*	*0,65*	*0,83*	*0,72*	*0,82*	*0,85*
workability [cm]	*14,4*	*14*	*14,3*	*14*	*14*	*14,5*
with linseed oil 1%:						
water/binder ratio	*0,71*	*0,62*	*0,77*	*0,72*	*0,77*	*0,75*
workability [cm]	*15*	*15*	*15*	*15*	*15,5*	*15*

Table 2: *Composition of reference mortars*

Specimens of size 4x4x16 cm were prepared and cured according to EN 1015-2. Plain reference specimens were tested after three months of curing. Specimens with addition of linseed oil were tested first after 6 weeks. They are going to be tested also after 3 and 6 months of curing.

2.3 Test methods

2.3.1 Compressive and flexural strength

Compressive and flexural strength was measured according to EN 1015-1:1999 Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar.

2.3.2 Capillarity

Capillarity was measured according to EN 1015-18:2002 Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar. Test was performed besides the water also using salt solution (10% by weight NaCl) to see whether ions in water can significantly affect the process of capillary elevation. Specimens were immersed in 10 mm of water, respectively salt solution, and the increase in mass after 10 minutes and 24 hours has been determined. Coefficient of water and salt solution absorption has been calculated.

2.3.3 Open porosity

Open porosity has been determined based on Rilem CPC 11.3 standard. Open porosity has been calculated using following formula:

$$P_{H_2O} = \frac{w_{SSD} - w_0}{w_{SSD} - w_{H_2O}} \cdot 100 \text{ , where} \qquad (1)$$

w_0 is dry mass, expressed in grams,

w_{SSD} is wet mass dried surface after water absorption under lowered pressure (-0,72 bar), expressed in grams,

w_{H20} is apparent mass of specimen submerged in water, after water absorption in lowered pressure, expressed in grams.

2.3.4 Contact angle

Water contact angle was measured on the surface of specimens using Krüss Contact Angle Measurement System G 10.

3. Results and discussion

3.1.1 Compressive and flexural strength

Results of compressive and flexural strength are shown in Figures 2 and 3. Strength of linseed oil modified specimens was tested after six weeks of curing while the unmodified specimens were tested at the age of 3 month. Compressive strength of linseed oil mixtures corresponds to in average 57% of unmodified mortars strength. Increased values of flexural strength could be attributed to higher moisture content of specimens with linseed oil in comparison with the unmodified ones. This may be due to their low age as well as due to reduction of air-permeability of capillary pores because of the presence of linseed oil.

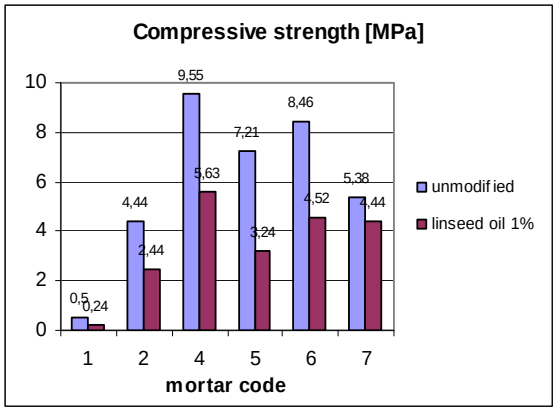


Figure 2: *Compressive strength*

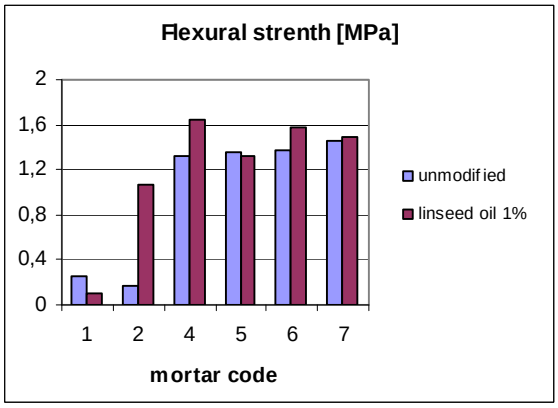


Figure 3: *Flexural strength*

3.1.2 Capillarity

The addition of linseed oil is significantly decreasing capillary rise as seen in Figures 4 and 5. The average decrease of value of coefficient of water absorption is 145 %, of coefficient of salt solution absorption is 130 %. Linseed oil is probably covering pores walls, causing their hydrophobity, thus decreasing the capillarity action. There seems to be no difference between water and salt solution capillary rise, little differences are more likely caused by different structure of specimens then by effect of ions content. Linseed oil has the highest effect on pure lime mortar, coefficient of water absorption of mortar with linseed oil is four times lower then the coefficient of unmodified mortar, while this seems to be not happening in the case of lime-pozzolan mortar (code 4). This could be attributed to accidental factors which increased cracking inside microstructure, maybe because of local inadequate curing.

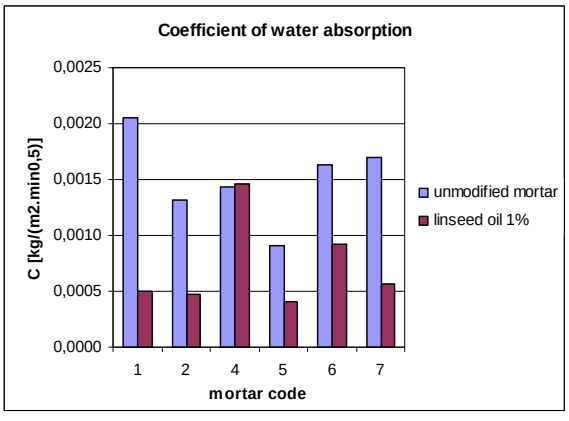


Figure 4: *Coefficient of water absorption*

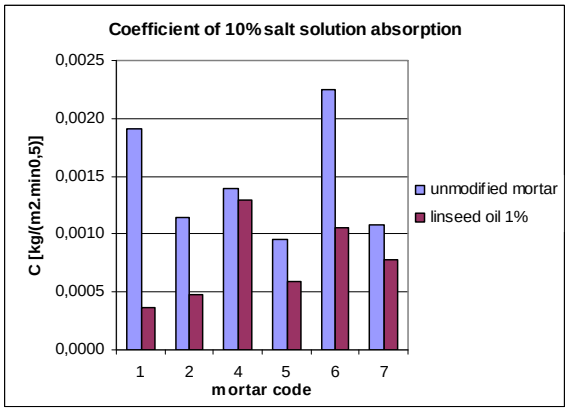


Figure 5: *Coefficient of 10% NaCl solution absorption*

3.1.3 Porosity and specific gravity

Values of open porosity and specific gravity are shown in Figures 6 and 7. As seen in Figure 6, mortars with the addition of linseed oil have lower open porosity (in average of 5%) comparing to unmodified mixtures. The slight open porosity decrease is probably caused by lower water-binger ration of modified mortars (see Table 2). Specific gravity values are of the same level at this percentage of linseed oil addition and range from 1,71 g/cm^3 to 1,82 g/cm^3.

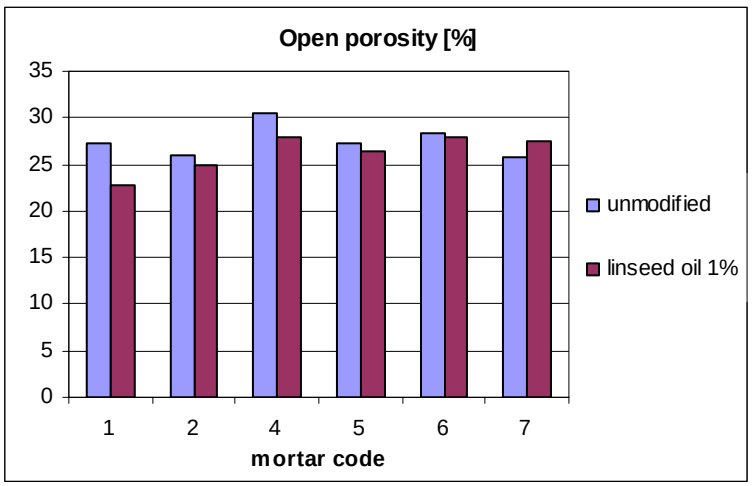


Figure 6: *Open porosity*

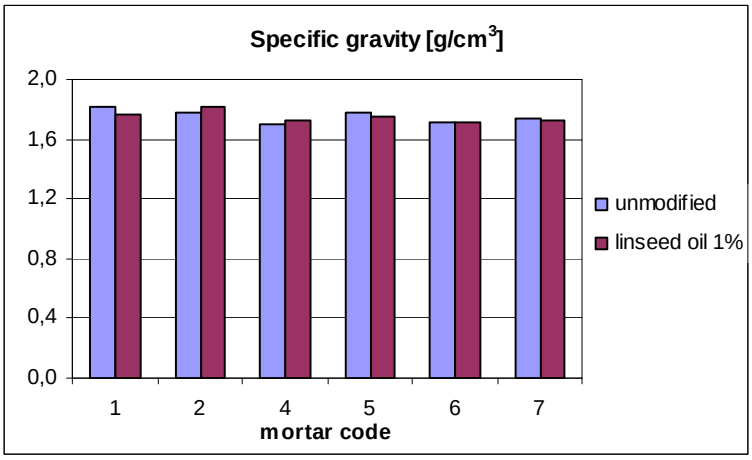


Figure 7: *Specific gravity*

3.1.4 Contact angle

Mortars modified by linseed oil are showing higher water resistance than unmodified mortars. Nevertheless, it wasn't possible to measure the contact angle because of high and fast water absorption. Water drop got fully absorbed in less then 1 second. On some parts of the top there were found hydrophobic places (contact angle bigger then 90°, drop hasn't absorbed until few minutes) but this may be caused either by penetration of oil used for moulds oiling from sides over the wet top of specimen or by uneven spreading of linseed oil in the volume of specimen.

3.1.5 Microscopic observation

Specimens of hardened mortars were observed by means of reflected light microscopy. No relevant differences in color and pore and micro-fractures structure between mortars with linseed oil addition and unmodified mortars have been observed.

4. Conclusion

It can be stated that the 1 % addition by mass of binder of linseed oil is significantly decreasing mortars capillarity while affecting open porosity only slightly as a secondary effect of water demand reduction. Nevertheless the exact mechanism of oil behavior inside the pore structure must be examined using further methods such scanning electron microscopy and mercury intrusion porosimetry. All mortar mixtures will be tested again at the age of 3 and 6 months to see how their properties develop in time. It is encouraging that capillarity is reduced even in salt solution. The linseed oil addition seems to work with all lime-based binding systems used in experiments. It is obvious that higher percentages must be added for better spreading of the oil and higher reduction of capillarity.

Acknowledgments

This research is part of a three years European Ph.D. in Science for Conservation (EPISCON project) funded by the European Community's Marie Curie EST, 6th Framework programme.
It is carried out at the Laboratory of Building Materials at Aristotle University of Thessaloniki under supervision of Prof. Ioanna Papayianni.

References

[1] L. B. Albert, "Ten Books on Architecture", translated by J. Leoni, J. Rykwert, London 1955, pp. 149.

[2] K. L. Bailey, "The Elder Pliny's Chapters on Chemical Subjects", Vol. II., Edward Arnold and Co., 1932, pp. 143.

[3] M. Briggs, "A Short history of the Building Crafts", Oxford University Press, Oxford, 1925, p. 230.

[4] Cennino d'Andrea Cennini, "The Craftsman's Handbook", translated by D. V. Thompson, Dover Publications, New York, 1954.

[5] S. Chandra, "Use of Natural Polymers in Concrete", P.K. Mehta Symposium on Durability of Concrete, Nice, France, 1994.

[6] L. B. Sickels, "Organic Additives in Mortar", Edinburgh Architecture Research, Vol. 8, 1981, pp. 9-10.

[7] I. Papayianni, M. Stefanidou, "*Strength-porosity relationships in lime-pozzolan mortars"*, Construction and Building Materials, Volume 20, Issue 9, 2006, pp. 700-705.

EL AZULEJO PAS DE CALAIS EN EL RÍO DE LA PLATA (SIGLO XIX) RESTAURACIÓN DE LAS CÚPULAS DE LA BASÍLICA DE SANTO DOMINGO EN CÓRDOBA (ARGENTINA)

José Javier Correa
Arquitecto, administrador Estancia Jesuítica Santa Catalina, responsable de la recuperación integral de las iglesias Santa Catalina, Santo Domingo y Adoratrices en Córdoba (Argentina).

javiercorrea@interdocta.com.ar

ÁREA TEMÁTICA: CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO

Por diversos factores la exportación azulejera del norte de Francia en el siglo XIX se dirigió hacia el Río de la Plata.Inclusive el patrimonio disponible en Uruguay es superior al que se encuentra en el propio país europeo.



Foto 1.- Localidades de Uruguay con mayor presencia de azulejos Pas de Calais.

Cientos de barcos cargados con miles de azulejos llegaron a las costas uruguayas en la segunda mitad del siglo XIX, existe el caso de una embarcación que naufragó poco antes de echar anclas en el puerto de Montevideo. Y hasta el día de hoy se continúan encontrando pequeños fragmentos de azulejos en las playas uruguayas.



Foto 2.- Localidades en Francia donde se fabricaban los azulejos Pas de Calais.

Los azulejos Pas de Calais tienen una medida de 11 x 11 centímetros y están decorados por el método de plantilla calada. Poseen una singular luminosidad y encanto que pasados más de 150 años se mantiene inalterables a pesar de encontrarse revistiendo a grandes alturas magníficas cúpulas de iglesias en Uruguay y Argentina.



Foto 3.- Tres modelos de azulejos Pas de Calais existentes en Uruguay y Argentina.

Tres características las hacen inconfundibles y las diferencia de los demás azulejos: el color blanco lechoso de su fondo que tiñe ligeramente el contorno de los dibujos con el azul y morado de los motivos ornamentales. La segunda particularidad es el tamaño de 11 x 11 ctms. Y finalmente su dibujo puntillista formado por líneas entrecortadas, puntos y comillas.

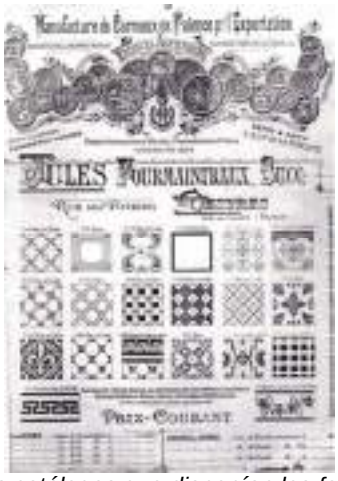


Foto 4.- Uno de los tantos catálogos que disponían los fabricantes de los azulejos.

Los principales fabricantes de azulejos Pas de Calais, como su nombre lo indica, pertenecen a una región de Francia, donde en la localidad de Desvres se encontraban las más importantes fábricas. Es una región próxima a Holanda, que en el siglo XIX disponía de un suelo muy rico en arcilla, abundancia de agua, de combustible y una tradición muy fuerte de maestros ceramistas.



Foto 5.- Imagen del siglo XIX de la fábrica Fourmaintraux-Courquin

Desvres producía allá por 1850 azulejos para el mercado interno y con una importante exportación a Sudamérica y Argelia, desde los puertos de Bourdeaux y Boulogne Sur Mer partía este bello material.
Cada pieza poseía en su reverso el sello de la fábrica que identifica el lugar de origen, y además cada productor disponía de catálogos que estaban a disposición de los clientes, y que renovaban año tras año.



Foto 6.- Algunos de los sellos que se estampaban en el reverso de los azulejos

Cerca de mil modelos diferentes fueron catalogados por el más importante investigador del azulejo en Sudamérica el arquitecto uruguayo Alejandro Artucio Urioste. En el Museo del Azulejo de Montevideo se encuentra una de las colecciones más importantes del mundo.



Foto 7.- Tapa de uno de los libros de Alejandro Urioste.

Los diseños del Pas de Calais se basaban en su colocación de modo que, colocándose agrupados, forman figuras, guardas y frisos de inusual belleza. Los motivos en su mayoría son ornamentales, geométricos y paisajísticos, pero también están en menor medida los motivos humanos, arquitectónicos, heráldicos y del reino animal y vegetal.
En estos tiempos la ciudad de Montevideo es la que posee la mayor riqueza en azulejos Pas de Calais y están presente revistiendo fachadas de viviendas, escaleras, aljibes, asientos donde se los puede observar con detenimiento, en cambio en las cúpulas de las iglesias su belleza brilla al sol formando figuras y guardas que permanecen a pesar del paso del tiempo.



Fotos 8 y 9.- Fachada de una casa en Montevideo totalmente revestida en azulejos, numerosos aljibes de la ciudad también fueron tratados.

Con la llegada a Desvres de la industrialización a fines del siglo XIX comenzaron a cerrar las fábricas y dejar en el recuerdo este material artesanal tan bello y tan noble.

Las Cúpulas de la Basílica de Santo Domingo

Fray Olegario Correa, prior de la orden de Santo Domingo en Córdoba (Argentina) asumió en 1860 el desafió de construir una iglesia capaz de perdurar en el tiempo, ya que las periódicas inundaciones provocadas por el arroyo la cañada destruyeron los templos antes construidos.

El ambicioso proyecto se concretó en pocos años gracias al aporte de lo fieles, e incluyó la construcción de una gran cúpula mayor, cuatro cúpulas menores y dos cupulines coronando sendas esbeltas torres de 30 metros de altura.



Foto 11.- Basílica de Santo Domingo (1861) en Córdoba, Argentina.

Al Fray Correa le unía una amistad con el presidente de la Confederación Argentina el general Justo José de Urquiza, quién le envió de regalo un gran cargamento de azulejos Pas de Calais.

Es así como fueron colocados sobre las torres y la cúpula mayor de la Basílica, pero no fueron suficientes para proteger las cúpulas menores.







Fotos 12, 13 y 14.- Las cúpulas de Santo Domingo poseen casi 50.000 azulejos Pas de Calais.

Al cumplirse los 400 años de la llegada de la orden de los predicadores a Córdoba se decide iniciar las tareas de restauración integral del templo, que incluyó el tratamiento de los casi 50.000 azulejos.



Foto 15.- En el 2004 se comenzaron las obras de recuperación de la Basílica

El estado de conservación luego de estar colocados casi 150 años no era el óptimo ya que las condiciones ambientales habían cambiado mucho respecto al momento de su colocación, la

polución provocada por los vehículos sumado al smog ambiente provocaron daños irreparables en algunos sectores.



Foto 16, 17 y 18.- Detalles del estado de destrucción de gran parte de los azulejos franceses.

Para ello se comenzó con una cuidadosa tarea de armado de andamios que vuelen sobre las cúpulas sin dañar un solo azulejo.



Foto 19.- El sistema de andamiaje utilizado permitió una estudiada intervención de cada azulejo.

Luego se inicio la tarea de investigación histórica que incluyó un viaje a Montevideo y a Buenos Aires para determinar los procedimientos a seguir.

Se realizó un relevamiento que incluyó el dibujo de cada uno de los lados que componen las cúpulas y el tratamiento uno por uno de los miles de azulejos.La confección de un catálogo por cada cúpula permitió reconocer los motivos y evaluar el estado de conservación de cada uno de ellos.

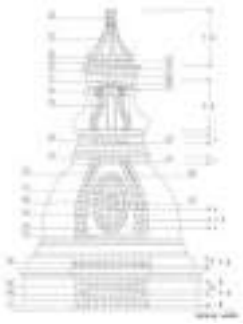


Foto 20.- Las cúpulas fueron relevadas en cada uno de sus ocho lados.

Así se determinó los que se encontraban en buen estado que sólo se efectuó una limpieza conservativa, como otros que fueron consolidados y otros pocos que debieron ser retirados para colocar una réplica exacta, ya que el estado de destrucción no permitía su reintegración.




Foto 21 y 22.- Los trabajos se realizaron resguardando cada uno de los azulejos.

Estas réplicas se realizaron con técnicas similares a las realizadas en el siglo XIX donde se priorizó la utilización de un bizcocho de similar espesor y la mano del artista para el dibujo de cada uno de los motivos.

En las cúpulas de las torres se debió retirar intervenciones realizadas en épocas recientes para efectuar el correcto completamiento del motivo ornamental.

Se observa en las cúpulas la riqueza en cada uno de los motivos utilizados, y el increíble estado de conservación de los azulejos.




Foto 23 y 24.- En la cúpula mayor se observan el valor de los azulejos presentes allí desde 1860.

El problema con el paso del tiempo se presenta en el material utilizado en las juntas donde la pastina presenta una fuerte debilidad ante la presencia de los agentes atmosféricos. Se realizó un tratamiento al material de junta que permita una mayor durabilidad con la aplicación de siliconas que invierten el ángulo de mojado de la superficie tratada.

Se detectaron la presencia de gran cantidad de azulejos de procedencia catalana, que poseen un tamaño de 13 x 13 ctms. y una menor resistencia al paso del tiempo.En total se realizaron 2.250 réplicas, la intervención realizada permitió recuperar la belleza perdida con el paso del tiempo, el brillo del azulejo sorprende al peatón y visitante que se admira por el trabajo realizado en épocas en que la Córdoba Colonial comenzaba a dar un lugar al progreso y a la industria del siglo XX.

Conclusiones

En las investigaciones realizadas en las ciudades de Córdoba, Montevideo y Buenos Aires nos encontramos con una muy importante presencia de Pas de Calais pero en su mayoría se encuentran en mal estado de conservación y en muchas ocasiones son retirados y vendidos a particulares. Espero que el trabajo realizado en la Basílica de Santo Domingo sirve de ejemplo para rescatar este revestimiento y ponerlo en valor tanto como en grandes monumentos como a niveles domésticos en viviendas y otras obras menores.

Bibliografía

Alejandro Artucio Urioste, " El azulejo en la arquitectura Uruguaya", Montevideo,2004.
Alejandro Artucio Urioste, " El azulejo en la arquitectura del Río de la Plata", Montevideo,1996.
Rubén González, Alberto Saguier Fonrouge, Esteban Llamosas,Sergio Barbieri, José Javier Correa, Matilde Cuenca, " La Orden de Santo Domingo en Córdoba", Córdoba,2004.

INTERVENCIÓN RESTAURADORA DEL PUENTE ROMANO DE CÓRDOBA

J. Ramos [(1)], G. Cultrone [(2)], E. Sebastián [(2)], A. Luque [(2)], M. Urosevic [(2)]
[(1)] C/ A. Segovia, 18199 Cajar (Granada, España). juliaramos.patrimonio@gmail.com
[(2)] Dpto. Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencas, Universidad de Granada. Avda. Fuentenueva, s/n – 18002 Granada, España. cultrone@ugr.es; rolando@ugr.es; aluque@ugr.es; maja@ugr.es

ÁREA TEMÁTICA: Geomaterialidad y patrimonio Inmueble: técnicas y metodologías científicas para la conservación y restauración de materiales

RESUMEN

Se presentan las principales actuaciones practicadas durante la restauración del Puente Romano de Córdoba. Previo al inicio de las obras se analizó la documentación histórica existente en diversos archivos sobre intervenciones anteriores y se caracterizaron los materiales de construcción presentes en la construcción, tanto los considerados originales como los utilizados en reparaciones efectuadas a lo largo del tiempo. Asimismo, se consideraron los procesos de degradación que han actuado y las causas que los han originado; ello a partir del análisis de las morfologías de deterioro y su grado de desarrollo. Se concluyó que uno de los factores primordiales ha sido el uso de materiales incompatibles con la piedra ornamental histórica del Puente en intervenciones recientes, en concreto y sobre todo la utilización de cementos tipo Pórtland. En la intervención se ha actuado en todo el conjunto monumental. Se han eliminado los morteros de cemento y eflorescencias de sales solubles, también las costras negras y biológicas mediante medios mecánicos y láser. Se ha sustituido y/o repuesto material pétreo de características petrofísicas similares y mediante morteros de cal grasa dosificada con áridos del mismo litotipo y, por último, aplicado consolidantes y protectivos compatibles, en áreas específicas y limitadas del Puente.

Palabras clave: Puente Romano, Restauración, morteros de cal, limpieza láser

INTRODUCCIÓN

Construido a principios del s. I d.C., el puente de la vía Augusta de época romana fue paso obligado entre ambas márgenes del río hasta el s. XX, cuando se construyó el llamado puente nuevo o puente de San Rafael. El uso del puente durante más de 2000 años, los avatares bélicos y sobre todo las frecuentas y violentas riadas han ocasionado en distintos momentos notables desperfectos y roturas en zampeado, tajamares y arcos que han sido objeto de múltiples reparaciones y reconstrucciones [1].

Con motivo del presente proyecto de restauración, se han estudiado los documentos gráficos de que se dispone, sobre todo a partir de mediados del s. XIX. Con ello se pretende conocer el estado del puente previo a las desafortunadas intervenciones del s. XX, ya que en ellas se aplicó una capa de cemento con dibujo de sillares, que posteriormente se pigmenta para simular el color de la piedra empleada en su construcción. Esta capa impide apreciar el aparejo y el estado de conservación de la piedra, que será la que nos informe de las intervenciones habidas en las distintas etapas de la vida del puente. El pretil también es de época posterior, con adición de imposta en voladizo, a modo de cornisa.

En el tajamar, localizado entre los arcos 8-9 del puente, se construye una pilastra para remarcar la centralidad, que en un grabado de 1567 se expresa como un balcón. Es notorio que el monumento de San Rafael de 1780 también quiere ocupar un lugar central del puente, colocándose sobre una pilastra de base semicircular en el tajamar inmediato, elemento

constructivo que se replica en el paramento opuesto, sobre el que se levantó una hornacina, que posteriormente se derribó en la reforma de 1927.

Como criterios de intervención se plantean varias disyuntivas, ya que es un monumento en constante modificación, por lo que se ha de decidir qué elementos perdidos se recuperan y en qué periodo histórico se congela el proceso de preservación de las innovaciones introducidas. La conclusión adoptada es que el monumento ha de manifestar las huellas de sus transformaciones históricas, que es preciso remarcar y ennoblecer su entidad monumental y al tiempo evidenciar sus trazas originales y elementos constructivos.

Para acometer la intervención, no sólo se han estudiado los dibujos, grabados y fotografías del puente, sino también las referencias históricas que aludían a las distintas intervenciones. En concreto, los datos proceden de los fondos del Archivo Municipal de Córdoba, en los que existe documentación cristiana ligada al Cabildo-Ayuntamiento de Córdoba desde el año 1240.

ESTUDIO Y MÉTODOS CIENTÍFICOS

Antes de iniciar la intervención propiamente dicha, se ha realizado el estudio composicional y textural de distintos materiales, principalmente de los morteros, de la piedra constitutiva, de las policromías, así como el referido a los materiales de restauración a emplear: cales, tipos de áridos, consolidantes, etc.

La caracterización se ha efectuado mediante técnicas físico-químicas, principalmente difracción de rayos X (DRX), microscopía petrográfica y microscopía electrónica de barrido (SEM con EDX) [2].

Sin incidir demasiado en los resultados analíticos, se puede resumir que la mayoría de los morteros de revestimiento de intervenciones del siglo XX [3] están compuestos por cementos, presentan gran resistencia mecánica, y generan importantes cantidades de sales solubles que degradan el material pétreo subyacente.

Los restos cromáticos que se aprecian en la figura ornamental de San Rafael indican que estuvo decorado con la técnica polícroma denominada *estofado*, esto es, dorado y posterior policromado.

En lo que se refiere al control de los productos a emplear en los morteros de restauración, los análisis de las materias primas demuestran que el aglomerante y los áridos seleccionados son de la calidad exigida: la cal está compuesta casi exclusivamente de portlandita (hidróxido de calcio) y los áridos son composicionalmente silíceos, por tanto, inertes químicamente, de notable dureza, e ideales para los morteros.

El requisito de llevar a cabo estudios previos antes de la intervención, permitía garantizar que los materiales de construcción que se van a utilizar son los correctos y son compatibles con el sustrato pétreo original. No obstante, una vez que se inició la intervención restauradora, surgieron otras incertidumbres, tales como la composición de las eflorescencias salinas que se evidenciaron al eliminar la capa de cemento, el estudio del material pétreo de reintegración, y diversos parámetros relacionados con la cohesión y resistencia tras aplicar el consolidante sobre el material pétreo.

De todo ello se deduce que es fundamental el estudio analítico en toda intervención de restauración, tanto al inicio como en el seguimiento de la obra, ya que aporta la garantía de estar actuando de la manera más adecuada, lo que al fin al cabo, redundará en el resultado final y en su conservación durante un periodo de tiempo más dilatado.

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Tras eliminar la gruesa capa de cemento que cubría los sillares de piedra original se apreció una notable pérdida de cohesión de los mismos, originada por tensiones mecánicas creadas en

el interior de la roca por la cristalización de sales solubles, o por las modificaciones del estado físico del agua infiltrada y otras causas, que han producido microfisuraciones, las cuales progresan con el tiempo desarrollando redes de fracturas más o menos grandes y que terminan por disgregar parte del material.

También se observan fuertes arenizaciones del material pétreo producidas por el agua, ya que su acción disuelve ciertos componentes solubles (material carbonatado cementante de granos/cristales de la roca especialmente) y favorece la precipitación de sales a partir de los iones en solución.

La mayoría de los sillares, a excepción de los aplacados de intervenciones más contemporáneas, tienen una gran pérdida de soporte, provocada fundamentalmente por parámetros termohigrométricos y por la expansión térmica diferencial de las distintas fases minerales que componen la roca, además de las reacciones químicas ya comentadas.

En cuanto a las costras negras, están preferentemente localizadas en los tajamares, ya que parte de su material pétreo, al estar mejor conservado, no fue cubierto por la capa de cemento.

Dado que se trata de una intervención en un monumento localizado sobre un río, el ataque biológico está asegurado por el ambiente húmedo que se crea. Se encuentran fundamentalmente hongos, musgos, líquenes y plantas superiores. Los hongos, musgos y líquenes tienen efectos de deterioro similares sobre la piedra. Además de su presencia superficial, retienen humedad en el interior de la piedra y se producen ácidos que alteran, además, su cromatismo.

El desarrollo de plantas superiores es una consecuencia de la existencia de plantas inferiores y microorganismos, y representa una de las principales causas de la degradación del material pétreo, ya que se observan, entre otros efectos, restos de grandes troncos de árboles que han fracturado y desplazado los sillares colindantes.

De todas formas, quizás la causa que ha provocado mayores deterioros sean las intervenciones de restauración anteriores, algunas muy desafortunadas, como la ya citada de adición de cemento Pórtland en morteros y, también, aplicado en forma de lechadas; se encuentran igualmente reconstrucciones de soporte con piedra y cemento grís, así como elementos metálicos (muy alterados) de consolidación.

INTERVENCIÓN

En la intervención se ha actuado en la totalidad del conjunto monumental: calzada, pretil, iluminación del puente, sistemas antipalomas, etc.; su descripción detallada resultaría una tarea ardua, por lo que nos centraremos únicamente en la restauración del material pétreo.

La primera actuación consistió en la eliminación del revoco de cemento que cubría toda la superficie pétrea del paramento, así como grandes áreas de los tajamares. Ello permitió evidenciar el verdadero estado de conservación del puente monumental.

La retirada de este duro cemento se ha realizado mecánicamente mediante cinceles y pistoletes. Al retirar la gruesa capa, se observó que el estado de conservación era muy acusado, ya que aparecían grandes zonas en las que el material pétreo se había perdido, habiéndose rellenado a base de mampuesto con aglomerante igualmente de cemento. Además, la mayoría del material pétreo conservado se encontraba muy arenizado y con grandes faltas volumétricas.

Se realizaron distintas catas para determinar la profundidad de dichos mampuestos. Resultó que era muy variable, por lo que se planteaba una doble paradoja. No era aconsejable eliminar todo el mampuesto porque en algunas zonas prácticamente no quedaba material pétreo; por otro lado, no era recomendable dejar esos mampuestos con ligante de cemento ya que continuaría degradando al material pétreo anexo y subyacente. La disyuntiva era compleja; se decidió eliminar totalmente el mampuesto que no tuviese demasiado grosor y rebajar el resto

en al menos 20 cm, de tal forma que tras reponer el mortero e hidrofugarlo, se logrará limitar notablemente la entrada de humedad que pudiera contactar con el cemento y provocar la formación y posteriores movimientos migratorios de las sales.

En cuanto al proceso de limpieza del material, indicar que en función de las zonas a tratar, se han utilizado diferentes métodologías y técnicas: limpieza mecánica, chorro de arena y láser. La limpieza con chorro de arena se ha utilizado en los paramentos para eliminar los restos de cementos y morteros ubicados sobre los sillares de piedra originales conservados.

En cuanto a los tajamares, y dada la gruesa costra de biodeterioro, que impedía distinguir el material pétreo del material de los morteros, se ha limpiado en una primera fase con proyección de arena para poder discriminar esos materiales de la construcción. Posterior a la eliminación de forma mecánica de los morteros añadidos, se vuelve a repasar con una menor presión de proyección de la arena para llegar a limpiar la superficie pétrea saneada.

Previamente se realizaron pruebas para determinar el producto más idóneo, con microesferas de vidrio, polvo de vidrio y arena de sílice; todos ellos inertes químicamente con el material pétreo que se iba a limpiar. Sólo la arena de sílice proporcionó unos resultados satisfactorios en cuanto al tipo de material de alteración a eliminar e su menor incidencia en los sillares a tratar.

De manera excepcional en el proceso de limpieza, se ha utilizado el láser únicamente en la escultura de San Rafael, ya que es el único elemento de talla artística en toda la obra, y se planteaba conservar las huellas de labra en la misma.

En cuanto a la eliminación de sales, dadas las dimensiones de la construcción y el convencimiento de no querer usar métodos acuosos en la intervención, ha resultado imposible eliminar las subeflorescencias ya que tienen una intensa penetración en los sillares. Las eflorescencias, sin embargo, han sido eliminadas mediante un cepillado.

Como biocida se optó por utilizar el IPBC iodiopropinilbutilcarbamato y el OIT n-otil-isotiazolinone, ya que se solubilizan en disolvente y soportan los lavados del agua en época de lluvia.

La piedra de reposición en el puente procede del antiguo pretil eliminado. Para los nuevos pretiles la piedra seleccionada es de características similares a la original, en concreto una calcarenita bioclástica de la localidad de Hellín, provincia de Albacete, denominada popularmente *Albamiel*. La elección de esta piedra ha venido determinada tras conocer y evaluar los resultados de los ensayos y análisis realizados sobre la misma. La reconstrucción de soportes se ha realizado con dos materiales fundamentalmente: piedra y mortero.

Para la elaboración de morteros, se ha seleccionado una cal hidráulica. Ello viene motivado por dos razones: originariamente los romanos utilizaban este tipo de cal, sobre todo en construcciones hidráulicas a causa del contacto permanente con el agua; mientras que la cal aérea precisa de periodos prolongados de tiempo para carbonatar, con la exigencia añadida de su aplicación en distintas capas y tener que esperar varios días antes de superponer la siguiente. Las dimensiones de la obra y el tiempo de ejecución no permitían estos intervalos de demora.

En las zonas de bastante profundidad ha sido necesario ejecutar un entramado con varillas de acero inoxidable, realizando perforaciones en los sillares y trabando las varillas a la piedra con resina epoxídica. Además, se ha utilizado una malla de fibra de vidrio para cohesionar las distintas capas y minimizar las posibles grietas de retracción en el secado del mortero.

Respecto a la utilización de nuevos sillares, se han colocado en las zonas con grandes pérdidas de material pétreo para poder facilitar la lectura de los distintos aparejos, que a su permiten destacar las distintas intervenciones en el puente a causa de su diferente disposición. En los tajamares, la reconstrucción pétrea se ha realizado fundamentalmente por motivos de conservación, con objeto de dotarles de mayor resistencia, ya que hay zonas donde el empuje del agua es muy fuerte.

Destacar que la reconstrucción con material pétreo se ha realizado únicamente en las zonas en que se disponía de datos fiables acerca de las dimensiones de los sillares del aparejo original, y todo ello por una ardua labor del equipo de arqueología de la Gerencia Municipal del Ayuntamiento de Córdoba. Los arqueólogos representaron la obra sillar a sillar, tras la eliminación del cemento que los enmascaraba, y sobre la base de esta planimetría, se diseñó un nuevo plano de restitución pétrea, que proporcionara una correcta lectura de las distintas intervenciones históricas habidas (Fig. 1).

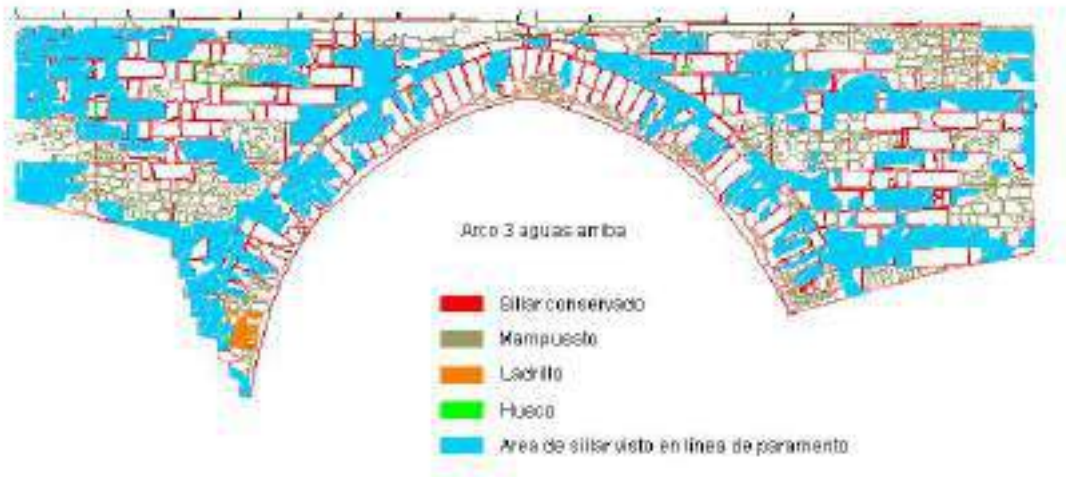


Figura 1. - *Planimetría de uno de los arcos del Puente Romano de Córdoba.*

Se han reconstruido igualmente el balcón que estaba perdido y la hornacina, así como los tajamares del arco 16, en base a las imágenes gráficas antiguas.

Para la consolidación general se ha recurrido a un silicato de etilo. Hay que tener en cuenta que los materiales pétreos expuestos a los agentes atmosféricos presentan una superficie alterada más porosa que las partes internas. Resulta, por tanto, muy importante el no introducir discontinuidades netas en las propiedades de las zonas del material pétreo tratado y aquellas zonas a las que el producto no ha llegado. Por ello, la consolidación se ha realizado de manera gradual, aplicando el consolidante en varias etapas (“manos”) y en distintas concentraciones, de menor a mayor conforme se incrementaba el número de aplicaciones.

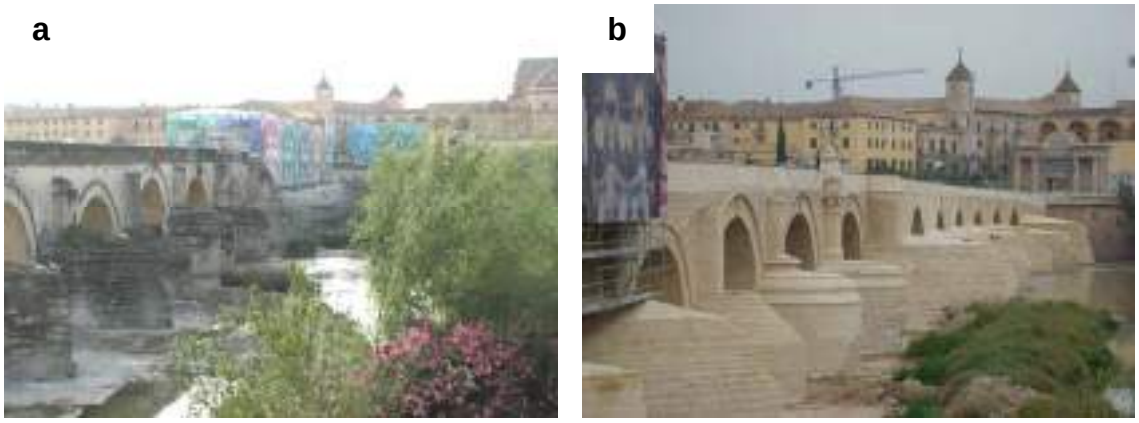


Figura 2. - *Imagen visual del Puente Romano de Córdoba antes (a) y después de la restauración (b).*

Como se ha comentado anteriormente, en esta obra monumental la humedad es un factor de esencial importancia en el proceso de deterioro del material pétreo; por tanto se ha decidido aplicar un compuesto hidrófugo a base de siloxanos para reducir la absorción de agua a través de la superficie porosa, sin afectar a su aspecto estético superficial.

En las Figuras 2a y 2b se percibe nítidamente los distintos aspectos visuales que presentaba el Puente Romano de Córdoba antes de la intervención de restauración que se presenta resumidamente en este artículo, y la presencia atractiva en el momento actual. Su comparación permite adquirir una percepción fidedigna de la magnitud de la intervención y de su eficiencia.

REFERENCIAS

[1] M. Sainz, Datos históricos acerca de la construcción del puente romano de Córdoba. Revista de Obras Públicas III, 1894.
[2] A. Luque, G. Cultrone, E. Sebastián, O. Cazalla, Tratamientos para el incremento de la durabilidad de una calcarenita bioclástica (Granada, España). Materiales de Construcción, 2008, en prensa.
[3] J. Cuenca Montilla, Restauración y urbanización del puente romano. Córdoba. Proyecto de ejecución. Informe Privado, 2003

Identification of pathologies and geotechnical characterization of building materials of the palace El Badia (Marrakech, Morocco)

[1]N. Gamrani, [1]K. R'kha Chaham, [2]M. Ibnoussina , [3]F. Cherradi, [3]A. Marou, [3]H. Hadaoui

1- ***Laboratoire de Géodynamique magmatique, Géoressources et Géorisques , 3GEO-LAB,*** **Faculté des sciences-Semlalia, Université Cadi Ayyad ; missnaoual123@yahoo.fr**
2- ***Laboratoire de Dynamique des Bassins et Géomatique, DYBAGEO, Faculté des sciences-Semlalia, Université Cadi Ayyad.***
3- ***Inspection des monuments historique, Marrakech.***

Located in the north-east of the Kasbah district, the sumptuous palace El Badia was built in 1578 by the Sultan saâdien Ahmed El Mansour Eddahbi. It represents one of the rarest vestiges of Saadienne's era. But, unfortunately; nowdays, only a vast enclosure with the ruins of old houses remain of El Badia palace. The complex is constructed in adobe, a material which major drawback is its extreme sensitivity to environmental and atmospheric conditions.

Our work fits into a comprehensive backup and restore, which aim is to respect the authenticity of the monument. Attention is first given to the geotechnical characterization of the materials used and, their provenance, and then to the analysis of degradation and understanding of the processes that are responsible.

The description and the analysis of the chamber's degradation showed several types of pathology that we ordered depending on the nature of the processes responsible: **i**-structural damage; **ii**-degradation due to water; biodegradations, **iii**- The geotechnical tests performed on the land's material show that it is essentially serious, since it contains a small clay fraction (5%) of which test reveals a blue inactive. The fraction less than 4 mm is also little plastic wholesale and belongs to the class of silt and organic soils (Lp, Op).
Compared to mature peaks, the parties basal present high levels in water (10-16% basis; summit from 1 to 4%.) Coupled with high percentages of lime carbonate (base 31%; 19%). These differences demonstrate the importance of water capillaries in the process of degradation of the monument.

Finally, mineralogical analysis by X-ray diffraction revealed the presence of quartz, calcite, micas and clay minerals (Illite and Vermiculite).

Keywords: Marrakech, Palais El Badia, degradation analysis, geotechnical characterization, mineralogical analysis.

I-Introduction

Marrakech, Morocco's red city has many monuments, including El Badia's Palace. It is considered as one of the rarest vestiges of Saadienne's era. It was built by Sultan Moulay Ahmed Mansour Eddahbi in 1578. That monument,was built at the north-east of Almohad 's casbah, and used for festivals and audiences.
Today it remains a rectangular courtyard which is organized around the ruins of old houses.

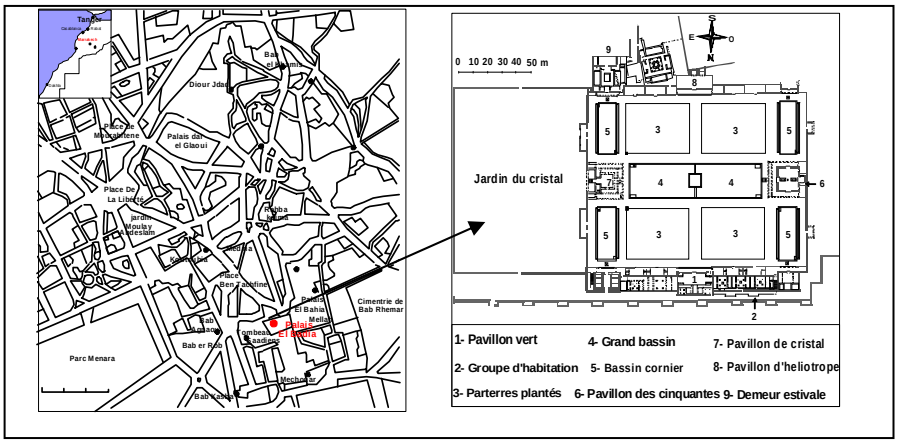


Fig.1: Situation of palace el Badia

This palace suffers from several damages that could lead to total relics's ruin. This work aims to describe the various disorders with the suffering of this construction and geotechnical characterization of construction materials with the aim of carrying out a study for the proposal adequate's and sustainable solutions for the restoration and preventing degradation of the monument.

II- Identification of pathologies of the palace El Badia

An analysis of the damage, intense in places, highlighted several types of pathology.

1 - Structural Deterioration

- Collapse and disappearance of the wall's sections: El Badia palace was partially destroyed in the seventeenth century, during the reign of Sultan Moulay Ismail.it is currently in a state of ruin, composed of a rectangular courtyard and that are used to organize the archaeological remains of the old flags.
- Cracking: Cracks begin from the shuttering holes (areas of weakness where the compression reaches values considerable) then spread along the walls. They also induced and / or exacerbated by the wide variations that characterize the thermal environment of Marrakech.

2 - Biodegradation

The damage was caused by the action of plants and living things (micro-organisms, insects, mammals, birds…). There is for example:
The penetration of between micro algae - fractures that helps maintain a permanent moisture, favourable to the increased cracking;
The deterioration related to birds, either in a mechanical way (beaks or claws) or chemical (feces rich in ammonia).

3- Water's action

Water has an aggressive action on the walls, causing the damage of both the base and top. Rainwater, rich in salt, causing the disintegration of the material is reflected by a peeling of the surface and a detachment of the plaster; Water infiltration by capillary rise: due to excessive moisture in the soil surrounding relationship with poor drainage runoff and the presence of leaks in the pipeline easements (no seal).

III-Characterization of Construction Materials

1 - Methodology

Our method of approach is based on a geotechnical and mineralogical study of various construction materials. We took samples in several localities of the palace.



Fig.2 : Example of the ruins of palace El Badia



Fig. 4: Cracking from holes shuttering



Fig. 3: Action by capillary rise

Part of building	Taken samples
Annexe	A1, A4, A5, Ech3
Pavillon vert	PV1, PV4, Ech1
Groupe d'habitation	GH1
Pavillon cinquantaine	PC1, PC4, PC6, Ech2
Bassin	B1, B2

Table1: Situation of samples

The main technologies that have been implemented are the following:

- Granulometric analysis and sedimentometry;
- Test of Atterberg limits;
- Methylene blue;
- chemical analysis and moisture;
- mineralogical characterization;
- mineralogical analysis by x-ray diffraction

2 - Results and discussion

a- Granulometric analysis and sedimentometry

The analysis of the curve shows that for all the samples clarify that the percentage of the clay fraction is <5%. So according to the classification of the LCPC, the soil is defined as an alluvial gravel. But, The only exception is noted for the sample PV1 or that the material is classified as silty sands.

Comparing the curve with the theoretical zone CRATère (International Centre for the construction of land) recommended by (Houben and Guillaurd, 1989) for the mud shows that most samples are not in the zone.

Ech	>2mm	>80µm	<80m	<2µm	L.C.P.C
A1	63.9	85.5	14.5	1.3	**GL**
GH1	91.8	98.8	1.2	0.1	**GL**
PC1	86.1	96.6	3.4	0.3	**GL**
B1	76.1	91.6	8.4	1.6	**GL**
PV1	42.6	83.6	16.4	1.8	**SL**

Table 2 : Classification of samples

b- Test limits Atterberg

The test is realised on the fraction of the material less than 400 µ m. Since the end fraction is a minority at most samples we were able to recover a fraction <µ m to 400 for 2 samples (tab.3).

Echantillon	Limite de liquidité WL%	Limite de plasticité WP %	Indice de plasticité IP %
PC6	48,18	40,86	7,32
A5	46,5	38,9	7,56

Table 3: Percentage of liquidity and plasticity

The testclass mortar (fraction <400 µ m) as a soil plasticity and low grade in the class of soil organic little plastic.

C-Methylene blue

The analyzed samples present values of methylene blue between 0.1 and 0.2 g blue adsorbed to 100 g of dry materials. These values are low and calculating the activity of the clay fraction, which is the ratio between vbs, and the percentage of particles less than 2 µ m, we find that the fraction clay in the soil is inactive. So these clays are insensitive to water.

Localisation	VBS (en g de bleu pour 100g de sol)
PC4	0.174
PV4	0.158
A4	0.217
B2	0.199

Table 4: Value of methylene blue

d- Chemical analysis (calcium carbonate)
The results show that the content of calcium carbonate reduces the basal part toward the summit. The values are between 10 and 30%, which qualifies the ground AFNOR standards as a low marly soil.

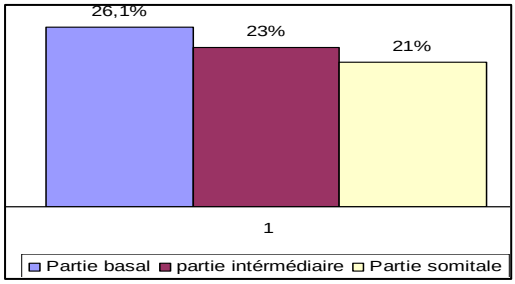


Fig. 5 : Content carbonate

e- Water content
The humidity of wall's level varies between 1 and 4% in the summit and 3 and 8 in the basal part. It decreases from bottom to top and from one flag to another. Several factors control the humidity:

- The state of drainage runoff;
- The presence or absence of other construction adjoining the palace;
- The sun exposure.

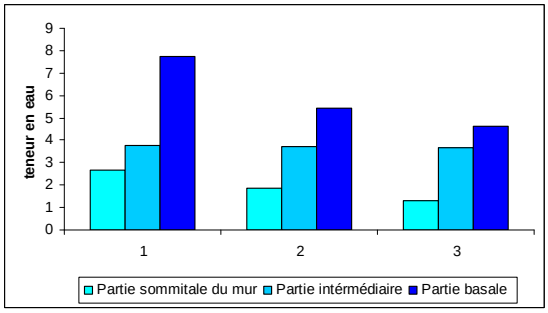


Fig. 6 : Water content in the various parts of the wall

E-mineralogical analysis by x-ray diffraction
The mineralogical analyses by x-ray diffraction, powder on the rock total, confirmed the results of the geotechnical study and shows a lack of minerals blowing. We note the presence of one quarter (49%), 2% da calcite, feldspars (3%) and clay minerals not blowing (43%), distributed as follows: vermiculite (30%), chlorite (20%) and illite (50%).

IV- Conclusion

This study has identified the various pathologies afflicting the palace of El Badia (biodegradation and structural deterioration of water).
Any restoration should take into consideration the origin of the degradation to remedy the situation. To do so, certain measures are necessary:
Increase the tightness of pipes;

- Protection peaks walls;
- Treatment soil near the walls;
- Management of¬ rainwater;
- Repair of drains, basement.

The size and Atterberg Limits show that the construction material is a serious silty cemented by a mortar little plastic. The percentage of the clay fraction does not exceed 5%, which makes cohesion between small grains and the material is drained and s'essore easily.
Comparing the sieve with the theoretical zone CRATerre shows a misallocation of different fractions. It is a material showing a high risk of disorder and decay.
The wall humidity decreases from bottom to top and from one flag to another. It depends on the condition of drainage runoff and isolated nature of the flag or not.

Bibliographie

A. Acharhabi, A Lahbabi, El Mouedden 1999 : Analyse de l'influence des trous de coffrage sur le comportement mécanique des remparts
M, Hamid Triqui, M. Mohamed Ayeb1999: Impact de l'environnement sur les monuments historiques
M. Ibnoussina, F. Cherradi, O. Witam, Z. Sekkat, M. Ayeb 2004: Analyse géologique et géotechnique du pisé dans les remparts de Marrakech. Marrakech, Maroc
M. Ibnoussina, F. Cherradi, M. Ayeb, El. M. Aarab : Caractérisation des matériau d'origine géologique ett identification des pathologie d'un édifice historique cas de la Qoubba des Almoravides Marrakech, (Maroc).

BIOALTERACIÓN DE CALCARENITAS EN CLIMA SEMIÁRIDO: EL PUENTE VIEJO DE ELCHE.

M. A. García-del-Cura[1,2] , B. Cámara[3], A. de los Ríos[3], M. Louis[2,4], C. Ascaso [3]

[1] Instituto de Geologia Económica CSIC-UCM
[2] Laboratorio de Petrología Aplicada. Unidad Asociada CSIC-UA.
[3]Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC)
[4] Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Universidad de Alicante.
angegcura@ua.es[1], bcamara@ccma.csic.es[3], arios@ccma.csic.es[3], Miguel.Louis@ua.es[4]
ascaso@ccma.csic.es[3]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE

Resumen
Una biocolonización importante por líquenes y hongos no liquenizados sobre calcarenitas se desarrolló en menos de 40 años en un medio semiárido en zonas favorables de retención de humedad en los elementos decorativos del Puente Viejo de Elche (España), especialmente en la capilla dedicada a Nuestra Señora de la Asunción. Dicha biocolonización presenta un patrón, relacionado con las características textoestructurales de la roca, especialmente con la porosidad interpartícula, que se expone en este trabajo. Los talos liquénicos están muy estrechamente unidos a la piedra y las hifas del micobionte que penetran en ella ejercen una importante función promotora de disgregación granular.

Palabras clave: colonización liquénica, colonización fúngica, roca carbonática, bioalteración, disgregación granular.

Introducción:

El puente Viejo, Puente de la Virgen o Puente de Stª Teresa de Elche es una construcción de estilo tardogótico que se comenzó en 1705 y finalizó en 1756, se construyó para salvar la barrera que impedía el crecimiento del pueblo en el siglo XVIII.

El puente está formado por dos arcos apuntados de sillería con pilastra central que incluye tajamar. Sobre la pilastra central del puente se encuentran las capillas de San Agatángelo en el sur y la de Nuestra Señora de la Asunción en el norte. Los arcos se apoyan en el pilar central y en las orillas del río fuera de su cauce. Todas las caras externas de los arcos, la pila y el tajamar están realizadas en sillería, utilizando mampostería concertada en los entrepaños y rellenándose el interior de las fábricas (trasdós de los arcos) con nuevo material (zahorra) en la última restauración de 2005.

A principios de los 70 se realizó una sustitución de la piedra de las capillas situadas encima del puente. La biocolonización de dicho material es el objeto de estudio de este trabajo.



Figura 1: Puente Viejo de Elche mostrando las capillas de San Agatángelo y la Asunción (por la parte posterior). 14 de Abril de 2008.

En el año 2005 se realizó una intervención que ha sido científicamente documentada (Louis et al. 2005), en la cual se realizó una eliminación de las eflorescencias salinas que tenían gran desarrollo en las bóvedas y cara S del Puente, no obstante en 2007 y 2008 gran parte de las eflorescencias han vuelta a reaparecer, especialmente en la bóveda. En los laterales se observa una menor intensidad de la presencia de las eflorescencias y/o costras salinas en algunas zonas próximas a los respiraderos instalados. Las eflorescencias salinas presentes sobre el Puente Viejo de Elche en su cara sur estaban constituidas por sulfatos, cloruros y nitratos de sodio, potasio, magnesio y calcio, siendo mayoritarios los iones sulfato y sodio, y escasos calcio y nitrato, mientras que en la bóveda las eflorescencias estaban formadas básicamente por sulfato sódico. (La Iglesia et al. 2004).



Figura 2: Fotos de la zona frontal de la capilla de la Asunción.14 de Abril de 2008, A-vista general , B-detalle.

Con anterioridad a dicha intervención se hizo un muestreo en la capilla de la Asunción, en la zona próxima a la hornacina donde se encontraba piedra que presentaba abundantes rasgos de biocolonización, cuyos resultados se presentan en esta comunicación. Actualmente es la zona del tejadillo la que aparece mas colonizada, como puede verse en la figura 2B.

Elche se encuentra al Sur de la comunidad Valenciana (38°16′01″N, 0°41′54″O y 86 metros sobre el nivel del mar). Los datos climáticos del periodo 1971-2000 del observatorio próximo son: Temperatura media mensual/anual 17,8ºC. Temperatura máxima: media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias 23,1ºC. Temperatura mínima: Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias 12,6ºC. Estacionalmente 26ºC es la temperatura media en verano y 17ºC en invierno. Media de precipitaciones en dicho periodo 336 mm/ Año.

Materiales

El material utilizado en la construcción de la zona frontal de las capillas es Piedra Bateig, que por sus características petrográficas (Ordóñez et al. 1994) puede considerarse de la variedad Azul. Es una roca que puede clasificarse como biocalcarenita o caliza fosilífera arenosa procedente del término de Elda que por su comercialización realizada históricamente en Novelda queda incluida en la denominación de Piedra de Novelda (Ordóñez et al. 1997). Esta roca puede presentar variadas estructuras sedimentarias (Gibert & Goldring 2007), pero en el caso que nos ocupa es considerablemente homogénea.

En esta calcarenita o caliza aloquímica predominan los fósiles principalmente foraminíferos y en especial globigerínidos, conteniendo también braquiópodos, equinodermos, algas rojas y espículas de esponja, entre otros. Cuarzo y feldespato detríticos y dolomita están en proporción variable, así como filosilicatos. Dentro de esta fracción de filosilicatos, que puede llegar a alcanzar del 5 al 10% de la roca, se han identificado micas y en mucha menor cantidad esmecticas y paligorskita. (La Iglesia et al. 1998). Filosilicatos neoformados (principalmente

glauconita s.l.) aparecen rellenando porosidad intrapartícula de los fósiles. Así mismo se ha identificado pirita con ayuda del MET.

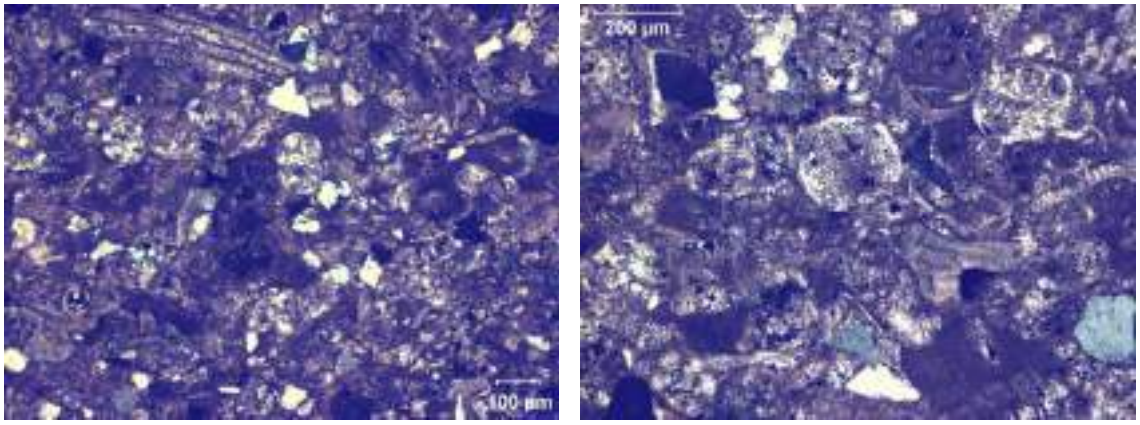


Figura 3: Fotomicrografías de microscopio óptico de transmisión con nícoles cruzados de Bateig Azul, material sobre el que se han desarrollado las biocolonizaciones estudiadas.

Metodologia

La roca fue estudiada por microscopia de luz transmitida en secciones delgadas de 30 µm cuya mitad fue teñida con una disolución ácida de alizarina roja S (que tiñe la calcita de rojo). Dichas secciones se examinaron mediante un microscopio de luz transmitida Zeiss Axioscop.

Pequeños fragmentos de roca fueron preparados para observar la interfase microorganismo-roca a través del microscopio electrónico de barrido en modo de electrones retrodispersados (SEM-BSE) y por espectroscopia por energía dispersiva de rayos X (EDS) siguiendo un procedimiento especial "técnica SEM-BSE" descrito por Wierzchos y Ascaso (1994). En primer lugar se lleva a cabo la fijación de los fragmentos de roca con glutaraldehido (3.25% en tampón cacolidato 0.05M), seguida de una fijación con tetróxido de osmio (1% en tampón cacolidato 0.025M). Después de una deshidratación en una serie creciente de soluciones etanol, las muestra fueron incluidas en resina LR-White, finamente pulidas y recubiertas con carbón. Finalmente, las superficies pulidas de las muestras fueron observadas utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM) Zeiss DMS 960 equipado con un detector semiconductor de electrones retrodispersados (BSE) y con un sistema microanalítico ISIS Link EDS.

Resultados y Discusión

Se observó una biocolonización extensiva en las biocalcarenitas de la capilla de Nuestra Señora de la Asunción, tanto en la superficie como en zonas mas internas de la piedra, pudiendo alcanzar profundidades de penetración superiores a un cm. Esta colonización, llevada a cabo principalmente por hongos y líquenes crustáceos, no solamente ha tenido lugar aprovechando la porosidad interpartícula (flechas negras en Fig 4), sino también la porosidad intrapartícula (flechas blancas en Fig. 4) correspondiente a fósiles, desde la superficie hasta cierta profundidad. Los talos liquénicos se observan muy estrechamente unidos a la piedra. Hifas del micobionte que aparecen penetrando en ella ejercen una importante función promotora de la disgregación granular, puesto que asociados a ellas, y sobre todo en aquellas localizadas en la porosidad interpartícula, aparece numeroso material microdividido (Figs. 4B-C). La observación de hifas con numerosos cuerpos lipídicos en su interior y que no están asociados a células algales indica la posible existencia de otros hongos distintos al micobionte. Estos hongos no liquenizados se han detectado especialmente a cierta profundidad de la superficie y colonizando tanto la porosidad interpartícula como el interior de fósiles (porosidad intrapartícula) (Figs. 4D-E). Bajo la zona de colonización extensiva de líquenes epilíticos, la biocolonización que se observa es una colonización fúngica asociada preferentemente a la

porosidad intrapartícula de los fósiles. Las caracteristicas de textura se han mostrado también muy influyentes en las estrategias de colonización fúngica en otras rocas carbonáticas como dolomías (Cámara et al. 2008).

En este caso, la tipología de la porosidad de estas biocalcarenitas de la capilla de Nuestra Señora de la Asunción, ha determinado el patrón de biocolonización, la cual está asociada tanto a la porosidad interpartícula como intrapartícula. La alta porosidad interpartícula ha permitido que la biocolonización llegue a producirse hasta profundidades superiores a un cm. Asociada a esta tipo de colonización interparticula y en especial a la presencia de líquenes epilíticos es donde se observa una biolateración mayor. La alteración de la roca por acción de talos liquénicos u hongos de vida libre es un fenómeno común en distintos tipos de roca del Patrimonio arquitectónico (Warsheid & Brahms, 2000; Ascaso et al., 2004; Burford et al. 2003).

Posteriormente a la restauración y consiguiente limpieza de la piedra (2005) se han desarrollado procesos de biocolonización en las zonas favorables (zonas de mayor retención potencial de humedad) en un corto periodo de tiempo como puede verse en la figura 2.

Conclusiones

En un espacio de tiempo relativamente corto (< 40 años) y en un clima semiárido, se ha desarrollado una biocolonización relativamente importante que cubrió gran parte de la superficie pétrea del frontal de la capilla de Nuestra Señora de la Asunción, siendo cuantitativamente muy diferente esta colonización de la desarrollada en el frontal de la Capilla de San Agatángelo, realizada con el mismo tipo de material pétreo: calcarenitas tipo Bateig Azul. Este hecho nos lleva a pensar en la influencia del microclima desarrollado como resultado de la interrelación de la climatología local y la presencia y características de las construcciones.

La biocolonización, ha tenido lugar principalmente por líquenes y en menor proporción por hongos de vida libre. Los hongos no solamente han aprovechado la porosidad interpartícula, sino también la porosidad intrapartícula correspondiente a fósiles próximos a la superficie.

Los apotecios están irregularmente distribuidos lo que previsiblemente disminuye su acción protectora.

Las hifas de los hongos han ejercido una importante función promotora de la disgregación granular, que ha tenido lugar en la superficie de la piedra colonizada.

Agradecimientos.

Este estudio se enmarca en el Proyecto MATERNAS (S0505-MAT/000094) subvencionado por la Comunidad de Madrid

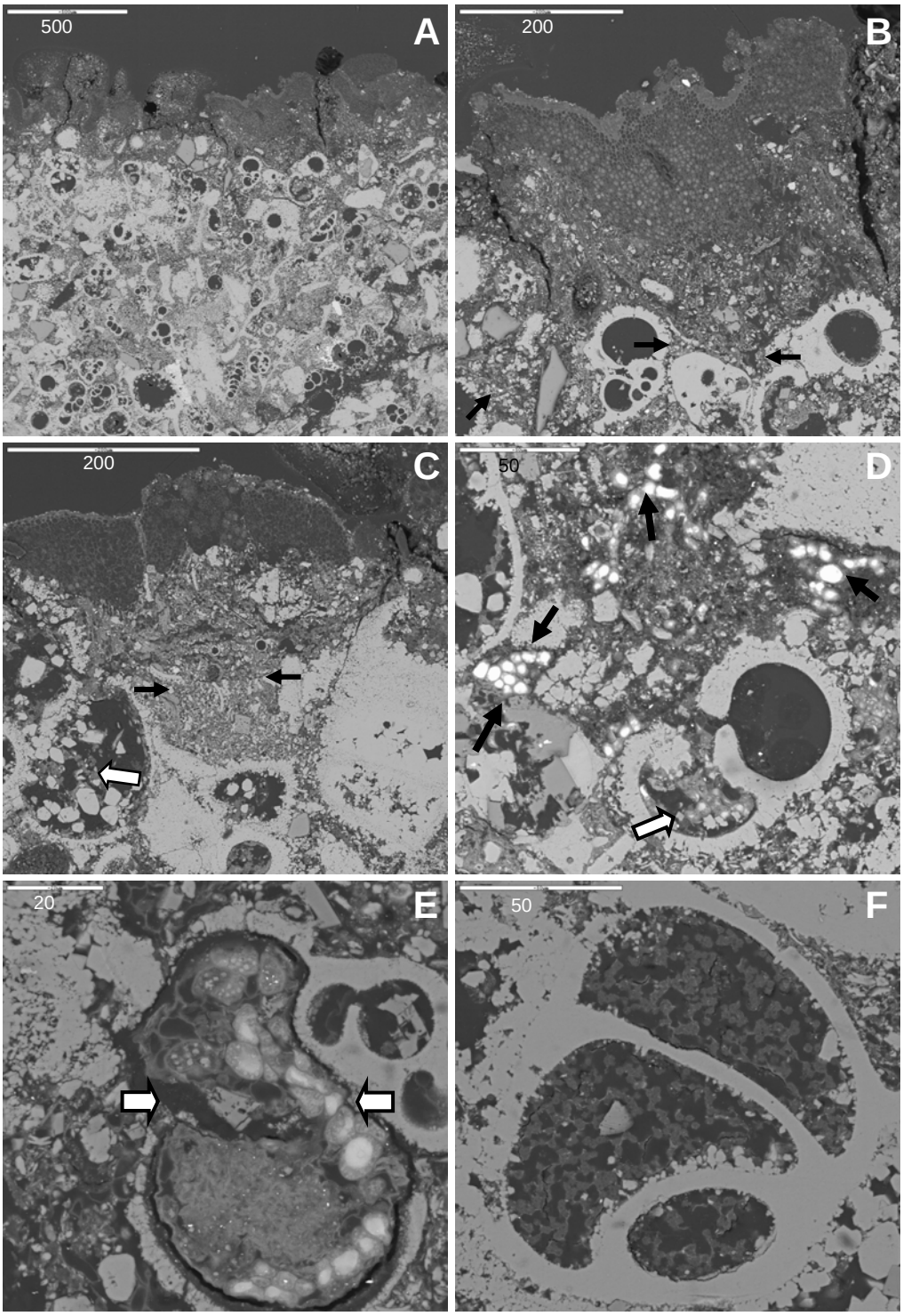


Fig. 4 (A-F) Imágenes SEM-BSE mostrando la biocolonización de calcarenitas A) Vista general donde se observa una extensiva colonización por líquenes epilíticos crustáceos; B-C) Imágenes de detalle de talos liquénicos, como los observados en A, mostrando la penetración de las hifas del micobionte a través de la porosidad interpartícula (flechas negras) y a través de la porosidad intrapartícula (flechas blancas); D-E) Imagen de hongos no liquenizados asociados a la porosidad interpartícula (flechas negras), y situados en el interior de los fósiles (flechas blancas); F) Imagen donde se muestra el interior del fósil colonizado por hongos.

Referencias

Ascaso, C., García del Cura, M. A., de los Ríos, A. (2004). Microbial biofilms on carbonate rocks from a quarry and monuments in Novelda (Alicante, Spain). In: L.L. St. Clair, M.R.D. Seaward (eds.) Biodeterioration of stone surfaces. Lichens and biofilms as weathering agents of rocks and cultural heritage; pp. 79-98. Dordrecht: Kluwer Academic Press.

Burford, E.P. Fomina, M., Gad, G.M. (2003). Fungal involvement in bioweathering and biotransformation of rocks and minerals. Mineralogical Magazine 67 (6); pp. 1137-1155.

Cámara, B., De los Ríos, A., García-del-Cura, M.A., Galván V., Ascaso, C. (2008): Biorreceptivity of dolostones to fungal collonization. Materiales de Construcción, Volumen 58 (289-290); pp. 113 -123.

Gibert, J.M., Goldring, R: (2007). An ichnofabric approach to the depositional interpretation of the intensely burrowed Bateig Limestone, Miocene, SE Spain. Sedimentary Geology, Volume 194, 1-2; pp. 1-16.

La Iglesia, A., García del Cura, M.A., Ordóñez, S., Bernabéu, A. (1998). Estudio de los filosilicatos de la "Piedra Bateig" (Neógeno de la Provincia de Alicante). Geogaceta, 23: pp. 79-82.

La Iglesia, A., Louis, M., Bernabéu, A., García del Cura M.A. (2005). Eflorescencias salinas en monumentos en clima semiárido: el Caso del Puente Viejo de Elche (Alicante). Macla 3: pp. 115-116.

Louis, M., García del Cura, Mª. A., Bernabéu , A., La Iglesia A., Spairani,Y. , Huesca, J.A., Prado, R. (2006). The Restoration of a stone bridge in semiarid environment: Puente Viejo of Elche (SE Spain). Heritage, Weathering & Conservation. Fort, Alvarez de Buergo, Gómez-Heras & Vazquez Calvo (Eds) Vol 2; pp. 881-885. Taylor & Francis Group. London. Balkema.

Ordoñez, S., García del Cura, M.A., Fort, R., Louis, M., Lopez de Azcona, M.C. & Mingarro, F. (1994). Physical properties and petrographic characteristics of some Bateig stone varieties. Proceedings of the 7th Congress of Int. Association of Engineering Geology. V; pp. 3595-3603.

Ordóñez, S., García del Cura, M. A., Bernabéu, A., Rodríguez, M. A. (1997). Rocas ornamentales porosas del Mioceno marino de Levante (Alicante-Murcia-Albacete). En "Avances en el conocimiento del Terciario Ibérico": pp. 141-144. J. P. Calvo y J. Morales eds. Universidad Complutense. Madrid

Warscheid, Th., Braams, J. (2000): Biodeterioration of stone: a review. Int. J. Biodet. Biodegr. 46; pp. 343-368.

Wierzchos, J., Ascaso, C. (1994). Application of back-scattered electron imaging to the study of the lichen-rock interface. Journal of Microscopy 175; pp. 54-59.

PROPUESTA DE METODOLOGÍA CIENTÍFICA PARA LA CARACTERIZACIÓN CONSTRUCTIVA DE FÁBRICAS DE TAPIAL EN LOS ESTUDIOS PREVIOS. SU APLICACIÓN LA MURALLA DE SEVILLA EN EL TRAMO DEL JARDÍN DEL VALLE

A. Graciani
Dpto. de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes 4, 41012 Sevilla, España

agracianig@us.es

ÁREA TEMÁTICA: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

El Proyecto I+D+I BIA2004-01092, denominado *Propuestas de Mantenimiento, Evaluación y Restauración de Edificios e Infraestructuras Urbanas en fábricas de tapial en la Provincia de Sevilla*, y financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, pretende, en último término, ofrecer unas metodología de intervención adaptada a las necesidades de las correspondientes fábricas [1]. En el marco de dicho proyecto, se ha generado un protocolo de estudios previos (constructivo y material) sobre fábricas de tapial [2], que, por su interés, merece ser considerado en procesos de intervención y puesta en valor de este tipo de construcciones, ya que sin duda puede facilitar la toma de decisiones proyectuales singulares para cada caso particular, evitando que la fábrica pierda la información constructiva que transmite y se convierta en un mero cerramiento, anodino desde el punto de vista constructivo y material. En esta comunicación, se aplica dicho protocolo a los restos existentes de un tramo de la muralla de Sevilla, en el lado nororiental del casco histórico, que se corresponden a unos 250 m. lineales, de trazado recto pero distribuidos en un quiebro de 90 grados y jalonados por cinco torres (a las que se sumarían otras dos desaparecidas) y en los cuales no queda visible la cimentación original [3]. El tramo esta precedido por una zona, parcialmente libre, conocida como Jardín del Valle, por haber sido usado como tal por parte del colindante Colegio de Religiosas de igual nombre, zona que desde comienzos de la década de los ochenta es de propiedad municipal, y que en el siglo XVIII estuvo ocupado por uno de los edificios de la fábrica de Salitre (construida en 1762 y en funcionamiento hasta 1844).

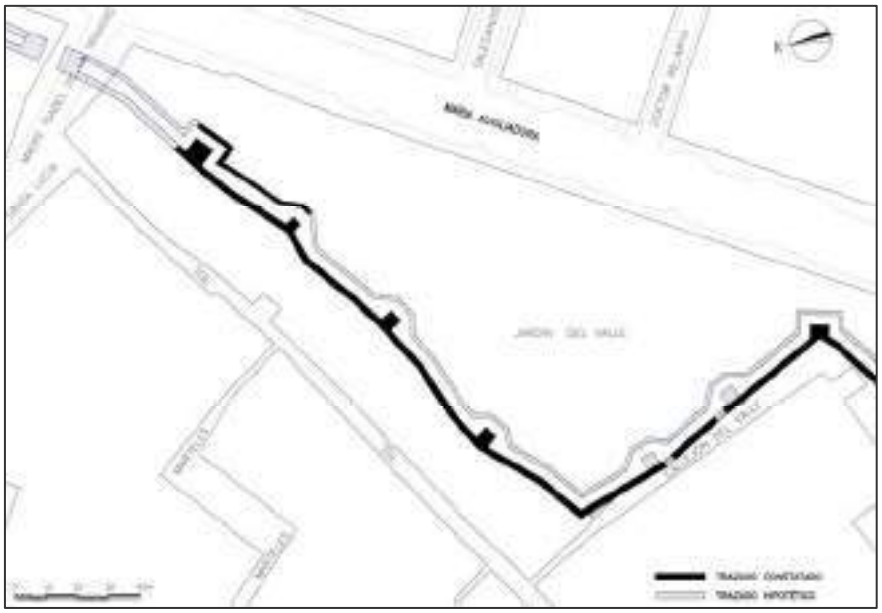


Figura 1.- *Plano de ubicación de la Muralla del Jardín del Valle*

Este tramo, realizado, como el resto de la muralla, en fábrica de tapial, corresponde a dos momentos bien diferenciados. El primero, según Tabales, Valor y otros autores, se encuadra durante el reinado de los califas almohades Abu Yacub Yusuf y Abu Yusuf Yacub (1150-1199), aunque no falta la polémica al respecto argumentando su adscripción almorávide, en la tercera y cuarta década del siglo XII [4]; de éste momento, se conservan seis hilos construidos hasta la línea del adarve primitivo, así como el almenado original, con merlones rectangulares, sin albardilla, embutido en la obra de una segunda fase, que tuvo lugar cuando, en la primera mitad del siglo XIII, Abu Yacub Yusuf al-Mustansir (1213-1224) reformó la muralla de Sevilla para construir el foso y la barbacana, arrasada en la zona en los niveles del freático [5]; a esta segunda fase corresponde el cegamiento del almenado original, el recrecido de la muralla con un nuevo parapeto con troneras de 48 x 32 cm. [6], superando el resultado final de la fábrica los 8 m. de altura [7].

La selección de este tramo a la hora de aplicar el protocolo de análisis se justifica por mantenerse inalterado (en mayor o menor medida) parte de su alzado interior, en concreto el correspondiente a la Calle Sol, donde el tramo aparece embutido en el caserío urbano [8], mientras tramos y torres del paramento extramuros y parte del tramo intramuros (el del Callejón del Valle) han sido objeto de intervenciones de consolidación y restauración en la década de los ochenta, actuaciones que, pese al buen criterio de sus responsables, adecuadas al momento y al conocimiento que sobre la técnica se disponía en la época, han generado una pérdida parcial de la información constructiva que estos restos podrían haber desprendido. De hecho, el tramo de muralla del Jardín del Valle fue restaurado en dos fases entre enero de 1986 y febrero de 1989 por parte del Departamento de Arquitectura de la Gerencia Municipal de Urbanismo del Excmo. Ayuntamiento de Sevilla con una inversión total de 68.256.704 ptas y con J. García Tapial y J.M. Cabeza Méndez en la Dirección Técnica, quienes dejaron constancia escrita de dicha actuación [9]. Ésta, que, así mismo conllevó el acondicionamiento de los jardines preexistentes y la apertura de una calle peatonal “sobre el trazado de la antigua calle Muro del Valle, perdida hacía un siglo, se enmarcaba en un conjunto de actuaciones que, en pro de la recuperación de la cerca islámica, desde la década de los ochenta, había desarrollado la Gerencia de Urbanismo, centrada en una triple línea de actuación - arquitectónica, historiográfica y arqueológica [10]; en este último ámbito, la intervención motivó el ya referido estudio arqueológico de Moreno, Vera y Campos como apoyo a la restauración y para profundizar en el estudio de la cerca, que fue realizado en 1986 sobre 315 m. de muralla comprendidos entre las Puertas del Sol y Osario. Al margen de la actuaciones de reconstrucción sobre las torres, se procedió a consolidar los lienzos; continuando con la línea emprendida en los lienzos de la Macarena y Casa de la Moneda [11], se procedió al rebaje de la fábrica, y tras construir encofrados similares a cómo debían haber sido los originales, se fueron incorporando tongadas de 10 cm. de altura, convenientemente apisonada, de argamasa compuesta por fragmentos triturados de la fábrica rebajada, con cuatro partes de cal, cinco de arena y siete de grava, de al menos 25 mm. de diámetro, siendo 30 cm. el espesor mínimo de la refracción. Esta refracción que evidentemente es la base de la generación del sector, de su conservación y de haber sido recuperado del deterioro en que se encontraba nos impide sin embargo hoy conocer ciertos aspectos del proceso de ejecución, más fácilmente apreciables en el haz opuesto, es decir, el que queda al fondo de las viviendas de la Calle Sol.

El estudio constructivo, que se ha realizado analizando los tres parámetros básicos incluidos en la propuesta planteada por Graciani (2008) [12], previamente esbozada por Graciani y Tabales (2003) [13] (ejecución, caracterización material y métrica), y abogando por una correcta terminología descriptiva [14], ha evidenciado que entre las fábricas de ambos periodos existen diferencias métricas, pero similitudes constructivas (al tratarse de un tapial monolítico, sin encadenados y con tongada del cal en el contacto entre hilos) y materiales (árido de grava, sin duda a consecuencia de la proximidad del río); la información obtenida ha sido contrastada con la procedente de diferentes intervenciones arqueológicas y de restauración efectuadas en el sector del Valle (Moreno, Vera, Campos, 1986), en María Auxiliadora núms. 37 (Ortega 1999; Pozo 2000) y 39 (Herce 1996), en el sector de Santa Catalina (C/ Concepción 2, García-Tapial y Cabeza, 1999), en las medianeras traseras de diversas viviendas pares de la Calle Sol (en los números 124, 130 [15] y, la más reciente, en el 122) [16], y de otros trabajos realizados por el grupo de investigación BIA 1092-2004 sobre fábricas de tapial coetáneas.

I.1. Características constructivas (ejecución)

1.1.1. Características de la fábrica del primer proceso constructivo

a) *Estructura.* Se trata de un tapial monolítico o simple, en el que los hilos de tapias (cajones monolíticos) se superponen sin articulación vertical de refuerzo y de forma directa. A diferencia de ello, como en todas las torres del recinto amurallado de la ciudad, en el cuerpo superior de las torres adosadas al tramo objeto de estudio, se dispone una marlota de ladrillo, que convierte a estas fábricas en uno de los primitivos tapiales verdugados del ámbito sevillano.

b) *Elementos y evidencias del encofrado (tapial).* El desprendimiento del revestimiento original de la fábrica localizado en los diferentes estudios arqueológicos realizados permite visualizar algunos mechinales en aquellos puntos en que la madera de las agujas se ha podrido; aunque en el alzado recientemente estudiado (C/ Sol 122) no se han apreciado restos de agujas embutidas en la fábrica, cabe pensar que en trabajos previos una observación más minuciosa de los mechinales originales podría haber aportado interesantes datos al respecto. A partir de los mechinales, que con máxima claridad hemos podido analizar en el paramento Oeste de C/ Sol 122 (por ejemplo, en el cajón central del cuarto hilo) sabemos que se utilizaron agujas de tabla plana, en principio más evolucionadas que las de rollizo por estar perforadas en sus extremos para introducir los costales de los aros y que aparecen también en otros recintos amurallados almohades, por ejemplo el Marchena. En cualquier caso, y aunque la mayor sección que presentan algunos mechinales de la fábrica puede interpretarse por el incremento generado por el deterioro histórico y de la pérdida del calicastrado de protección en estos puntos, no se descarta el empleo simultáneo de este tipo de agujas y de las de rollizo, dado que en otros tramos de la muralla (por ejemplo en La Macarena) ambas soluciones coexisten. Tal simultaneidad implicaría que, aunque se ha producido ya la mejora del tapial (cajón de encofrado) que implica que en los extremos de las agujas de tabla plana se perforan para introducir los costales de los aros.

   En cualquier caso, el escaso rebaje que las agujas planas precisan en la cara de tabla del cajón inmediato al que va a ser ejecutado puede justificar que sean tan escasos los mechinales apreciables en la fábrica. Dado que las agujas planas, que, con ellas, conforman cada aro del tapial o molde de encofrado se asocian a la ejecución del tapial con medias agujas, cabe presuponer que en el tramo objeto de estudio no se utilizaron agujas pasantes sino de este tipo, lo que es perfectamente posible porque esta solución se aplica en época almohade a recintos amurallados de significativo espesor. No obstante, al no haber pérdidas significativas de argamasa no es posible identificar elementos asociados a este tipo de agujas, como cuerdas y clavos de madera, que permitirían aseverar con claridad su tipología.

   La separación entre agujas, que oscila entre 70 y 110 cm., evidencia un incremento respecto a los 50 cm. de separación de los tapiales más tempranos localizados en la ciudad, facilitando así el apisonado al tapiador; responde así a la tendencia que se evidencia en otras construcciones almohades de Sevilla. Tal incremento ha de valorarse como un avance técnico más en la técnica del tapial, que coincide con otros importantes logros del periodo con relación al molde de encofrado. La posición de la aguja con relación al contacto entre hilos responde a la solución más simple: la del mechinal rebajado y enrasado en la tabla de asiento del cajón superior con vertido de fina tongada de cal apisonada (0.03-0.02 m.) sobre la aguja, después de picar la cara de tabla del cajón inferior. Esta tongada, que se aplicaría una vez desencofrado en cajón y colocadas las agujas del nuevo tapial (antes de montarlo) tendría como finalidad principal mejorar la adherencia entre los cajones de argamasa, al tiempo que nivelaría la superficie de asiento, fortalecería el cajón en su arranque y contribuiría al ajuste de las agujas rellenando los intersticios del rebaje no cubiertos por ellas. Esta solución, que evidentemente resultaría más lenta a mayor dureza de la argamasa, y por tanto a mayor proporción de cal, se facilita enormemente por la sección plana de las agujas empleadas; esta solución, que como se ha indicado, es la más antigua y la más simple, coexiste en otras partes de la muralla con aquella, más evolucionada.

La dificultad a la hora de apreciar las juntas verticales de encuentro entre cajones, impide establecer la posición de la aguja respecto a dichas juntas. Por último, debe también considerarse la posición de la aguja respecto a la junta vertical de encuentro entre cajones ya que los remates latericios contiguos a una junta vertical de encuentro de dos cajones continuos del hilo superior permitirán deducir el sentido de la construcción.

1.1.2. Características de la fábrica del segundo proceso constructivo

No se aprecian diferencias tipológicas respecto a la fábrica original ni en el contacto entre hilos. Sólo se aprecian diferencias en los merlones, en su remate (en éstos en albardilla piramidal de ladrillo, generalmente muy perdida [17]) y también en la utilización de una verdugada para regularizar el asiento del remate sobre bajo el relleno de los merlones primitivos y en algunos puntos del haz Oeste, nivelando el arranque del nuevo recrecido.

Con relación al proceso de ejecución y los medios empleados en el almenado (cegamiento del almenado previo y construcción del nuevo) caben las dos consideraciones siguientes. La primera que, dada la escasa anchura del almenado previo y el corto espesor de la fábrica, para ejecutar su cegamiento, el tapiador apisonaría la mezcla desde la parte superior del merlón contiguo. En segundo lugar, con relación al nuevo almenado, Por la anchura de los merlones y las longitudes de los tapiales de encofrado y la huella de las agujas, cabe pensar que con un mismo cajón se construían dos merlones, mediante la distribución de fronteras delimitando sus extremos y que, desde una misma almena, podría ejecutarse el apisonado de la argamasa dos merlones contiguos. Una vez cegadas las almenas previas, se construyó en nuevo parapeto con almenas de igual altura a la dimensión del cajón de modo que, considerando que la longitud de los cajones supera los 2 m. con un mismo cajón de encofrado se construirían tres merlones, generando las dos almenas que quedarían entre ellos, disponiendo –además de las fronteras externas- las otras cuatro interiores que serían necesarias para ejecutar las tres almenas. En este caso, desde el espacio previsto para las almenas, el tapiador realizaría el apisonado de la argamasa así como la colocación de la hilada latericia de remate, sobre la que se dispondrían las albardillas piramidales. Probablemente, para facilitar la ejecución y la labor de apisonado, el nuevo almenado se ejecutó con mayor longitud de merlón que el previo, generando una falta de correspondencia entre la cadencia de ambos almenados.

I.2. Características materiales

La información obtenida a través de la inspección visual de los componentes materiales y el revestimiento de la fábrica se corrobora y amplía con la proporcionada por con los resultados del estudio analítico (químico, mineralógico, textural y de determinación de propiedades hídricas y mecánicas) que, siguiendo el protocolo de caracterización establecido en el marco del Proyecto BIA 1092-2004 por el Equipo de Trabajo del Área de Caracterización de Materiales de dicho Grupo de Investigación, ha sido realizado por los doctores Alejandre y Martín sobre dos muestras extraídas en el tramo de muralla de Calle Sol 122, correspondientes cada una de ellas a la fábrica de uno de los dos periodos que se evidencian. Sus resultados, que los autores presentan en este mismo Congreso, permiten obtener información sobre los materiales y componentes de la argamasa y sobre el proceso de ejecución, poniendo en evidencia la altísima calidad de estos tapiales. En consecuencia, se trata de *tapias mejoradas* (no de tierra), cuyas propiedades se mejoran al incorporar aditivos, concretamente la cal como conglomerante y fragmentos cerámicos como áridos, junto a un predominio de grava media y menuda, sin duda a consecuencia de la proximidad del cauce fluvial. La incorporación de cal en la argamasa, habitual desde época prealmohade en la tradición constructiva del entorno, permite mejorar la durabilidad de la fábrica y su comportamiento ante el agua, en este caso necesaria por la proximidad del río y el elevado nivel del freático; sus niveles, determinados por los índices (porcentajes) de carbonato cálcico obtenido con el calcímetro de Bernard, contrastados con el contenido de fracción insoluble en ácido clorhídrico del tapial, permite calificar estas tapias como aceradas o reales. El análisis de las propiedades físicas (densidad real, densidad aparente y porosidad accesible al agua) indica la cantidad de agua de amasado (para hacer la argamasa más trabajable) y el cuidado puesto en la ejecución; sin embargo, unos valores menores de agua de amasado respecto a otras muestras estudiadas por los autores (por ejemplo, en la Muralla de Marchena) puede vincularse al mayor calibrado de los

áridos y puede vincularse a la alta resistencia a compresión que se desprende en una de las muestras analizadas.

Sin embargo, no se han realizado análisis sobre los restos de revestimiento que quedan en la fábrica, que obedecen a dos realidades: una calicostra de 2 a 3 mm. de espesor que permite calificar a este tapial como *calicostrado*, y que sería ejecutada en paralelo a la propia fábrica al ir arrimando cal a los tableros, y, en segundo término, a revestimientos posteriores que exigieron la incorporación de clavos o fragmentos cerámicos para mejorar la adherencia del revestimiento.

I.3. Características métricas

En su altura, los tapiales se ambos procesos difieren entre sí, siendo los de la primera de 88 cm. de altura y los de la segunda 90 cm. Este incremento puede considerarse como resultado de la utilización de una nueva medida, el codo mammuní (47 cm.), que condicionaría las dimensiones del encofrado. En la longitud de los cajones, se aprecian variaciones de 2,15 a 2,50 m. La fábrica presenta un espesor de 1,85 cm. y, a partir de los puntos en que la cimentación en doble zapata se aprecia, se supone que en su arranque la fábrica alcanza los 2,15 m. El espesor del parapeto y del almenado original sería semejante a los 0,45 del recrecido posterior.

Conclusiones

Los avances en el conocimiento de la técnica del tapial y los progresos tecnológicos en su desarrollo histórico exigen a los restauradores de este tipo de fábricas de una conciencia especial sobre la irreversibilidad de alguno de los procesos de intervención y sobre la necesidad de llevar a cabo estudios previos con una metodología científica, sistemática y comparativa a partir de una detallada inspección visual sobre los mechinales (disposición, dimensiones y tipo de aguja) y los cajones de tapia (dimensiones y encuentros) y los estudios de caracterización material.

Referencias

[1] A. Graciani, “El Proyecto de I+D (2004-2007) BIA2004-01092: Propuestas de Mantenimiento, Evaluación y Restauración para la Rehabilitación de Edificios e Infraestructuras Urbanas con Fábricas Históricas de Tapial en la Provincia de Sevilla”, *Actas de las I Jornadas de Investigación en Construcción*, Amiet, Instituto Eduardo Torroja, Madrid, 2005, pp. 199-211.

[2] Este Protocolo de Actuación está aún inédito a excepción del Protocolo de Caracterización Material (A. Graciani, M.Á. Tabales, F.J. Alejandre, Á. Barrios, M.R. Rodríguez, M. Ponce, “Revisión crítica de las analíticas sobre las fábricas de tapial en la muralla islámica de Sevilla”, *Actas de las I Jornadas de Investigación en Construcción*, Amiet, Instituto Eduardo Torroja, Madrid, 2005, pp. 213-222.

[3] Los restos conservados no dejan al descubierto la cimentación de la fábrica que, por otras intervenciones en las que ha sido detectada (Sol, Macarena, Puerta Real, Valle, Menéndez y Pelayo…) debe ser una doble zapata.

[4] Moreno, Vera y Campos lo consideran almorávide (M.T. Moreno, M. Vera, J.M. Campos, “Investigaciones arqueológicas en las murallas medievales de Sevilla. Sector Jardines del Colegio del Valle”, *Anuario Arqueológico de Andalucía 1986*, Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 285-290).

[5] Según Moreno, Vera y Campos (*ut supra*), a diferencia del tramo comprendido entre el Arco de la Macarena y la Puerta de Córdoba, la barbacana o antemuro, que no localizaron en su intervención arqueológica de 1986, no debió existir, quizás por ser innecesaria al presentar el terreno una magnífica defensa natural y topográfica, con una vaguada y una vía fluvial: no obstante, esta barbacana ha sido localizada posteriormente en tramos inmediatos de la Calle María Auxiliadora (J.P. Herce, en C/ María Auxiliadora 39, 1996 y F. Pozo, en C/ María Auxiliadora 37, 2000) (F. Pozo, “Control arqueológico de obras en Calle

María Auxiliadora nº 37 (Sevilla)", *Anuario Arqueológico de Andalucía 2000,* Sevilla, pp. 1109-1117).

[6] En el sector de la Casa de la Moneda-Torre del Oro también se incorporó el parapeto, mientras en el tramo de la Macarena sólo se recreció un cajón (el correspondiente al almenado previo, sobre el que se construyó el nuevo cajón).

[7] En C/ Sol 124 la altura alcanza 8,60 m. (J. García-Tapial, J.M. Cabeza, "Recuperación de la cerca islámica de Sevilla", en *El último siglo de la Sevilla islámica (1147-1248).* Universidad de Sevilla, Gerencia Municipal de Urbanismo, pp. 82.

[8] Moreno, Vera y Campos lo consideran almorávide (M.T. Moreno, M. Vera, J.M. Campos, "Investigaciones arqueológicas en las murallas medievales de Sevilla. Sector Jardines del Colegio del Valle", *Anuario Arqueológico de Andalucía 1986*, Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 285-290).

[9] J. García-Tapial, J.M. Cabeza, "Restauración de las Murallas del Jardín del Valle", en *Revista Aparejadores*, núm. 26, junio 1988, pp. 26-31; J.M. Cabeza, "Restauración de las murallas de Sevilla", *Arquitectura y Ciudad II y III.* Melilla, 1993, pp. 339-348; J. García-Tapial, J.M. Cabeza, "Recuperación de la cerca islámica de Sevilla",… *op. cit.,* pp. 57-82.

[10] Ó.Ramírez, J.M. Vargas, J.M., "Las Murallas de Sevilla: intervenciones arqueológicas municipales", en *El último siglo de la Sevilla islámica (1147-1248).* Universidad de Sevilla, Gerencia Municipal de Urbanismo, Sevilla, 1995, pp. 83-95.

[11] J.M. García-Tapial, J.M. Cabeza, "Recuperación de la cerca almohade de la ciudad de Sevilla en el recinto de la Casa de la Moneda", *Archivo Hispalense,* núm. 220, Sevilla, 1989, pp 291-298; J.M. Cabeza, "Restauración de las murallas de Sevilla", *Arquitectura y Ciudad II y III.* Melilla, 1993, pp. 339-348; J. García-Tapial, J. y J.M. Cabeza, "Recuperación de la cerca islámica de Sevilla", en *El último siglo de la Sevilla islámica (1147-1248),* Universidad de Sevilla, Gerencia Municipal de Urbanismo, 1995, pp. 57-82.

[12] A. Graciani, "La técnica del tapial en Andalucía Occidental", *Actas de las III Jornadas Técnicas de la Alcazaba de Almería: Construir en Al-Andalus* (Almería, noviembre de 2007), en prensa.

[13] A. Graciani, M.Á. Tabales, M.A., "Typological Observations on tapia walls in the area of Seville. *Proceedings of the First International Congress on Construction History.* Instituto Juan de Herrera (ETSA, UPM), Madrid, 2003, Vol. 3, pp. 1093-1106.

[14] A. Graciani, "Análisis crítico de la terminología sobre la técnica del tapial en la tratadística. Aportaciones a la comprensión de los estudios documentales de la Arquitectura Sevillana", en *Actas del I Congreso Internacional del Centenario del Laboratorio de Arte de la Universidad de Sevilla,* (Sevilla, noviembre de 2007), en prensa.

[15] Corresponden a tramos de 13 y 7 m. de longitud, respectivamente, (J. García-Tapial, J.M. Cabeza, J.M., "Recuperación de la cerca islámica de Sevilla", en *El último siglo de la Sevilla islámica (1147-1248).* Universidad de Sevilla, Gerencia Municipal de Urbanismo, pp. 57-82).

[16] *Proyecto de Reforma General de edificio de Vivienda de Calle Sol Núm. 122,* por PROMOBELL Arquitectura y Promoción S.L. (2007), bajo la dirección de los arquitectos Antonio Ángel Sotés y Antonio Urbano Castillo. Con tal motivo, la arqueóloga Margarita Alba Romero, bajo la dirección de M.A. Tabales Rodríguez desarrolló la *Intervención Arqueológica Preventiva en Calle Sol 122,* para el que realizamos el correspondiente estudio murario, recogido en el informe de la actuación.

[17] Los merlones primitivos de 80 cm. de altura y 75 de anchura y las almenas de 70 cm. Los correspondientes a la segunda fase son más anchos, de 90 cm. y cuadrangulares, estrechándose las almenas a 60 cm.

RECUPERACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL EN REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS DE IGLESIAS EN LA PROVINCIA DE BURGOS

S. Gutiérrez [(1)], C. Junco [(2)], L. Sastre [(2)]

Dpto. de Construcciones Arquitectónicas e I.C.T.
Área de Construcciones Arquitectónicas.
Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, C/ Villadiego S/N, 09001 Burgos, España
sgutierrezglez@hotmail.com [(1)] cjunco@ubu.es [(2)] lsasgon@hotmail.com [(3)]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

RESUMEN:

Las iglesias de la provincia de Burgos han sido y son objeto de interés por parte de los habitantes de sus municipios así como de los visitantes que encuentran en estos edificios la esencia de la tradición y de la vida del pueblo.

Los condicionantes adversos facilitan el empobrecimiento de estos bienes, ocasionando severos deterioros en las cubiertas de las iglesias.

Se ha hecho frente a esta problemática utilizando técnicas tradicionales con madera de armar.

En las más de 500 iglesias rehabilitadas en la provincia de Burgos, se aprecia la belleza y la sencillez que ha permitido hacerlas durables en el tiempo.

PALABRAS CLAVE: Madera de armar; Rehabilitación; Cubierta; Iglesias

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MARCO GEOGRÁFICO Y PROBLEMÁTICA

La provincia de Burgos está formada por 1184 municipios. La mayoría de las iglesias parroquiales son románicas o góticas, con añadidos posteriores renacentistas y barrocos. Su arquitectura es muy simple y las luces entre muros muy reducidas.

Los factores climatológicos, tiempo, uso, materiales y la falta de recursos económicos, así como la ausencia de voluntad política por parte de los poderes públicos, para la conservación del patrimonio, han provocado el deterioro de estas iglesias.

En casi todos los casos la patología de materiales y estructuras inicia su manifestación por las cubiertas. El empuje de las estructuras de madera, (deformadas por goteras, cálculo o ejecución inadecuados), unido a los empujes de las bóvedas sobre los muros portantes, dan lugar a la aparición de grietas en los mismos.




Foto 1.- *Grieta en muro por empuje de bóveda en la iglesia de Vallejimeno (Burgos). Enero 2008*

Surge una problemática en toda la provincia de empobrecimiento de los bienes culturales como las iglesias. El interés de los habitantes de los municipios y las pequeñas ayudas de las administraciones públicas lleva a los vecinos a emprender un proceso de recuperación del arte y de parte de la vida del pueblo.

1.2. REHABILITACIÓN DE IGLESIAS EN BURGOS

El objetivo fundamental es la conservación de la iglesia, tratando de eliminar la problemática de la cubierta, sin necesidad de actuar en el resto de arquitectura, como son los muros de piedra, bóvedas u otros elementos.

Para ello, se emplean métodos tradicionales con madera, con el objetivo de asegurar una durabilidad de la misma, evitando con ello el riesgo de hundimiento de la propia cubierta, que conlleva el del propio templo.

Gracias a este sistema, en Burgos ha sido posible la restauración de más de 500 iglesias.

2. REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS

2.1. EMPLEO DE MADERA PARA RECUPERACIÓN DE CUBIERTAS. MÉTODO EMPLEADO

La madera ha estado presente a lo largo de toda la historia de la civilización.

La propuesta en utilización de madera como método tradicional en la rehabilitación de cubiertas, no afecta al resto de la arquitectura de la iglesia sobre la que se actúa.

La tipología de cubiertas utilizada en la reparación de iglesias de la provincia de Burgos es la de las armaduras de pares. Este tipo de cubiertas funciona perfectamente en edificios con luces entre 6 y 10 metros, como lo son la mayor parte de estas Iglesias.

La gran ventaja de este sistema estructural es el que las maderas trabajan principalmente a tracción y compresión, pasando la flexión a ocupar un papel secundario por la reducida distancia entre los pares. Es imprescindible una correcta ejecución de las ensambles de las distintas maderas y con un número reducido de éstos (barbilla a tope, colas de milano, de caja a media madera o rayo de Júpiter) es posible la resolución de casi todas las estructuras de cubierta de las Iglesias de los pequeños municipios.



Foto 2.- *Ensamble de caja en cola de milano doble y por tabla en aguilón de cubierta de San Llorente (Burgos). Enero 2008*

2.2. MODELOS DE ESTRUCTURAS UTILIZADAS EN LAS CUBIERTAS

Se distinguen 2 tipos fundamentales: De par y picadero y de par e hilera.

Cubiertas de par y picadero

En este tipo de cubiertas, el faldón resistente está constituido por pares, es decir, por vigas que siguen la línea de máxima pendiente del faldón. Éstos pares apoyan sobre durmientes que, debidamente cajeados reciben el nombre de picaderos.

Los pares se ensamblan en barbilla pasante con los picaderos, con lo que sus reacciones sobre ellos son verticales, sin que haya posibilidad de que absorban empujes.

El picadero de cumbrera está apoyado directamente sobre durmiente.



Foto 3.- *Cubierta de par y picadero en iglesia de Cañizar de Argaño (Burgos). Agosto 2007*

Cubiertas de par e hilera

Este tipo de cubiertas las empleamos cuando la cumbrera o hilera carece de apoyo continuo, y es el empuje de los pares el que la sustenta. Para absorber el empuje ejercido sobre los apoyos inferiores exige el empleo de tirantes.

Las uniones más comunes son con ensambles a espera en el apoyo y con ensamble a espera, en barbilla a tope simple en la unión de los pares con la cumbrera.





Foto 4.- *Cubierta de par e hilera en iglesia de Coculina (Burgos). Julio 2005*

La problemática que presentan estas cubiertas es el empuje horizontal sobre los muros en los que se apoya.

Para garantizar el equilibrio es preciso organizar una estructura horizontal auxiliar en la base de los muros de los que arrancan. El estribamiento es el encargado de absorber los empujes horizontales, que este tipo de soluciones provocan en su base. Para evitar la rotura del estribo por empujes excesivos, se colocan tirantes alternos.

Y para garantizar la indeformabilidad del plano del estribado, es conveniente reforzar esquinas mediante el uso de cuadrales y aguilón.

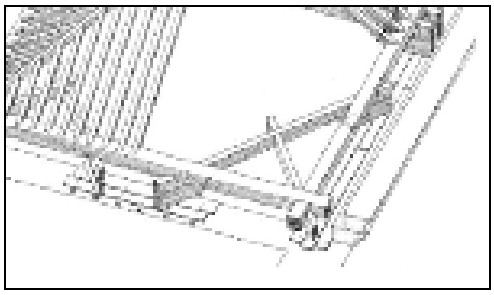




Foto 5.- *Estribado sobre muro (Burgos). Agosto 1993con cuadral y aguilón en rehabilitación de cubierta de la iglesia de Coculina (Burgos). Julio 2005*

2.3. MATERIAL. MADERA PINO DE SORIA

La mayor parte de la madera empleada en estas cubiertas es de pino Soria “construcción”, que se extrae la zona serrana de Burgos y Soria.

La tala se realiza durante todo el año, evitándose los meses de verano ya que es un periodo en el que circula la savia y por tanto la madera es susceptible de ser atacada por insectos y enfermedades. Se trabaja en el monte durante el periodo de tala.

Posteriormente se realiza el desrame y el descortezado para obtener el rollizo, que es la pieza resistente del tronco.

El secado es fundamental para eliminar la humedad de las piezas. Ésta se realiza por aireación y por medios mecánicos en cámara. El secado por aireación se efectúa mediante un correcto acopio. Se colocan las piezas en direcciones cruzadas arrimadas a una pared, permitiendo la aireación durante 5-6 meses. El sol, el aire y el hielo son los encargados de eliminar parte de la humedad y efectuar el secado natural.

Después se efectúa el troceo con cortes normales al eje de la pieza, y el escuadreo con sierra. El despiezo se realiza con cortes paralelos al eje de la pieza.

Este material arroja unas propiedades físicas y mecánicas que cumplen con el Código Técnico de la Edificación que le hace perfectamente válido para ser empleado como material de construcción en rehabilitación de cubiertas.

2.4. COMERCIALIZACIÓN Y PEDIDOS

Para calcular las piezas que se van a utilizar, se recurre a secciones tabuladas, que, en función de las luces a cubrir y de la inclinación de la pendiente de la cubierta, nos dimensiona la sección de las mismas. Este dimensionado cumple con el Código Técnico de la Edificación.

Una vez calculadas las piezas con sus secciones, se procede a realizar el pedido a Regumiel de la Sierra, el cual manda el material solicitado en un plazo de 15 días.

El coste del metro lineal de una pieza aserrada de sección 20x20, tratada en autoclave con tratamiento vacsolizado es de 14,52 €/ml.



Foto 6.- *Acopio de material y hoja de pedido para cubierta de Pedrosa del Páramo (Burgos*)

2.5. FACTORES ELECCIÓN

La rehabilitación de cubiertas de iglesias con esta técnica en madera de armar, es una técnica atractiva gracias a las ventajas que ofrece frente a otros sistemas, en términos ecológicos, funcionales, económicos, de ejecución y de durabilidad.

Hay que tener en cuenta que los recursos de los que disponen los municipios, son reducidos, por lo que hay que prescindir de criterios puristas de restauración de muros y bóvedas de piedra y de técnicas más desarrolladas como son el empleo de madera laminada o el acero laminado, de elevado coste y cuyo resultado final es equiparable al sistema tradicional que empleamos. Así mismo, nuestro sistema ofrece propiedades de durabilidad. Una cubierta restaurada con el sistema tradicional puede durar de 30 a 50 años, siempre que se ejecute correctamente y que dispongamos de sistemas de impermeabilización bajo teja (láminas impermeables y transpirables, placas onduladas, etc.), que evitan el mantenimiento anual de la cobertura, factor fundamental del deterioro.

3. EJEMPLOS EN LA PROVINCIA DE BURGOS

3.1. FERMÍN. UN MAESTRO ARMADOR



Foto 7.- *Fermín González. Carpintero armador del Arzobispado de Burgos*

Fermín González nace en Burgos en 1955. Perteneciente al Arzobispado de Burgos comienza sus inicios como carpintero a los 38 años. Su primera cubierta fue realizada como propuesta de rehabilitación de la torre de Cebrecos. A partir de este momento no ha cesado su actividad y a día de hoy se han rehabilitado 500 cubiertas en la provincia de Burgos a manos de él.

Él es el máximo responsable en ejecución a la hora de montar la cubierta. Sus herramientas se componen de escuadras, escantillón, cartabones, metro de carpintero, azuela, martillo y motosierra. Con estas herramientas, y sus manos, monta cubiertas en tiempo récord.
Dependiendo de la complicación de la cubierta, la duración media es de 2 días para el montaje de los canes y entrecanes y la estructura de cubierta de pares.

3.2. EJEMPLOS CUBIERTAS REHABILITADAS

Vallejimeno, Enero 2008; Cañizar de Argaño, Agosto 2007; Roa, Abril 2007; Celadilla Sotobin, Septiembre 2006; Pedrosa del Páramo, Agosto 2006; Villambistia, Marzo 2006; Pedrosa de río Urbel Agosto 2005.

Conclusiones

El objetivo de utilizar métodos tradicionales como sistema de rehabilitación es el de hacer funcional el bien y conservarlo para que perdure en el tiempo.

Las propuestas de rehabilitación con madera de armar en cubiertas de iglesias y ermitas no afectan al resto de arquitectura del conjunto. No se interviene en fábricas de piedra ni en bóvedas; no dificultan futuras rehabilitaciones más profundas.

Estas estructuras llegan a desbancar a otras como las metálicas o en madera laminada. Ello gracias a factores económicos (bajo coste que permite al pueblo reparar sus bienes), gran durabilidad (40 a 50 años), funcionales, de sencillez y rapidez de cálculo y de ejecución (uso de tablas y empleo reducido de uniones prescindiendo de herrajes y tornillería), es un material ecológico y de estética agradable. En todo caso se cumple con el Código Técnico de la Edificación.

De esta manera, se quiere hacer un hueco importante a los métodos tradicionales como sistema válido en rehabilitación de cubiertas. En Burgos, se ha aplicado con gran éxito en más de 500 cubiertas de iglesias y ermitas.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Fermín su colaboración en este trabajo, por la aportación de sus conocimientos como maestro armador, las visitas a sus obras en las que hemos podido observar de primera mano como se reparan las cubiertas, por facilitarnos documentación gráfica y fotográfica de muchas de sus obras y por atendernos siempre tan amablemente para cualquier consulta.

Agradecemos a Jaime, de Maderas de María en Regumiel de la Sierra su tiempo a la hora de enseñarnos el campo de trabajo y explicarnos el proceso de producción y comercialización de la madera con la que se realizan las rehabilitaciones de cubiertas.

Lista de Referencias

[1] F. Cassinello. “Construcción Carpintería”, Cubiertas de faldón estructural, 1973, pp. 200.
[2] E. Nuere Matauco. “Carpintería de Armar Española”, Armaduras de cubierta, 2000, pp 94.
[3] C. Flores Arquitectura “Arquitectura Popular Española” ,Aguilar, 1987.
[4] Código Técnico de la Edificación (C. T. E.). Libro 6, Seguridad Estructural: Madera, Madrid: Ministerio de la vivienda; Boletín Oficial del Estado, 2006.
[5] http://infomadera.net/images/22816.pdf.
[6] http://www.grupodr.com/comarca/roa.htm
[7] http//www.todopueblos.com/burgos.net/
[8] http//www.terra.es/personal/hugarcia/fermin.htm
[9] Entrevistas:
Enero 2008. Fermín González. Maestro armador del Arzobispado de Burgos.
Marzo 2008. Jaime. Maderas de María, Regumiel de la Sierra.
[10] Documentación fotográfica obtenida de las visitas a obra de las iglesias de municipios de Burgos. Vallejimeno, Enero 2008; San Llorente Enero 2008; Cañizar de Argaño, Agosto 2007; Roa, Abril 2007; Celadilla Sotobin, Septiembre 2006; Pedrosa del Páramo, Agosto 2006; Villambistia, Marzo 2006; Pedrosa de río Urbel Agosto 2005; Coculina, Julio 2005; Avellanosa de Muño, 1993.
[11] Documentación gráfica de los planos de montaje de cubiertas de madera para rehabilitación de las iglesias de la provincia de Burgos. Archivo del Servicio Técnico de Obras de la Diócesis de Burgos.

CHARACTERIZATION OF THE PORE SPACE OF CRYSTALLINE MONUMENTAL STONES

T. Kovacs[(1)], R.M. Esbert[(2)], M. Montoto[(3)]
Department of Geology, University of Oviedo, Oviedo, Spain

timea@geol.uniovi.es[(1)] resbert@geol.uniovi.es[(2)] mmontoto@geol.uniovi.es[(3)]

SUBJECT AREA: GEOMATERIALS AND HERITAGE BUILDINGS: SCIENTIFIC TECHNOLOGIES AND METHODOLOGIES

Abstract
One of the most serious deteriorating agents of building materials, such as monumental stones, is water. The weathering, caused by water, depends on the external conditions and the intrinsic characteristics, above all on the hydric properties of the material, which are determined by the structure of its void space. The crystalline stones – widely used as monumental stones (marbles, granites etc.) – have a void space structure of fissure type, very different from that exhibited by cemented stones (sandstones, limestones, etc). Because of the typical features of this pore space – low porosity values, channelled water pathways etc. – the characterization of these stones requires a special methodology or the special use of the methods so effective in the case of cemented rocks or of larger porosity. And even within the group of crystalline rocks the characteristics of the pore space and, as a consequence, the effective methods examine it may vary significantly. The three examined stones – the Macael marble (open porosity: ~0,4%; average pore radius: ~0,01 µm), the Silvestre Porrisal granite (open porosity: ~4,4%; average pore radius: ~0,1µm) and the Szobi andesite (open porosity: ~4,6%; average pore radius: ~0,01µm) – all belong to the mentioned group, - used as monumental stones for example in the Alhambra, (Spain), the cathedral of Santiago de Compostela (Spain), and in several fortresses of North-Hungary, respectively -, but still there are serious differences in their porous network and therefore in their hydric properties. The study aimed at finding the most useful methods for the characterization of the mentioned stones taking into account some typically used techniques - from the classical methods using water (water absorption, capillary uptake, etc.) till the instrumental (Hg intrusion, N_2 adsorption) and microscopic techniques (SEM, FM, CLSM).

Key words: porosity, crystalline rock, water absorption, Hg intrusion porosimetry, N_2 adsorption, confocal laser microscopy

1. Introduction

The most serious weathering processes, which threaten the building materials, are due to water movement within the material. The quantity of the adsorbed water, the velocity of its movement, the size of the spaces where it can be stored etc. are important parameters determining the degree of deterioration [1]. These parameters depend on the external conditions partly, but mainly on the pore space of the material in question. The expression 'pore space' is used to summarize all the properties of the voids – empty spaces – in a solid material: the quantity of voids, their size, the distribution of the sizes, the morphological features, the connectivity etc. Various methods exist for the examination and characterization of these properties but their efficacy much depends on the material itself – so for different types of solids different methodology should be used.

This research is focusing on crystalline rocks – a granite, a marble and an andesite -, because of their importance as monumental stones and the special features of their pore space. The pore space structure of crystalline stones is of fissure type, very different from that exhibited by cemented stones such as sandstones, limestones, etc [2]. This fissure type structure is responsible for the very different water movement kinetics in these stones. And this is why the characterization of these stones demands a special methodology or the special use of the methods so effective in the case of cemented rocks or of larger porosity.

The selected stones all belong to the crystalline rock type, but still the properties of their pore space differ significantly. We chose four complementary methods (water absorption, Hg

intrusion porosimetry, N_2 adsorption and confocal laser scanning microscopy with digital image processing (CLSM+DIP) - used and recommended by many authors [3; 4; 5] – for the characterization. The main objectives were to evaluate their efficacy in this special case, and to see how much the specialities of the porous spaces of the materials influence the results.

2. Materials

The three chosen crystalline stones are a marble, an andesite and a granite. They belong to stone-types used for monumental purposes worldwide and they have their own local importance. Macael marble has been used in Spain since ancient times in works of art and monuments, such as the Courtyard of the Lions in the worldwide famous Alhambra (Granada, Spain) (Fig. 1a). The Silvestre Porrisal granite is a Galician rock, very similar to the granite used for the construction of the Cathedral of Santiago de Compostela (Galicia, Spain)(fig.1b). And finally the Szobi andesite was used mainly for a series of fortresses-castles built or rebuilt from the XII. till the XVII. century in North-Hungary (fig.1c).



Fig.1a. *The Courtyard of the Lions, Alhambra, Granada, Spain.*



Fig.1b. *The Cathedral of Santiago de Compostela, Galicia, Spain.*



Fig.1c. *The castel of Hollókő, North-Hungary.*

The Macael marble is a Late-Triassic carbonate rock that suffered poli-methamorphosis during the Alpine orogeny [6]. It belongs to the Nevado-Filabride Complex in the Betic Internal Zone in Southern-Spain. The Silvestre Porrisal granite is a two-mica leucogranite with hypidiomorphic granular texture, which belongs to a Variscan granite batolite in the Galicia-Tras-os-Montes zone within the Central Iberian Zone in North-Western Spain [7]. The Szobi andesite – a microporphyritic quartz-andezite - belongs to the volcanic complex of the Börzsöny and Visegrád Mountains of North-Hungary. It was formed during the calc-alkaline volcanism of the Carpathian volcanic arc taken place from the Miocene to the Quarternary [8].

The semi-quantitative mineralogical composition, the value of the open porosity and the coefficients of anisotropy for each stone are shown in the table 1. Other important parameter from the petrophyisical point of view is the grain size, which has an average of 750-500 μm in the case of the marble; in the case of the granite it has a very wide distribution varying from the centimetre to the sub-millimetre scale; and finally for the andesite the average size of the phenocrysts is 0,75 mm and that of the matrix is ~50-75 μm.

	Mineralogical composition (%)								open porosity (%)	coefficient of anisotropy
	calc	musc	bio	Q	plg	mic	magn +pyr	matrix (%)		
marble	90	tr	-	tr	tr	-	-	-	0,4	1,1
granite	-	20	5	30	25	20	-	-	4,4	1,4
andesite	-	-	10	tr	30	-	7	50	4,6	1,0

Table 1*. The semi-quantitative mineralogical composition, the value of the open porosity and the coefficients of anisotropy of the three stones. calc=calcite; musc=muscovite, bio=biotite; Q=quartz; plg=plagioclase; mic=microcline; magn=magnetite; pyr=pyrite; tr=traces.*

Figure2. shows a microphotograph of the general texture of each Stones.

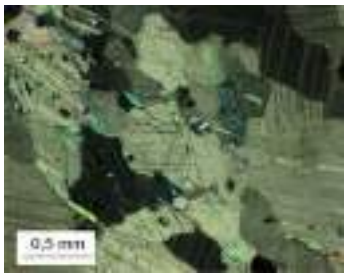


Fig.2a. *Microphotograph of the Macael marble. XN*

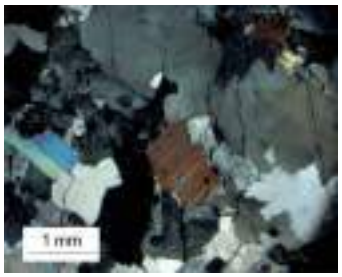


Fig.2b*. Microphotograph of the Silvestre Porrisal granite. XN*

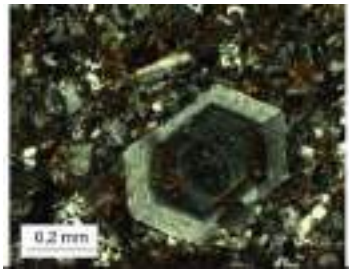


Fig.2c*. Microphotograph of the Szobi andezite. XN*

3. Methods for the characterization of the void space

The characteristics of the void space of the materials were investigated by four different methods. The determination of the open porosity by means of saturation with water under vacuum happened following the EN 1936 European standard [9]. 8 cubes of the dimension of 5x5x5 cm of each stone were dried until constant weight (m_d), then after keeping them at a pressure of 2,0 ± 0,7 kPa for 24 hours in a vacuum chamber, the chamber was filled up slowly with distilled water and the cubes stayed there for 24 hours under the same pressure and another 24h under atmospheric pressure. The saturated weight is measured under (m_h) and out of water (m_s) and the open porosity (n_o) is determined by the following equation:

$$n_o = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} \times 100$$

For the Hg intrusion porosimetry a Micromeritics AuroPore III. type porosimeter was used. The principle of this method is to measure the volume of mercury, which penetrates a dehydrated and degassed sample under increasing pressure – as the Hg being a non-wetting fluid must be pressurized in order to enter to the pores of a material. The pores are considered as cylinders so from the Washburn equation the pore radius can be calculated from the applied pressure:

$$D = \frac{-4\gamma\cos\theta}{P}$$

Where D is the diameter of the pore, γ is the superficial tension of mercury (generally 485 x 10^{-3} N/m is used), Θ is the contact angle (generally 140°) and P is the applied pressure [3; 10; 11]. Theoretically the range of the radius of this measurement is between 350 μm and 3 nm. 4-4 cylindrical samples of 2,5 cm height and approximately 2 cm diameter were used for this measurement for each stone.

The N_2 adsorption test at 77.3 K was performed on a Micromeritics ASAP 2420 apparatus. This method determines the specific surface of solid materials based on the principle of the monocapa - the number of N_2 molecules that are necessary and sufficient to cover all the surface of the material in one layer. The interpretation of the measurement happens with the so-called BET method, which also provides information about the forms and sizes of the pores (between 1 nm and 100 nm) present in the material [3; 11; 12]. Approximately 5-7g of sample - cut to small pieces by a low deformation sawing machine – were used for the measurement. The samples were degassed at 100°C for 48 h and then at 120°C for another 16h.

For the investigation with CLSM the samples were impregnated with a fluoresceine dye (Rhodamine B) and 150 μm thick thin sections were prepared. A Leica CLS microscope (Leica Lasertechnik GmbH) was used and the analysis of the images was carried out by the Geojars software package (Microm Espana S.A.) modified and completed for the purpose of the measurement [13]. With the aid of this method the fractographic network can be observed, detected and its parameters (volume, apertures, specific surface, orientation etc.) measured in 3 dimensions.

4. Results and discussion

The determined and comparable parameters are: the open porosity determined by water absorption, Hg porosimetry and CLSM-DIP; the average pore size determined by Hg porosimetry, N_2 adsorption and CLSM-DIP; and finally the specific surface determined by Hg porosimetry, N_2 adsorption and CLSM-DIP as well.
In the case of the marble the measurements with the N_2 adsorption were not possible - its porosity and specific surface being under the detection limit of the instrument.
The results of the above listed measurements are shown in the table 2. – for the sake of the better comparison grouped by the determined parameter and not by the method.

		marble		granite		andesite	
		average	st.dev.	average	st.dev.	average	st.dev.
open porosity (%)	H_2O	0,36	4,64	0,34	0,076	4,42	0,048
	Hg	0,97	3,47	0,092	0,108	3,29	0,124
	CLSM-DIP	0,297	0,491	0,324	0,217	2,977	1,495
specific Surface (m^2/g)	Hg	0,511	3,325	0,070	0,029	1,014	0,022
	N_2	-	3,902	-	-	1,938	-
	CLSM-DIP	0,0013	0,0023	0,0013	0,0009	0,0026	0,0025
average pore size (µm)	Hg	0,028	0,016	0,000	0,004	0,050	0,003
	N_2	-	0,004	-	-	0,008	-
	CLSM-DIP	2,113	3,044	0,907	1,677	13,131	2,622

***Table 2**. Values of open porosity, specific surface and average pore size of the three stones – determined by the different methods.*

The most surprising fact about the results is the great differences received by different methods.
From the three values of the open porosity of the marble the highest, and probably the most reliable one is that received by Hg porosimetry. In the case of so low porosities (<1%) there is a possibility of higher error for the water absorption method. The result of the CLSM-DIP technique is significantly lower.
For the granite the values are 4,4%, 3,3% and 3,0% for the water-, Hg- and CLSM methods respectively; these numbers may be considered consequent.
But for the andesite, the value gained by the microscopy (0,49%) shows a very significant difference compared to those of the other two techniques (4,6% and 3,5%).
In the case of the specific surface the values gained by the Hg porosimetry and by the N_2 adsorption shows good correspondence – taking into consideration that the later technique is more suitable for this type of characterization so its values are supposed to be more precise and higher. But the same values got by CLMS-DIP are surprisingly different: 2 orders of magnitude lower in the case of the marble and 3 orders of magnitude lower for the andesite and the granite.
The explanation for these huge differences is provided by the last parameter: the average pore size. As it can be seen, the values provided by Hg porosimetry are of the order of 0,01 µm, those gained by N_2 adsorption of 0,001 µm and by CLSM-DIP are of 1-10 µm.
This means that the three techniques measure in different pore size ranges; as it is explained in the 3. chapter - in the description of the methods - the range of measurement for Hg porosimetry is between 350 µm and 3 nm, for N_2 adsorption between 1 nm and 100 nm and for the CLSM over 1 µm - as the resolution of the 40x objective is 0,4 µm/pixel. So evidently the pores smaller than 1 µm cannot be measured at all by this later technique, and pores larger than 100 nm cannot be measured by N_2 adsorption. The Hg porosimetry technique provides information about the widest range of pores, and about those that are most typical in crystalline rocks.

So all the received values may be correct, only we have to interpret them strictly on the interval of pore size, where each method works. The values of the open porosity gained by water absorption were used as references, except for the case of the marble, where the error of the measurement can be higher because of the very small values.
Taking into consideration the above restrictions, the differences in the values can be explained, and some further information concerning the pore size distributions can be drawn, as well.
In the case of the marble the highest value of open porosity was received by the Hg intrusion technique, meaning that most of its pores must have an aperture size within the interval detectable by this method. The CLMS-DIP detected only approximately one third of this value, so only that proportion belongs to the interval >1μm. In this case the fact that the N_2 adsorption technique couldn't be used is not due to the lack of the smallest pores but rather to the extremely low porosity.
In the case of the andesite the distribution of the pore size is evidently shifted towards the smaller sizes. The CLSM method was only able to detect ~10% of the open porosity, while the N_2 adsorption technique was perfectly adequate, and the specific surface value is relatively high – within the crystalline rock group – which also suggest the presence of voids (fissures) with small aperture and high tortuosity.
As for the granite the fact that all the methods worked properly suggests a binomial pore size distribution. ~70% of the open porosity could be measured by the CLSM so the majority of the pores have an aperture larger than 1 μm but the N_2 adsorption measured a specific surface of 1,9 m^2/g, which proves the presence of another group of pores. Based on the microscopic observations the group of the larger pores represent the macro-fractures and the smaller ones are the porosity due to the alteration of some mineral phases, mainly of feldspars.

5. Conclusions

The characterization of the pore space of three different crystalline stones was carried out by means of water absorption, Hg intrusion porosimetry, N_2 adsorption and CLSM-DIP. As each method works on different pore size ranges, their efficiency largely depends on the pore size distribution of the material in question. From the used techniques the Hg porosimetry was the most adequate simply because it has the widest detection limits, but - in order to get a complete knowledge of the porous space of this type of solids - the different techniques are proposed to be used together, and their results used additionally and not exclusively – all interpreted strictly within its proper range.
It was proved again that even the theoretically very similar crystalline stones has a high variability as far as their pore space is concerned. So some preliminary knowledge about the nature of the void space of the material is necessary for the selection of the most proper methods for their characterization.

Acknowledgements
This research was supported by the Marie Curie Action EPISCON project. N_2 adsorption analysis was carried out at the INCAR, Oviedo. And thanks are due to the staff of the Department of Geology, University of Oviedo.

Bibliography

1] E.M. Winkler, "Stone in architecture. Properties. Durability." Springer – Verlag, Wien, New York, 1997, 313 pp.
[2] R.M. Esbert, J. Ordaz, F.J. Alonso, M. Montoto, "Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos". Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona, 1987, 139 p.
3] K. Beck, M. Al.Mukhtar, O. Rozenbaum, M. Rautureau, „Characterization, water transfer properties and deterioration in tuffeau: building material in the Loire valley—France" Building and Environment 38, 2003, pp.1151-1162
4] M. Montoto "Petrophysics at the rock matrix scale: hydraulic properties and petrographic interpretation" ENRESA, Madrid, 2004, 297 p.
[5] D. Benavente, M.A. García del Cure, R. Fort, S. Ordóñez, "Durability estimation of porous building stones from pore structure and strength" Engineering Geology 74, 2004, pp. 113-127
6] J. Rodríguez-Gordillo, M.P. Sáez-Pérez, " Effects of thermal changes on Macael marble: Experimental study" Construction and Building Materials 20, 2006, pp. 355-365
[7] M. Bustillo Revuelta, "Potencial geológico de granitos en España" in Manual de Rocas Ornamentales, ed. J. Carlos López, Madrid, 1996, p. 696

[8] Sz. Harangi, H. Downes, L. Kósa, Cs. Szabó, M.F. Thrilwall, P.R.D. Mason, D. Mattey, "Almandine Garnet in Calc-alkaline Volcanic Rocks of the Northern Pannonian Basin (Eastern-Central Europe): Geochemistry, Petrogenesis and Geodynamic Implications" Journal of Petrology 42/10, 2001, pp. 1813-1843
[9] EN 1936 European standard. Natural stone test method. Determination of real density and apparent density, and of total and open porosity, European Comittee for Standardization, 1999
[10] C. Dubois, P. Couchot, A. Alvaret Calleja, E. Boeglin, A. Chambaudet, "Specific mercury porosimetry for loe-porosity materials" Meas. Sci. Technol. 9, 1998, pp. 2016-2022
11] J. B. Parra Soto, "Macro, Meso y Microporosidad de Sólidos" Curso de Especialización de Postgrado, CSIC, Oviedo, 2007
[12] J.M. Guil Pinto, "Determinación del area superficial de sólidos" Curso de Especialización de Postgrado, CSIC, Oviedo, 2007
13] A. Martinez-Nistal, "Discriminación, cuantificación y cartografiado de components petrográficos mediante proceso digital de multi-imágenes microscópicas" Doctoral thesis, University of Oviedo, Oviedo, 1993, p. 235

CHARACTERIZATION OF MORTARS IN MEDIEVAL MURAL PAINTINGS IN SLOVENIA

Anabelle Križnar [(1)], Antonio Ruiz-Conde [(2)] and Pedro J. Sánchez-Soto [(2)]

[(1)] Department of Art History, Faculty of Philosophy, University of Ljubljana, Aškerčeva 2, 1000 Ljubljana, Slovenia
[(2)] Institute of Materials Science (ICMS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)-University of Sevilla (US), C/Américo Vespucio 49, Parque tecnológico Cartuja '93, 41092 Sevilla, Spain

akriznar@us.es [(1)], aruiz@icmse.csic.es [(2)], pedroji@icmse.csic.es [(2)]

THEME AREA: HERITAGE CONSERVATION; STUDIES, METHODOLOGIES AND DIAGNOSIS FOR THE CONSERVATION AND RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE. INNOVATION AND NEW TECHNOLOGIES APPLIED TO THE DOCUMENTATION AND INFORMATION OF THE CULTURAL HERITAGE.

ABSTRACT

The territory that today belongs to Slovenia is very rich in medieval mural painting. An international interdisciplinary research of different mural cycles was dedicated, among other things, to the analysis of mortars that served as the support for the paintings. Thirty-eight churches were selected all over the country and ranging a period between late 13th and late 15th centuries. All cycles were first precisely studied *in situ* and second, selected tiny samples of mortars were taken and analysed by OM, SEM-EDX, XRD and some of them also by FTIR. The results revealed that most Slovene medieval mortars were made of lime and sand, as common procedure in that time. In few cases the high quality mortar made of lime and crushed marble or limerock was found. Organic fibers were detected only in mortars of mural paintings that belong to one particular master whose work is centered in the north-east territory. Mortars were mostly put on the wall in one layer, rarely in two or three. They followed the day's work, *giornatta,* the borders of which can still be seen by naked eye in several localities. Where the mortar layer is very thin, it had to be freshened up with lime-wash before painting on it.

KEY WORDS: cultural heritage, medieval mural painting, mortars, lime, aggregates, laboratory analysis

INTRODUCTION

Slovenia, a small country between Italy, Austria, Hungary and Croatia, has a great patrimony in medieval churches which are almost all decorated with rich mural cycles. The majority of those paintings date from Gothic and Baroque periods. Nevertheless, this extraordinarily varied artistic patrimony has been studied merely from the art historian's perspective. Investigation of the materials used in the painting process has remained the domain of restorers who could rarely base their speculations on actual laboratory tests.

A few years ago the first ever specialized project dedicated to the Gothic mural painting in Slovenia was accomplished. It was planned as an interdisciplinary work where art historians, restorers, conservators, physicists, chemists and geologists were collaborating; each one contributed his part of knowledge to the results obtained. It has been carried out at the Department of Art History of the

Faculty of Philosophy of the University of Ljubljana (Slovenia), in collaboration with the Institute of Material Science of Seville (ICMS-CSIC) in Spain. For this purpose 38 most important mural cycles from the end of the 13th till the end of the 15th century were chosen. This selection was made also regarding a wide geographic range, that is, the majority of now-a-day Slovene territory. The other criterion was also the stylistic connection between various painters, workshops and mural cycles. Only such selection could make possible the real comparison of the results and a more or less complete image of the mortars composition applied in Slovene medieval mural paintings.

OBJECTIVES AND EXPERIMENTAL PROCEDURE

One of the principal aims of the project was to ascertain the composition of mortars applied for the painting *a fresco*, that is, on a fresh mortar: Next, the number of mortar layers was in question. Was there mostly only one layer applied or are there any cases of two or three layers. One plaster layer is typical for the north-alpine tradition, while more layers can be found in the genuine Italian fresco technique, as explained already by Vitruvius. Also the way of putting a mortar layer on walls was of interest; was the whole wall covered with it at once or it was applied by the system of *giornatta*, a one day's work. Other information that called for attention was a possible use of lime-wash. If the mortar started to dry to soon during the painting process, it could be freshen up with a layer of lime-wash. This was a typical procedure especially in the north-alpine territory.

To provide answers to these and other related questions with the greatest possible accuracy, the selected mural cycles were firstly observed *in situ*. This first exam gave already some basic information about the composition, and in some rare cases, where there was some damage on the painting, also the number of mortar layers could have been revealed. In many cycles the junctions between *giornattas* were clearly seen, providing us with valuable information about the work procedure. From each fresco cycle tiny mortar pigment samples were carefully extracted, which were later analysed by standard laboratory procedures commonly applied in materials characterisation. Among them an elaboration of stratigraphic sections was the first step. They were thoroughly observed through optical microscopy (OM). The images of different magnifications (x10, x25, x50, x100, x200) were captured on digital photography. Optical microscopy of the cross-sections was carried out by means of a conventional reflected light microscope Nikon, model 115, with fibre optic illumination fitted to a Nikon Coolpix 5000 digital camera. Selected micrographs representative of the main findings of the samples are included later on.

Some of the cross-sections were studied by SEM, using a Jeol JSM-5400 scanning electron instrument. Energy dispersive X-ray analysis (EDX) was performed under the SEM equipment using an Oxford Link analyser with Si (Li) detector and Be window. By this technique powdered samples were also analysed. The basic analysis for the mortar composition was carried out by X-ray Diffraction (XRD). The samples were prepared as a very fine crushed powder and examined by a Siemens D-501 diffractometer with CuK (α) Ni-filtered radiation. The results provided the information about crystalline phases of mortars as well as information about the grade of impurity of used lime and sand. For additional information concerning possible organic substances, spectra were obtained with a FTIR Nicolet instrument, model 510, analysing some cross-sections. In some cases, 1 mg powdered sample and 400 mg KBr were mixed and ground, preparing pressed pellets used for the analysis.

RESULTS AND DISCUSSION

Mortar in ancient structures is a composite material which has exhibited excellent durability through time. It is constituted of a binder, such as lime (CaO) and/or gypsum, and aggregates, such as sand, grit, marble or lime-rock. The composition of mortars varies greatly and they are commonly divided into lime, gypsum and mixed ones, depending on the binding material. The most common one is lime mortar, in which slaked lime is used as a binder. The calcination of calcite rock (calcium

carbonate, $CaCO_3$) at 800-900 ºC produces burnt lime (calcium oxide, CaO) and, after cooling, the hydration process of lime yields the hydroxide $Ca(OH)_2$ also known as slaked lime. After a carbonation process in air, the hydroxide in the mortar yields calcium carbonate again. In Slovene mural paintings several kinds of mortars were found, which are divided into three groups on the basis of aggregates. The results are as follows.

1. Mortars of lime and sand

The majority of mortars in Slovene medieval churches are made by standard procedure by mixing lime and sand. The composition may vary, depending on the quantity of lime and on the cleanliness of the sand used. The elaborated cross-sections permitted to observe the calcite matrix and sand grains of different colour, dimension and form **(Fig, 1a, 2a, b).** The XRD analysis **(Fig. 1b)** showed if the mortars contain mostly calcite ($CaCO_3$) or there is more quartz. In some samples, dolomite, feldspars and clay, as minor crystalline phases were also identified.

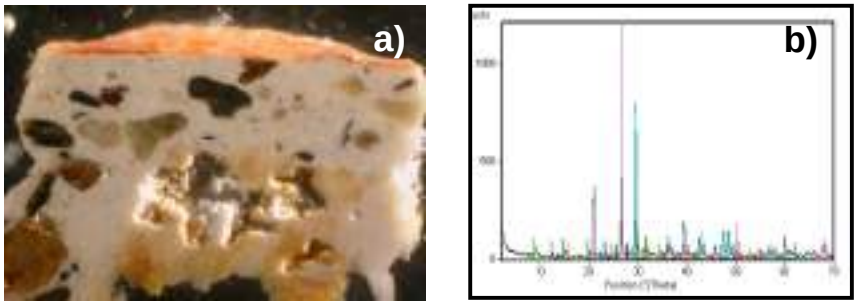


Figure 1. - a) *Selected optical micrograph of a cross-section (x25) of a typical mortar made of lime and sand.* Breg at Preddvor *(ca. 1420) and* ***b)*** *Corresponding XRF diagram for mineralogical analysis of puder sample.*

If there is more lime than sand in the mortar, it is of better quality and more resistant. When mortars have little lime and are overfilled with sand, the quality is poorer and a mortar tends to pulverise. The sand for the plaster used to be taken from the nearby location, which is why the quality of mortar depends mostly on the geological characteristics of the territory and not so much on the workshop itself. However, the grade of washing the sand is also important. The cleanest sand with rounded small grains was found in mortars applied in churches near rivers or lakes. This is the case of the church at Lake Bohinj, for example.

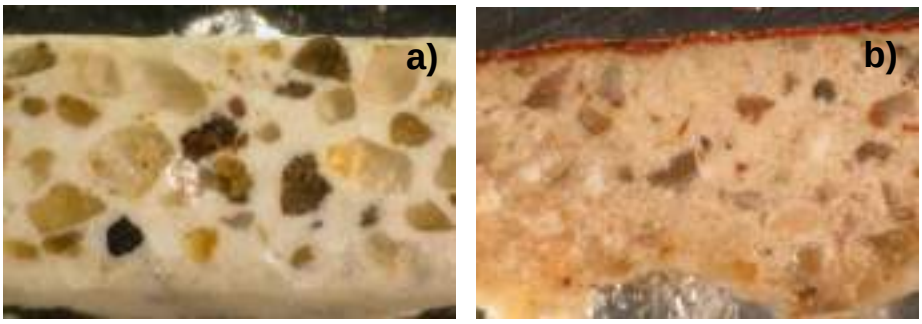


Figure 2. - a) *Cross-section (x25) of a mortar made of lime and sand.* Famlje *(1450-60) and* ***b)****. Cross-section (x25) of a dark colloured mortar made of lime and sand.* Ptuj*, (end of the 13th century).*

Some cross-sections of the oldest Slovene paintings among the selected ones have revealed mortars of yellowish colour. This tonality is not common in mediaeval Slovene mural painting and reveals a high quantity of secondary components such as feldspars and clay. These examples belong mostly to churches in Northern Slovenia, in Ptuj (end of 13th Century) (**Fig. 2b)**, Muta (1330–40), Turnišče (1380-89) and Martjanci (1392).

2. Mortars of lime and crushed marble or lime-rock

In some rare cases a high quality mortar made of lime and crushed marble or lime-rock was found. It is a kind of mortar that was used in Italian Tre-and Quattrocento for a *fresco buono* technique. In this kind of plasters the presence of calcite has two origins: a) as a binder and b) as an aggregate. This kind of mortar is whiter and more consistent as the one made of lime and sand, and therefore also better as a painting surface. The difference is well observed from the selected cross-section **(Fig. 3a),** where white, slightly transparent grains are mixed with white lime. The XRD analyses **(Fig. 3b)** show the presence of calcite ($CaCO_3$) and some dolomite ($CaMg(CO_3)_2$), while in some other cases of mortars also a small quantity of quartz was appreciated.

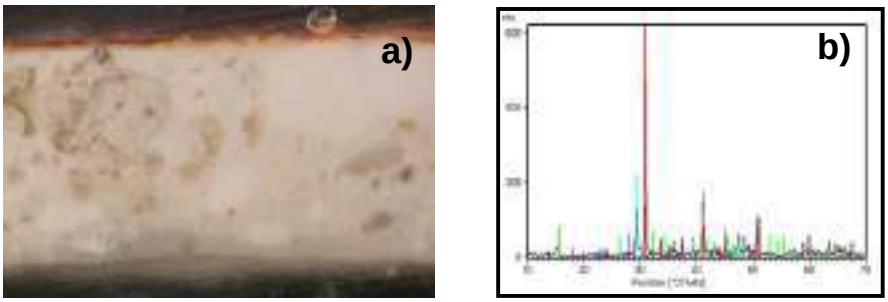


Figure 3. - a) *Cross-section (x25) of a mortar made of lime and crushed lime-rock or marble.* Veliki otok *(1430-40) and* ***b)*** *Corresponding XRD diagram.*

Such mortars were identified in different Slovene localities and were found mostly in those mural cycles that are stylistically connected to the north-alpine artistic production and not to the Italian one, as it was expected. This and other dates about materials applied revealed that from the technical point of view the paintings under the north-alpine influence are of much better quality. Good examples are the very important mural cycles made by the Master Janez Ljubljanski (Juan de Ljubljana) and his workshop.

3. Mortars with organic additives

Only in the case of one group of mural paintings, limited to the north-east Slovene area of Prekmurje, the results showed the specific construction of mortars. This group of paintings was made by the same artist and his workshop. The master, whose work is dated in the late 14th century, is the first Slovene medieval artist known by name, Johannes Aquila.

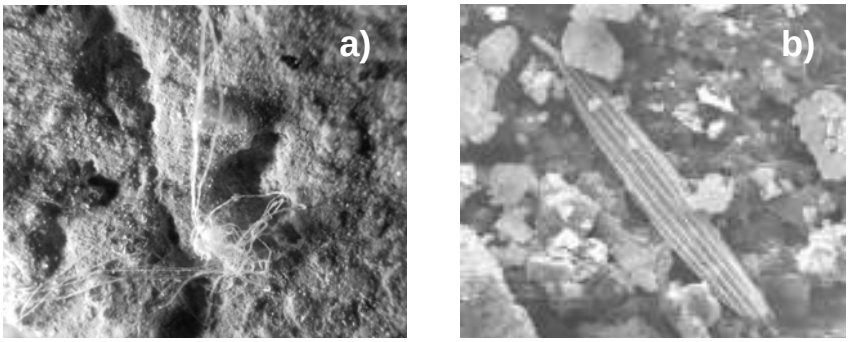


Figure 4. - a) *Image of some organic fibres on the surface of the mortar sample from* Turnišče*, examined by optical microscopy (x50) and* ***b)*** *SEM image of an organic fibre on the surface of the mortar sample from* Martjanci *(x200).*

The analysis of mortars, taken from wide mural cycles in two parish churches in Turnišče and Martjanci (two most important locations where Aquila worked) show that they were made not only by lime and sand. Also organic fibres were added to the lime-sand mixture in order to improve the quality of the mortar and to give it more solidity by increasing the mechanical strength. This composition of mortar is unique in Slovene territory and was not found in any other monument of

this investigation. For Turnišče the presence of fibres was confirmed by FTIR results which clearly show the peak of cellulose at 1624.55 cm^{-1} on the respective spectra. Tiny fibres were also discovered on the surface of one plaster sample examined by optical microscopy (**Fig. 4a)**. The sample of mortar from Martjanci observed by SEM revealed a small fibre, as well **(Fig. 4b)**.

Giornatta, a one-day's work

In almost all studied cases it was possible to see that the mortar was put on walls in larger or smaller portions, that is, by the system of so-called *giornatta*. This Italian word defines a quantity of fresh mortar put on the wall and prepared to be painted in one day, before it dried. In the oldest mural cycles these *giornattas* were big and covered almost the whole scene level, especially in those cases where biblical scenes were designed in horizontal bands, characteristic for the early medieval paintings. Later, the *giornatta* went smaller and they started to get limited to particular scenes or even to particular figures or figure groups, following the outer contours. The borders between them are sometimes difficult to distinguish, while they were precisely equalised. However, in many cases they can be distinguished especially with the help of a spotlight **(Fig. 5)**. The sequence of *giornattas* reveals the direction of the work, that is, downwards, upwards, from left to right or vice versa.



Figure 5. *- The example of a junction between two giornattas, examined with the help of a spotlight.*

The use of lime-wash

If the mortar was very thin or the preparation for the painting took too much time (incisions, pre-drawing, under-painting) the mortar started to dry and did not bind the pigments sufficiently anymore. In these cases the masters used to fresh the surface with a layer of white lime-wash. It was put on a whole surface or only in specific parts like draperies, backgrounds, rarely faces. Several cross-sections discovered the existence of such a layer between a mortar and a colour layer **(Fig. 6a)** or between two colours **(Fig. 6b)**. Surprisingly, this lime technique was mostly found in the paintings under Italian influence and not under north-european ones, as expected.

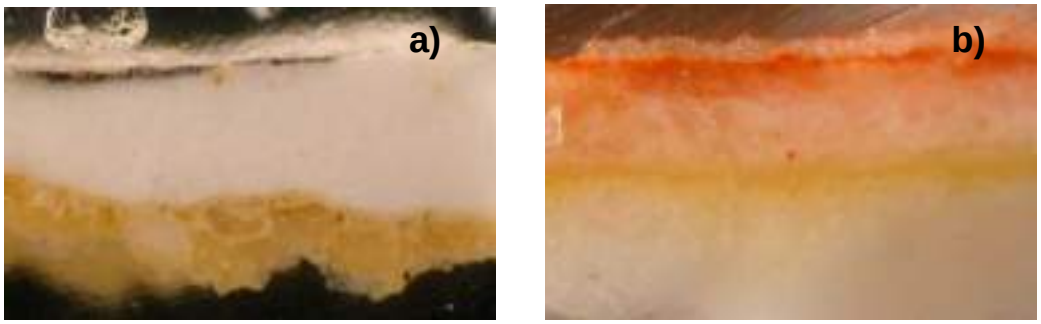


Figure 6. *- Crossections of two examples of lime wash**. a)** lime wash as a base for the whole painting.* Pangrč Grm *(1/4 14th cent).(x25) and **b)** lime-wash as a freshening layer between two colour layers.* Bodovlje*. (1370-80) (x200).*

Number of mortar layers

In most cases it was impossible to discover if there was more than one layer of mortar applied for the painting; not only the fine *intonacco* on the surface, but also the *arricio* and other possible preparation layers. Only in some rare samples the painting surfaces were damaged to a point that it offered an insight to the walls and mortars, as in a cross-section Two layers were mostly found in the oldest paintings of this selection and in those of carinthian influence. Three layers were distinguished only in the church of Bodovlje, in the mural cycle under a direct italian Trecento influence made by a prolific Master of Crngrob. However, in all other churhes of this investigation one mortar layer was applied, as typical for north-alpean tradition. As the preparation layer (*arriccio*) masters used the already existent plaster from the times of the construction of churches.

REFERENCES:

[1] T. Brachert, "Lexikon historischer Maltechniken Quellen-Handwerk-Technologie-Alchemie", Callwey Verlag, Manchen, 2001.
[2] M.L. Gómez, "La restauración: Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte", Instituto del Patrimonio Histórico Español, Cátedra, Madrid, 2000.
[3] F. Granger (ed), "Vitruvius: On Architecture". I–II. Mass, London, Cambridge. 1955–1956.
[4] J. Höfler, "Srednjeveške freske v Sloveniji", *Vol. I-IV*, Družina, Ljubljana, 1996-2004
[5] A. Knoepfli, O. Emmenegger, M. Koller, A.Meyer (eds), "Reclams Handbuch der künstlerischen Techniken", Vol 1-3. Philipp Reclam jun., Stuttgart, 1990.
[6] A. Križnar, "Slog in tehnika srednjeveskega stenskega slikarstva na Slovenskem", Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, Založba ZRC SAZU, Ljubljana, 2006.
[7] A. Križnar, J. Höfler, A. Ruiz-Conde, P.J. Sánchez-Soto, "Caracterización arqueométrica de pigmentos y soportes procedentes de pinturas murales góticas (S. XIII-XV)", Bol. Soc. Esp. Ceram. V, 46/2, 2007, pp. 76-85
[8] A. Križnar, A. Ruiz-Conde, P.J.Sánchez-Soto, "Johannes Aquila and the technique of Gothic mural paintings (14 th century)", In "Heritage, Weathering and Conservation" (.Fort et al., eds.), Taylor & Francis Group, London, 2006, pp. 867-872.
[9] F.Mairinger, "Naturwissenschaftliche Untersuchungen an Wandmalereien, Historische Technologie und Konservierung von Wandmalerei", Verlag Paul Haupt,Bern/Sttugart, 1985.
[10] M. Matteini, A. Moles, "Ciencia y Restauración: Método de investigación." IAPH, Nerea, Sevilla 1984.
[11] P. Mora, L Mora, P. Philipot, "La conservazione delle Pitture Murali", Editrice Compositori, Bologna 2001.
[12] A. Palazzi, "Analisi chimica per l'arte e il restauro: Principi, tecniche, applicazzioni", Nardini Editoriale, Fiesole 1997.
[13] A. Ruiz-Conde, "Difracción y fluorescencia de rayos X", In "Aplicación de técnicas instrumentales al estudio de materiales cerámicos y vítreos del Patrimonio Cultural. Un enfoque multidisciplinar desde la coordinación de grupos del Nodo del Materiales de la Red Temática de Patrimonio Histórico y Cultural del CSIC", P. J. Sánchez-Soto, A. Ruiz-Conde (eds.) Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, CSIC-US, Sevilla, 2003, pp. 41-58.
[14] M. Serchi (ed), "*Cennino Cennini: Il Libro dell'Arte*", Felice Le Monnier, Firenze, 1999.
[15] K. Wehlte, "Werkstoffe und Techniken der Malerei", Otto Maier Verlag, Ravensburg, 1967

Acknowledgements: The authors acknowledge the financial support of Research Project MAT2002-02549, partially financed by FEDER, and the Bilateral Co-operation Project between Slovenia and Spain. The support of CSIC Thematic Network of Cultural Heritage is also acknowledged.

DETERMINACIÓN DE YESO NEOFORMADO A PARTIR DEL ANÁLISIS MEDIANTE XPS

A. Luque[(1)], E.M. Sebastián[(2)], G. Cultrone[(3)], E. Ruiz-Agudo[(4)]
Dpto. de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Fuentenueva s/n 18002 Granada, España

analuque@ugr.es[(1)] rolando@ugr.es[(2)] cultrone@ugr.es[(3)] encaruiz@ugr.es[(4)]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

Resumen

El empleo de nuevas tecnologías en el estudio y análisis de formación de costras de yeso neoformado a partir de la contaminación atmosférica es un tema de enorme relevancia. En los últimos decenios la tasa de contaminación atmosférica en los centros urbanos e industriales ha aumentado sustancialmente, incrementando con ello el deterioro de nuestros monumentos. Disponer de un exacto conocimiento de los procesos químico-mineralógicos que ocurren en la parte mas superficial del material pétreo con los contaminantes atmosféricos puede ayudar al desarrollo de nuevas metodologías de prevención de daños en los edificios históricos. A partir del análisis en superficie mediante XPS de dos variedades de mármoles (uno calcítico y otro dolomítico) expuestas en el laboratorio a atmósfera contaminada por SO_2, se ha podido comprobar la importante resolución que presenta dicha técnica, pues permite establecer con bastante aproximación el tipo de yeso neoformado en ambos casos, así como la tasa de formación en estos.

Introducción

La contaminación atmosférica procedente, en gran parte, de los procesos industriales y del tráfico es uno de los problemas que más afecta al Patrimonio Arquitectónico. Estas emisiones, compuestas por aerosoles enriquecidos en C, S y N en forma de ácidos, son uno de los principales agentes de deterioro [1, 2, 3]. En los últimos tiempos este deterioro se ha incrementado de tal forma que no deja de ser una fuente de preocupación e investigación constante, pasando a ser uno de los principales temas a tratar en los diferentes seminarios que se realizan “ad hoc” en torno a la conservación del Patrimonio [4, 5]. No obstante, el daño que la contaminación atmosférica produce, así como los mecanismos de deterioro que genera dependen, en gran medida del tipo de material al que afecte [6, 7, 8]. Determinar en qué grado y forma son susceptibles los diferentes materiales pétreos frente al mismo agente de deterioro es importante a la hora de intervenir en un monumento.

En este trabajo se ha podido comprobar el diferente comportamiento que presentan dos tipos de mármol mineralógicamente distintos (uno calcítico y otro dolomítico) frente a un mismo producto contaminante. Un análisis en superficie mediante Espectroscopia Fotoelectrónica de rayos X de las rocas carbonatadas expuestas a atmósfera contaminada por SO_2, ha ayudado a determinar la velocidad de formación de cristales de yeso en sustratos calcíticos frente a los de carácter dolomítico. El uso de esta técnica, aunque es poco usual, no es novedosa en este tipo de ensayos [9], y muestra una gran eficacia y resolución de análisis. Su única limitación reside en el espesor de la capa que es capaz de analizar, ya que esta es de unos pocos micrómetros. Sin embargo, la gran ventaja que presenta respecto a la espectroscopía electrónica de análisis químico convencional (ESCA) es que proporciona información acerca del estado de oxidación de los elementos analizados. Esto resulta muy interesante para identificar fases minerales con precisión ya que como se ha podido comprobar en este estudio, en el caso del azufre no toda la cantidad que se detecta de dicho elemento corresponde a la formación de sulfatos en las muestras.

Materiales y métodos

Para este estudio se han utilizado dos mármoles ampliamente comercializados. La explotación de estos se localiza en la Cordillera Bética (SE España), dentro del complejo Nevado-Filabride.

Mármol Blanco Macael (BL): explotado en la Sierra de los Filabres, Macael (Almería).
Mármol calcítico de textura granoblástica y tamaño de cristal muy variado (entre 400 μm y 3 mm). En la mayoría de los cristales se observa el doble sistema de foliación. Presenta puntos triples y bordes de grano rectilíneos. Las secciones perpendiculares a la foliación muestran colores de interferencia de bajo orden, mientras que las paralelas muestran colores de interferencia de ordenes elevados. Mediante la aplicación de alizarina se observa cómo los cristales de calcita se tiñen de rojo. Como minerales accesorios se encuentran cuarzo, algunas micas de tipo moscovita, óxidos de hierro y minerales opacos tipo pirita que dan lugar a la visualización de los planos de foliación, incluso en "muestras de mano".

Mármol Blanco Ibérico (IB): explotado en Sierra Tejeda, Alhama de Granada (Granada).
Mármol dolomítico de textura granoblástica y tamaño de cristal medio (entre 200 μm y 1 mm). Se observa también el doble sistema de exfoliación. En este tipo de mármol la unión entre granos es de tipo suturado, perdiéndose los puntos triples. Presenta los mismos minerales accesorios que el anterior mármol.

La caracterización mineralógica de las muestras se ha realizado mediante difracción de rayos X (DRX), método de polvo desorientado, con un difractómetro Philips PW 1710, equipado con rendija automática. Las condiciones de trabajo han sido: radiación de emisión CuKα, voltaje 40 kV, intensidad 40 mA, rango de exploración de 3º a 60º 2θ y velocidad del goniómetro de 0,1 2θ /s. El reconocimiento petrográfico se ha realizado mediante la observación directa en láminas delgadas, con un microscopio óptico Olympus BX-60, equipado con cámara fotográfica digital Olumpus DP-12.

El ensayo de deterioro por atmósfera contaminada se ha realizado empleando una cámara termo-sellada Kesternich. La tasa de SO_2 suministrado ha sido de 50 a 400 ppm a una presión de 1 atm y temperatura de 25º C. La alta humedad relativa del ensayo se consiguió introduciendo una cápsula rellena de agua. Las muestras analizadas fueron cortadas con unas dimensiones de 10×10×0,3 cm. Estas se secaron previamente en estufa a 60º C durante 24 h y el tiempo de exposición a la contaminación por SO_2 fue de 24 h.

Una vez finalizado el ensayo de contaminación se realizó el análisis en superficie de los materiales, mediante Espectroscopia Fotoelectrónica de rayos X (XPS). Se ha utilizado un equipo ESCA 5701 compuesto por un analizador/detector de energía hemisférica (modelo PHI 10-360) y dotado de una fuente de rayos-X estándar y ánodo de Mg (modelo PHI 04-548). Para la realización de perfiles en profundidad se ha empleado un cañón de iones de Ar (modelo PHI 04-303ª) a 4kV y con una ventana de 4×4 mm y una distancia de 1,5 cm desde el analizador a la superficie de las muestras. La tasa de desbastado en los perfiles es de 2,4 nm×min. Las condiciones de uso de esta técnica requieren el secado (T > 50º C) y alto vacío (4×10-10 Torr) previo de las muestras. Antes de analizar la superficie de las muestras contaminadas se les realizó un decapado de 4,8 nm, en una ventana de 4×4 mm eliminando así toda contaminación posterior debida a la manipulación de las mismas.

Los valores obtenidos presentan un margen de error que se genera a partir de la carga de las muestras, este se calcula fijando el espectro del C a su máximo característico (284,8 eV).

Resultados y discusión

Del análisis químico de las muestras se seleccionaron los espectros del oxigeno (O), del carbono (C), del calcio (Ca) y del azufre (S) tanto para el mármol BL (Fig. 1) como para el mármol IB (Fig. 3), del que además se obtuvo el del magnesio (Mg). A los valores de energía obtenidos de cada elemento les tenemos que restar el error de carga, que para nuestras muestras es de 4 eV.

Mármol Blanco Macael (BL)

El estudio detallado de los espectros analizados (Fig. 1) refleja como en el caso del oxígeno, el valor de máxima intensidad (c/s) está muy próximo a los valores correspondientes al enlace S-O en el anión SO_4^{-2} (131,5-132,5 eV) y al enlace C-O en el anión CO_3^{-2} (130,5-131,5 eV). En el caso del carbono es interesante ver cómo la curva presenta dos máximos, el mayor (284,8 eV) que corresponde al de contaminación (por manipulación) y el pequeño (289,2 eV) al del carbonato. A su vez, se observa también, cómo el espectro del calcio presenta igualmente dos máximos, aunque, el segundo en intensidad pertenece a su doblete. De nuevo, en este caso, la máxima intensidad corresponde a la superposición de dos bandas, la correspondiente al enlace Ca-CO_3 y al enlace Ca-SO_4. No obstante, el espectro más significativo, para este estudio, es el del azufre, ya que una vez realizada la deconvolución del pico de menor intensidad se observa cómo esta corresponde a la suma de enlace del anión SO_3^{2-} (166,82 eV) y de enlace del anión SO_2 (168,83 eV). Esta deconvolución ha permitido, asimismo, cuantificar estas especies (Tabla 1).

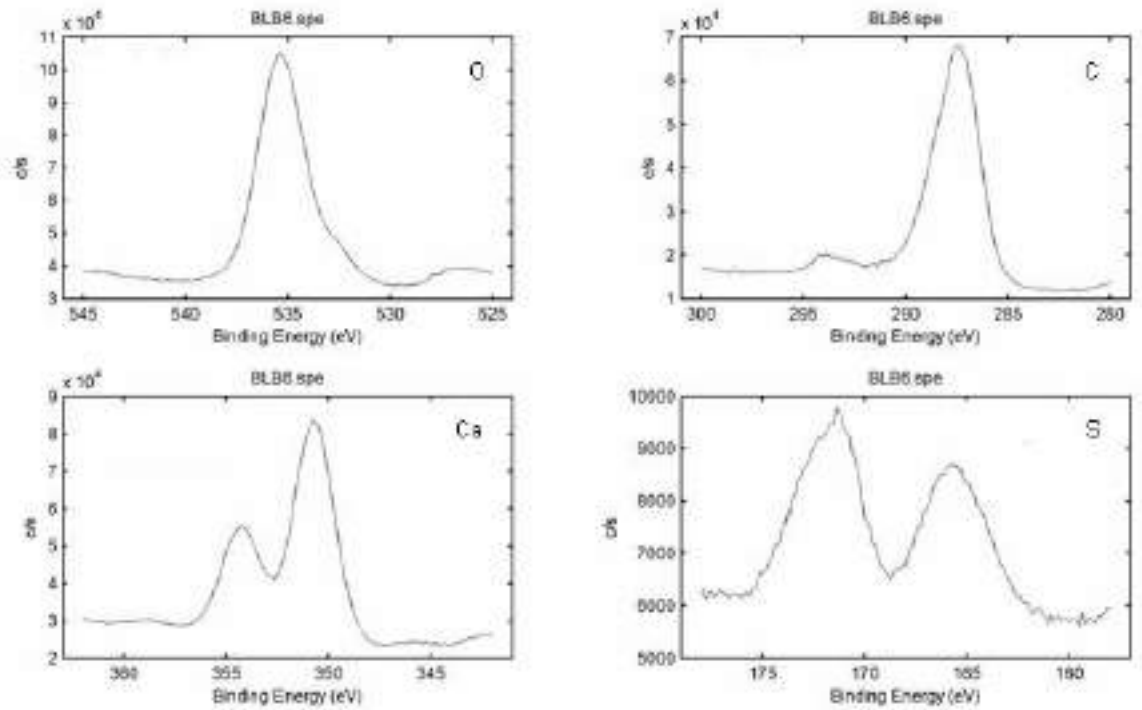


Figure 1.- *Espectros del O, C, Ca y S obtenidos mediante XPS del análisis en superficie del mármol BL. Representación en ordenadas la intensidad en número de cuentas por segundo (c/s) y en abcisas la energía de enlace de cada elemento.*

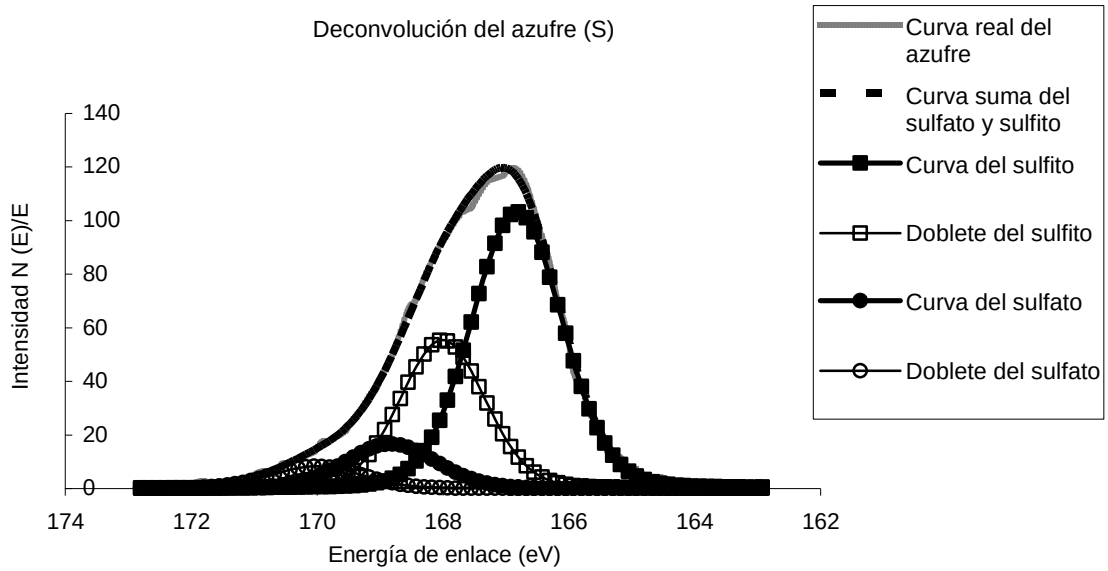


Figure 1.- *Deconvolución del espectro del azufre. Se advierte que la curva suma de los dos compuestos (dióxido de azufre y sulfato) representa la curva obtenida por el instrumento.*

Nº Banda	Valor del pico	Altura	Banda de área	Radio de área	Área	% total de área	Contenido
4	170,01	397	3	0,50	752	4,63	**14 % de SO_2**
3	168,83	794	0		1505	9,26	
2	168,00	2641	1	0,50	4662	28,70	**86 % de SO_3^{2-}**
1	166,82	4919	0		9325	57,41	

Tabla 1*.- Valores calculados (a partir del 100% de azufre detectado en la superficie) mediante deconvolución de la curva obtenida con las curvas teóricas del sulfato y del dióxido de azufre.*

Mármol Blanco Ibérico (IB)

En esta muestra (Fig. 2), se puede apreciar cómo la máxima intensidad del espectro del carbono, pertenece al enlace de carbonato (289,2 eV), lo que indica que prácticamente estamos analizando el sustrato carbonatado.

No obstante, es interesante destacar que en este caso el espectro del azufre muestra su máxima intensidad con una energía de enlace característica de sulfato. Esto mismo sucede con el espectro del calcio y del magnesio, los cuales presentan también sus máximos con energía característica de sulfato cálcico (347,2 eV) y de sulfato magnésico (51,6 eV), respectivamente.

También hay que indicar que esta técnica ha permitido cuantificar el contenido atómico de cada elemento, dato importante a la hora de valorar las distintas tasas de formación de sulfato en ambos mármoles. Una vez observamos los valores de azufre obtenidos comprobamos que el desarrollo de sulfato (yeso) es más evidente en el caso del mármol IB, pero cuando obtenemos las concentraciones de cada elemento, comprobamos que la mayor tasa de formación se encuentra en el mármol BL (Tabla 2).

El hecho, incluso una vez se ha desbastado aproximadamente 84 nm de espesor en ambos mármoles, de encontrar yeso en el mármol BL y no en el mármol IB, indica claramente que el grosor de la costra sulfatada es mayor el mármol calcítico (BL).

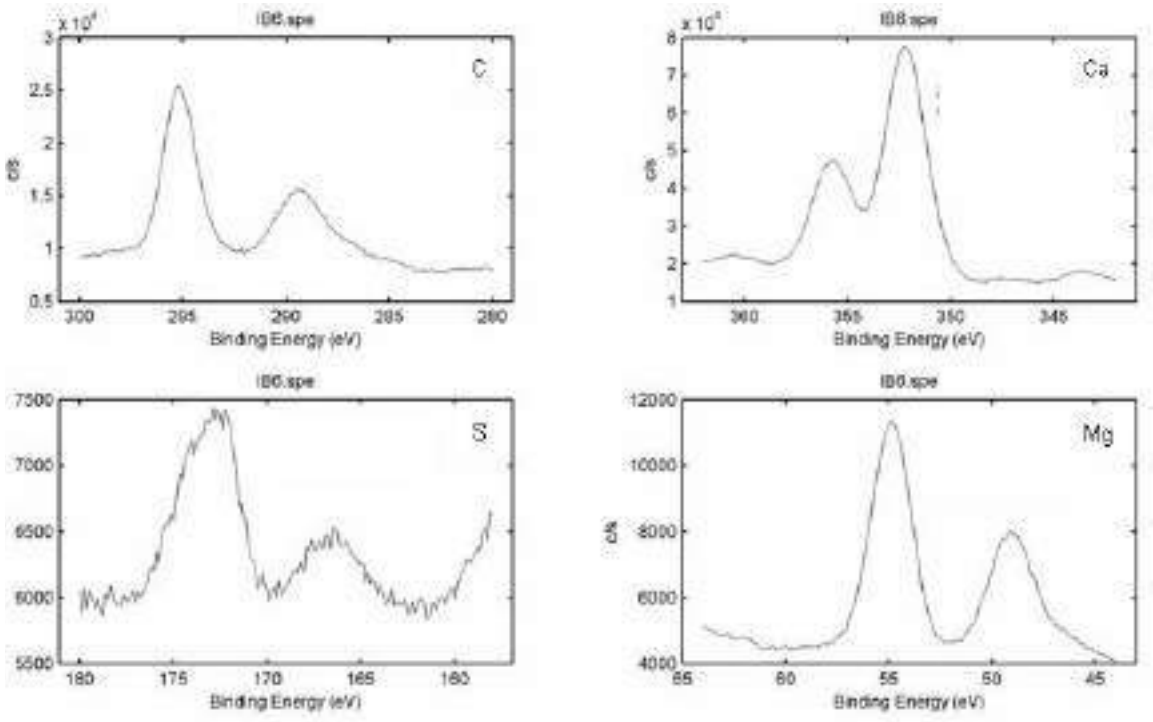


Figura 3.- *Espectros del C, Ca, S y Mg obtenidos mediante XPS del análisis en superficie del mármol IB. Representación en ordenadas la intensidad en número de cuentas por segundo (c/s) y en abcisas la energía de enlace de cada elemento.*

Concentración atómica del análisis superficial del mármol BL				
C 1s	0,314	7,448	57,85	30,81
O 1s	0,733	18,643	27,15	42,92
Ca 2p	1,927	46,786	11,17	20,94
S 2p	0,717	16,593	3,83	5,33
Concentración atómica del análisis superficial del mármol IB				
C 1s	0,314	7,448	20,7	4,15
O 1s	0,733	18,643	51,95	66,10
Ca 2p	1,927	46,786	11,63	17,80
Mg 2p	0,167	3,762	15,65	11,95
S 2p	0,717	16,593	0,07	0,00
Elemento	**Área (cts-eV/s)**	**Factor sensibilidad**	**% Concent. Atóm. a los 2 min de desbastado**	**% Concent. Atóm. a los 30 min de desbastado**

Tabla 2.- *Concentración atómica obtenida en los dos tipos distintos de mármoles estudiados, a los 2 y 30 minutos de desbastado.*

Las diferentes tasas de formación de sulfato en ambos mármoles se pueden explicar teniendo en cuenta las energías de enlace del dióxido de azufre a las superficies de calcita y dolomita. La primera etapa en la formación de la costra sulfatada es el reemplazamiento de una molécula de CO_2 del grupo carbonato por una molécula de SO_2 para dar lugar a la formación de sulfito cálcico. Esta substitución se ve mucho más favorecida en el caso de la calcita, ya que es una reacción más exotérmica [10]. De hecho, la presencia de sulfito SO_3^{2-} fue detectada mediante XPS únicamente en la superficie del mármol calcítico. La adsorción de SO_2 en el caso del mármol dolomítico daría lugar a la formación tanto de sulfito cálcico como de sulfito magnésico (precursor del sulfato magnésico detectado mediante XPS en el caso de los mármoles dolomíticos), aunque en mucha menor extensión que en el caso del mármol calcítico.

Conclusiones

En este trabajo se han estudiado las primeras etapas del proceso de sulfatación de mármoles expuestos a atmósferas enriquecidas en SO_2 utilizando XPS. Los resultados de la investigación ponen de manifiesto, por una parte, que el análisis mediante esta técnica permite determinar y cuantificar con alta resolución los productos formados como consecuencia de la exposición de mármoles a atmósferas contaminadas. La principal fase observada en la costra de alteración es sulfato cálcico, tanto en mármoles dolomíticos como en calcíticos. En el caso del mármol dolomítico se detectó además la presencia de sulfato magnésico. También fue detectado azufre en forma de SO_3^{2-} en la superficie del mármol calcítico, especie que no se observó en el caso del mármol dolomítico.

Asimismo, nuestro estudio ha revelado como, una vez transcurridas tan sólo 24 horas de exposición, la costra de alteración formada presenta un grosor importante, especialmente en el caso del mármol calcítico. La diferente composición mineralógica de mármoles calcíticos y dolomíticos es determinante en su distinto comportamiento frente al ataque por SO_2 y en las variaciones observadas en la tasa de formación de sulfato cálcico en superficie. En particular, la sustitución de CO_2 por SO_2 (como primera etapa de la reacción de formación de sulfato cálcico en la superficie de los mármoles) es mucho más exotérmica en el caso de la calcita, y por tanto se ve más favorecida en los minerales con una composición mayoritariamente calcítica.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia en el marco del Proyecto de Investigación MAT 2004-06804, por la Junta de Andalucía en el marco del Proyecto de Investigación FQM 1635 y por el grupo de Investigación RNM-179 de la Junta de Andalucía. Agradecemos a Mª del Valle Martínez de Yuso (Servicios Centrales de Apoyo a la Investigación, Málaga), por la ayuda prestada en los análisis mediante XPS.

Referencias

[1] C. Saiz-Jimenez. “Air Pollution and Cultural Heritage”. London 2004.
[2] R.M. Esbert, J. Ordaz, F.J. Alonso, M. Montoto. “Manual de diagnosis y tratamiento de materials pétreos y cerámicos”. Col-legi d’ Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona. Barcelona, 1997.
[3] E.M. Winkler, 1994. Stone in Architecture: properties, Springer. Durability 3rd Edition. Berlin
[4] Heritage, Weathering and Conservation. Proceedings of the international conference on heritage, weathering and conservation. HWC-2006, 21-24 Junio. Madrid, Spain.
[5] Conservation of the Cultural Heritage of The Mediterranean Cities. Proceedings of the 5TH International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, 5-8 April, 2000. Sevilla, Spain
[6] Tran Thi Ngoc Lan , Rokuro Nishimura, Yoshio Tsujino, Yukihiro Satoh, Nguyen Thi Phuong Thoa, Masayuki Yokoi, Yasuaki Maeda. “The effects of air pollution and climatic factors on atmospheric corrosion of marble under field exposure”. Corrosion Science 47, 2005, pp. 1023-1038.
[7] Sun-Tae Kima, Yasuaki Maedab, Yoshio Tsujinoc. “Assessment of the effect of air pollution on material damages in Northeast Asia”. Atmospheric Environment 38, 2004, pp. 37-48.
[8] E.S. McGee and V.G. Mossotti. “Gypsum accumulation on carbonate stone”. Short Communication. Atmospheric Environment Vol. 26B, No. 2, pp. 249.253, 1992.
[9] K. L. Gauri and J. K. Bandyopadhyay, 1999. “Carbonate Stone: Chemical Behavior, Durability and Conservation”. Wiley-Interscience, New York, 284 pp.]
[10] K. Malaga-Starzec, I. Panas, O. Lindqvist. “Model study of inicial adsorption of SO_2 on calcite and dolomite”. Applied Surface Science 222, 2004, pp. 82-88.

HORMIGONES DE CAL ISLÁMICOS: ALTAS RESISTENCIAS EN LOS TAPIALES DEL SECTOR ORIENTAL DE LA MURALLA DE SEVILLA (ESPAÑA)

J.J. Martín del Río [(1)], F. J. Alejandre [(2)], F.J. Blasco [(3)], G. Márquez[(4)].
[(1)] [(2)] [(3)]Dpto. de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad de Sevilla, 41012 Sevilla, España.
[(4)]Universidad de Huelva Dpto. Ingeniería Minera, Mecánica y Energética

jjdelrio@us.es [(1)], falejan@us.es [(2)], blasco@us.es [(3)], gmarmar@us.es[(4)]

ÁREA TEMÁTICA: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

1. INTRODUCCIÓN

Con motivo de la reforma general de un edificio de viviendas en la Calle Sol nº 122 de (Sevilla, España), se ha desarrollado una intervención arqueológica basada fundamentalmente en el estudio paramental de la muralla islámica, junto con un seguimiento arqueológico del vaciado de tierras en aquellos lugares afectados por la losa de cimentación contemplada en el proyecto arquitectónico.

1.1. Ubicación del inmueble

La parcela sita en el nº 122 de la Calle Sol de la ciudad de Sevilla, cuenta con una superficie de 206 m², presentando fachada a dicha calle. Se trata de una parcela de forma rectangular con 8.00 m. de fachada por 25.75m de fondo. El inmueble que nos ocupa se ubica intramuros, dentro del casco histórico de Sevilla y adosado a la muralla islámica, en el sector "4" de Santa Catalina- Santiago. Al Este la parcela queda delimitada por el lienzo de la muralla que hace las veces de medianera entre nuestro solar y los Jardines del Valle, al Oeste por la Calle Sol y al Sur y al Norte por sendas viviendas particulares.



Foto 1.- *Plano de la ubicación del solar nº 122*



Foto 2.- *Tramo de Muralla ubicada en el solar de la calle Sol con Torreón de fondo*

1.2. Descripción de las muestras

En cuanto a los estudios analíticos, se han estudiado dos muestras correspondiente al tapial de la muralla islámica designados como UE 1 (muro de tapial recrecido sobre UE 2, adscrito a la primera mitad del s. XIII) y UE 2 (muro de tapial correspondiente al primer momento constructivo, segunda mitad del s. XII). Los objetivos del estudio eran los de determinar la composición química, mineralógica, la granulometría, las propiedades físicas y mecánicas para caracterizar los tapiales y así poder comparar los resultados entre si y con otros estudios realizados sobre dicha muralla en otras zonas de la ciudad. Para la extracción de la misma se han empleado tanto herramientas manuales como equipos mecánicos, con el objetivo de obtener suficiente cantidad de muestra para los distintos ensayos y determinaciones que con posterioridad se han realizado en el laboratorio.





Foto 3.- *Muestra UE 1 Tapial almohade 2ª mitad s. XII* ***Foto 4.-*** *Muestra UE 2 Tapial almohade ½ s. XIII*

2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL TAPIAL

2.1. Análisis químico: determinación de carbonatos y de residuo insoluble

La determinación de carbonatos (expresados como $CaCO_3$) mediante el calcímetro de Bernard según norma UNE103200:1993, tiene validez para aproximar el contenido original de cal ($Ca(OH)_2$) en los tapiales confeccionados con ella, ya que ésta con el tiempo se carbonata y transforma en carbonato de calcio ($CaCO_3$). Se ha de tener en cuenta sin embargo, que tanto la tierra como los áridos empleados en su elaboración pueden contener de forma natural fracciones de naturaleza carbonatada (por ejemplo: el albero), por lo que no siempre todo el contenido de carbonatos determinados es siempre atribuible a la adición de cal.

La fracción insoluble obtenida después de realizar sobre una muestra un ataque con ácido clorhídrico (HCl) 1:1, es indicativa del contenido de árido de naturaleza silícea (cuarzo) y silicatada (feldespatos, micas, minerales de la arcilla, etc.), ya que estos minerales no se atacan ni se disuelven con este ácido. El calcímetro se ha empleado para la fracción del tapial menor de 4 mm (tamaño arena) que es donde se acumula la cal teniendo en cuenta su finura.

En la tabla 1 se muestran los resultados de estos dos parámetros correspondientes a las muestras del tapial, habiéndose incluido también el contenido total de $CaCO_3$ del tapial, que se ha determinado al realizar el tratamiento para el cálculo del residuo ácido.

Muestras	**Carbonatos (%) (como $CaCO_3$)**		**Fracción silícea-silicatada insoluble en HCl (%)**
	Total	**fracción <4mm**	
UE 1	25,9	47,2	67,1
UE 2	12,6	21,3	83,2
Morteros referencia 1:2 (cal:arena en peso)	40 %$CaCO_3$		60
1:3 (cal:arena en peso)	31 %$CaCO_3$		69

Tabla 1. *Contenido en carbonatos y fracción insoluble de los tapiales*

Se puede observar como en el tapial UE 1, el contenido total en $CaCO_3$ ha sido casi el doble (25,9%) que en UE 2, por lo que se podría decir que se trata del tapial más rico en cal, con la limitación de que parte del carbonato analizado provenga de la tierra utilizada en su confección.

Si se realiza la comparación con los morteros de referencia, podemos establecer que las dosificaciones de cal de fabricación fueron ligeramente inferiores a la 1:3 para UE 2 (entre 1:3 y 1:4), e inferiores a 1:4 para UE 1. No se debe olvidar la limitación de que parte del carbonato analizado provenga de la tierra utilizada en su confección, hecho que conduciría a dosificaciones más pobres en cal.

2.2. Análisis químico elemental mediante FRX

Se ha realizado mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos-X marca Panalytical (modelo AXIOS) de tubo de Rh para el análisis elemental de muestras sólidas y líquidas. Este equipo ha permitido el análisis químico cuantitativo de elementos mayoritarios y minoritarios Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, S, F, Cl y S, correspondientes a la fracción menor de 4 mm de las muestras.

MUESTRA	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	MnO %	MgO %	CaO %	Na_2O %	K_2O %	SO_3 %	Cl ppm	PC %	TOTAL %
UE1	61,41	6,57	2,35	0,05	0,75	11,99	0,86	1,50	0,02	0,04	11,53	97,53
UE2	36,46	5,26	2,02	0,04	0,89	27,31	0,38	1,04	0,00	0,02	23,96	97,78

Tabla 2. *Composición química de los tapiales*

Los resultados del análisis químico son los que cabría esperar de los tapiales, muy altos contenido en SiO_2 atribuibles al cuarzo y a silicatos, y altos contenidos en CaO y pérdida por calcinación (PC) asignables al $CaCO_3$. Los menores contenidos en CaO y PC de la muestra UE 2 indica que es la que va a tener menor concentración de $CaCO_3$ y mayor contenido en árido. Por el contrario la UE 1 va a tener mayor concentración de $CaCO_3$, y menos proporción de árido.

Respecto al contenido de SO_3, ha sido muy bajo para los dos tapiales oscilando entre 0,005% y 0,02%, teniendo por lo tanto escasa relevancia, e indicando que no se utilizó yeso (sulfato de calcio dihidrato, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) para la confección de los mismos. El origen del sulfato determinado puede ser doble: la tierra empleada para la ejecución de los tapiales y/o la cal utilizada.

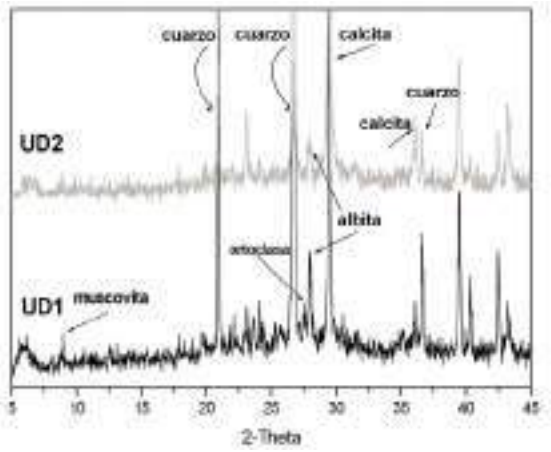
2.3. Análisis mineralógico

El análisis mineralógico de los tapiales se ha realizado mediante difracción de rayos X empleando un difractómetro marca Bruker-AXS modelo D8 Advance, determinando la mineralogía global mediante el método de polvo. Para la identificación de los minerales presentes en la fracción de arcilla se ha separado la fracción de Ø < 2micras, y se ha utilizado la técnica del agregado orientado (AO). Los minerales identificados se muestran en la tabla 3.

Muestra	**Cuarzo SiO_2**	**Calcita $CaCO_3$**	**Feldespatos: Albita Ortosa**	**Micas: Muscovita**	**Minerales de la arcilla**
UE 1	+++	+++	-- +	+	--
UE 2	++++	++	+ +	+	--

+ + + + muy abundante; + + + abundante+ + medio; + indicios; -- no detectado

Tabla 3. *Composición mineralógica de los tapiales.*



Gráfica 1. *Difractogramas de los dos tapiales*

La mayoría de las fases minerales identificadas en las dos muestras de tapial han sido las propias que cabría esperar teniendo en cuenta la naturaleza de sus componentes. El cuarzo y feldespatos (ortosa y albita) tienen su origen en la tierra utilizada fabricarlos, mientras que la calcita puede proceder de la tierra o de la cal utilizada para su elaboración.

En la muestra correspondiente a UE 2 se puede apreciar que el cuarzo es el mineral más abundante, seguido de la calcita con un contenido medio. En cambio, para la UE 1 disminuye la abundancia del cuarzo e incrementa la de calcita. Estos resultados son coherentes con la composición química de ambas muestras.

2.4. Determinación de propiedades físicas: densidad aparente y porosidad accesible al agua

Las propiedades físicas que se van determinar en los tapiales son la densidad real, aparente y la porosidad accesible al agua, caracterizándose todas ellas por suministrar información sobre la estructura del material. El método seguido para la determinación de estas propiedades se basa en saturación con agua de la muestra a vacío según norma EN-1936:1999. Los resultados obtenidos para los tapiales se muestran en la tabla 4.

Muestra	Densidad Aparente (gr/cm^3)	Porosidad Abierta (%)
UE 1	1,81	29,8
UE 2	2,04	23,5

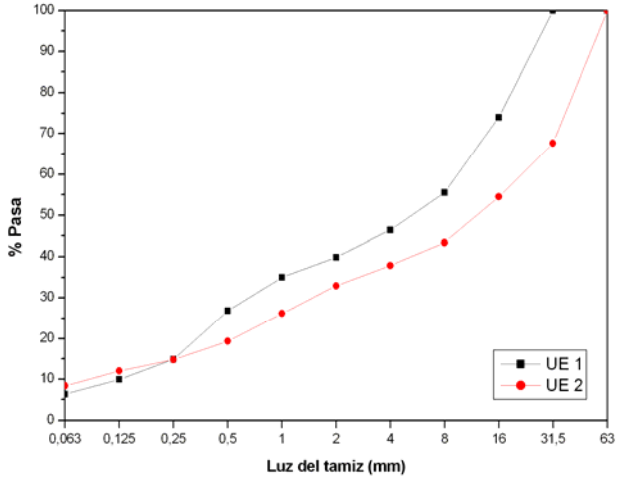
Tabla 4. *Propiedades físicas del tapial*

Los “hormigones” con los que se ejecutan las fábricas de tapial suelen presentar unos valores de porosidad abierta elevados, dentro del rango 30%-50% y habitualmente superiores al 35%, por lo que se los puede clasificar en general como materiales muy porosos. El origen de esta alta porosidad puede justificarse por la presencia de finos de Ø<0,063 mm (cal, calcita, minerales de la arcilla, etc.), caracterizándose todos ellos por poseer una elevada superficie especifica con elevada capacidad de absorción de agua, durante el amasado demandan gran cantidad de agua, que cuando se elimina por evaporación, genera en la estructura del tapial una elevada porosidad abierta. También es frecuente la utilización de elevadas cantidades de agua de amasado para conseguir mayor trabajabilidad de hormigón durante la ejecución.

Los valores obtenidos para los tapiales UE 1 y UE 2 se pueden considerar como tapiales con muy poca porosidad (el hormigón estructural tiene una porosidad que oscila entre el 15% y el 20%). Para UE 1 la porosidad ha sido ligeramente superior, y para UE 2 ha sido muy baja. La explicación de estos resultados radica en que probablemente se ejecutaron con poca cantidad de agua, buena compactación mediante pisón y una adecuada granulometría del árido.

2.5. Granulometría

El estudio de la granulometría de los tapiales se ha realizado en una primera fase mediante el ataque de las muestras de tapial con ácido clorhídrico 1:1, eliminando de esta forma la matriz caliza que actúa como conglomerante de las partículas y granos del tapial. El resultado de este proceso es la obtención de la fracción silícea-silicatada que constituye el tapial de forma disgregada, permitiendo de esta manera su clasificación granulométrica.



Gráfica 2. *Curvas granulométricas de los tapiales*

Del análisis de la gráfica 2 se puede extraer que la grava más fina para la elaboración del tapial fue la que se utilizó en UE 2, curva granulométrica más alta y tamaño máximo del árido 31,5 mm. Para el tapial UE 1 la grava fue ligeramente más gruesa y su tamaño máximo fue de 63 mm. El contenido de finos fue muy próximo en ambos tapiales 8.3 % para UE1 y 6.3% para UE2, siendo relativamente bajos. La forma ambas curvas granulométricas es indicativa de un árido con muy buena compacidad.

2.6. Determinación de las resistencias mecánicas a compresión

Para la determinación de las resistencias mecánicas a compresión se ha procedido al tallado de probetas de geometría aproximadamente cúbica y lados que oscilaban entre 6 y 10 cm en función del la muestra de tapial extraída (dos probetas por cada muestra de tapial). Posteriormente se han refrentado cada una de las probetas con mortero de cemento 1:1 y se ha calculado su superficie con exactitud antes de su rotura.

En la tabla 6 se expone el valor obtenido y unas referencias comparativas correspondientes a muestras de la muralla de Sevilla. [1]

Muestra	Resistencia a compresión (Kp/cm^2)
UE 1	148,3
UE 2	112,6
Barbacana de la Macarena	86
Recrecido muralla de la Macarena primitiva	< 20
Muralla de la Macarena	95
Muralla de la Puerta Real	198
Barbacana de la Puerta Real	130

Tabla 6. *Datos de resistencia obtenidos y de estudios anteriores en otras zona de la Muralla*

[1] Ramírez Reina F.O., Vargas Jiménez J.M.: *Murallas de Sevilla: Intervenciones Arqueológicas.*pp. 85-86. 1999.

Las resistencias a compresión dependen de múltiples factores, siendo la porosidad abierta del material (a menor porosidad mayor resistencia del material y viceversa) el de mayor influencia, también el contenido de cal afecta positivamente a las resistencias mecánicas.

Los valores de resistencia obtenidos para las muestras UE 2 y UE 1 han sido muy elevados, ligeramente inferior para UE 2, y están acordes a grandes rasgos con los resultados obtenidos para sus porosidades y contenidos de cal. Comparándolos para los valores habituales de un tapial (20-80 kg/cm^2) están en una situación muy alta. Para la muestra UE 1 la resistencia obtenida ha sido inesperadamente alta (casi 150 kp/cm^2, el antiguo hormigón estructural tenía 175 kp/cm^2) en relación a su porosidad y contenido de cal.

3. CONCLUSIONES

Se puede concluir que ambas muestras de hormigón de cal son de una calidad excepcional, con una porosidad inusualmente baja para este tipo de materiales, granulometría adecuada para ofrecer máxima compacidad y resistencias mecánicas a compresión muy elevadas.

Sí se comparan los resultados obtenidos con estudios previos sobre otras zonas de la muralla, el análisis de las propiedades físicas ha revelado la calidad excepcional que tiene el hormigón con el que fabricó el tapial UE 1, con una resistencia a compresión muy elevada, de 148,3 Kp/cm^2 (14,83 N/mm^2), aunque algo inferior a la dada en la muralla de la Puerta Real, 198 Kp/cm² (19,8 N/mm^2), es muy superior a la que presentan otros tramos de la muralla Sevillana, como el de la Macarena con 95 Kp/cm² (9,5 N/mm2). Esta diferencia tal vez estribe en que estos tramos de murallas -Valle y Puerta Real- necesitaban de una potencia y resistencia mayores por tener que lidiar con los ataques naturales del arroyo Tagarete y del río Guadalquivir. Las cualidades del hormigón de cal de la primera obra de la muralla del Valle se mantienen de forma similar en el recrecido del s. XIII que, a pesar de ser algo menor su resistencia (11,26 N/mm^2), continúa siendo de gran calidad. El análisis de las propiedades físicas y tipológicas de las muestras delata grandes similitudes de ejecución y composición en ambas fábricas de tapial (UE 2 y la continuidad UE 20; UE 1 y UE 33 recrecido sobre la muralla original alzado Oeste), manifestando una continuidad en su construcción y en el patrón constructivo utilizado.

4. REFERENCIAS

[1] AENOR. UNE-EN 12620:2003. Áridos para hormigón.

[2] AENOR. UNE-EN 1744-1:1999. Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos.

[3] Jedrzejewska, H. Ancient mortars as criterion in analyses of old arquitecture. En ICCROM Symposium Mortars. Cements and grouts used in the conservation of historic buildings. Roma, 1981, 313-329.

[4] NLT-116. Carbonatos en los suelos por el método del calcímetro de Bernard, 1972.

[5] Rilem Commission 25-Pem, Protection Et Érosion Des Monuments. Essais recommandés pour mesurer l'altéracion des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement. Commission 25-PEM, Protection et Érosion des Monuments. Doc. PEM 73/10, 1980.

[6] Ramírez Reina F.O., Vargas Jiménez J.M.: *Murallas de Sevilla: Intervenciones Arqueológicas.* 1999, pp. 85-86.

MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO EN MORTEROS DE CAL Y SU CORRELACIÓN CON EL MÓDULO DE RUPTURA

W. Martínez Molina[1], E. M. Alonso Guzmán[1,2], J. C. Rubio Avalos[1], J. A. Bedolla Arroyo[2], M. Ávalos Borja[3], F. A. Velasco Ávalos[1] y L. F. Guerrero Baca[4,2].

1. Departamento de Materiales y CA-UMSNH-147, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 58040.
2. Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 58040.
3. Centro de Ciencias de la Materia Condensada, Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, Baja California, México, 22800
4. Ciencias y Artes para el Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México D. F., México, 04960

ÁREA 2. ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL. INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

RESUMEN

El uso de los morteros de cal es ampliamente utilizado en obras de tipo civil desde la época de los romanos y los griegos en el continente europeo, y de manera casi paralela, en América; las civilizaciones prehispánicas ya tenían un gran avance en el uso de estos materiales para construcción. Los europeos que vinieron a América trajeron consigo la literatura y las técnicas de la época.

Morelia, Michoacán, México está en la Lista de Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Cuenta con más de un millar de monumentos arquitectónicos catalogados que fueron construidos con ignimbritas. Las ignimbritas son rocas ígneas extrusivas, básicas, abundantes en la región por la geografía y geología de Michoacán. Son rocas no muy soldadas ni compactadas por lo tanto presentaron cierta facilidad de extracción y labrado.
El centro histórico colonial está construido entonces con ignimbritas y morteros de cal, es primordial continuar estudiando las propiedades índices de los materiales citados y este trabajo investiga los valores del módulo de elasticidad dinámico (Ed) obtenido por el método no destructivo de frecuencia resonante (utilizando el equipo del Grindo-Sonic) en morteros de cal adicionados con materia orgánica.

Las pruebas no destructivas tienen amplia aceptación en casos de contarse con pequeñas cantidades de material, en los casos de materiales patrimoniales tienen la ventaja de poder ser repetidas en incontables ocasiones.

Los resultados del Ed fueron comparados contra el esfuerzo de ruptura a la compresión (fc), prueba destructiva, en morteros de cal que contienen aditivos orgánicos a la usanza colonial, determinándose también el módulo de ruptura (M_R), el esfuerzo de ruptura a la compresión (fc) y el esfuerzo cortante (V). Los resultados así obtenidos se correlacionaron matemáticamente para obtener una ecuación de tipo exponencial que permita cuantificar el Ed a partir de los datos del fc, para revisión y diseño del análisis de cargas en mamposterías en edificios.

Los morteros de cal fueron recreados según la literatura con las adiciones orgánicas populares en la localidad para observar su comportamiento mecánico bajo diferentes solicitaciones.

Palabras Clave: morteros de cal, módulo de elasticidad dinámico, pruebas no destructivas.

INTRODUCCIÓN

Se tiene información de la utilización de morteros de cal [1] en la construcción, desde la época de los egipcios. El uso ornamental de los morteros involucró colores o texturas varias, como

aún se observa en los estilos arquitectónicos; incluso hay colores que se consideraban típicos de México como el azul maya [2]; el rojo de la cochinilla de ciertos tipos de cáctus nacionales [3]. El uso de los morteros de cal es utilizado desde la época de los romanos [4] y los griegos en el continente europeo, y de manera casi paralela a éste, en la época prehispánica en América; antes de la llegada de los españoles a América, las civilizaciones prehispánicas ya tenían un gran avance en el uso de los materiales para construcciones.

El primer edificio construido en Morelia con la técnica de "cal y canto" fue el Colegio de San Miguel, adjunto al templo de San Francisco [5], dirigido por los religiosos europeos que trajeron con ellos literatura específica griega y romana sobre las técnicas de construcción, los materiales, los materiales presentaban grandes diferencias pero se buscaron los materiales locales que tuvieran similitudes con los del viejo continente. Entre los más importantes por su versatilidad fue la cal, mineral sedimentario de piedra caliza, CaCO4, que localmente se extraía de bancos aledaños como "Piedras de Lumbre". El mineral se quemaba a temperaturas medias menores a 800ªC. Una vez obtenida la cal viva, ésta debe someterse al proceso de "apagado" para obtener fases mineralógicas que proporcionen adherencia [6]. El mortero de cal hidratada es un mortero químico aéreo, al presentar contracciones por la evaporación del agua de amasado, debe emplearse un árido que absorba los cambios volumétricos y que favorezca el incremento de CO_2, para que se carbonate el hidróxido de carbono del interior.

Los agregados pétreos son aquellos materiales teóricamente inertes que se utilizan en las mezclas de concreto y mortero. Los agregados, según SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos [7], se dividen en finos y gruesos, los finos son arenas, siendo la mayoría de sus partículas menores de 5 mm. Se pueden definir como el conjunto de granos sueltos e incoherentes y de estructura cristalina, las cuales atraviesan la malla No. 4 y son retenidas en la malla No. 200. Los agregados pétreos locales fueron andesitas, rocas ígneas extrusivas, de los aparatos volcánicos circundantes a la ciudad. Estas arenas son pétreos sanos, no intemperizados que no han producido reacciones álcali-sílice con las matrices de los morteros.

EXPERIMENTACIÓN

Cada uno de los materiales constituyentes del mortero, se caracterizó físicamente según los estándares de la American Society for Testing and Materials, ASTM [8,9]. Cada resultado es el promedio de tres cuantificaciones, y los valores obtenidos no deben diferir entre sí en ± 10 %, caso nuestro. Las pruebas realizadas a la cal son: Calidad de la cal, Finura de la cal hidratada y Consistencia normal de la pasta. La fluidez la recomienda el Reglamento de Construcciones para el Estado de Michoacán y es una medida de la trabajabilidad de la mezcla.

Los materiales pétreos proceden del Banco Joyitas, localizado en 0+014 km carretera Morelia-Quiroga, y se caracterizaron con las pruebas: muestreo, porcentaje de absorción de agua, gravedad específica, peso volumétrico seco suelto, peso volumétrico seco compactado o varillado, impurezas orgánicas, equivalente de arena, material que pasa la Malla No. 200 y granulometría. Cada resultado es el promedio de tres cuantificaciones.

Los especímenes de mortero endurecido también se caracterizaron mecánicamente según los estándares de la American Society for Testing and Materials, ASTM. Se elaboraron dos tipos de especímenes: cubos de 5 cm de arista para obtener el esfuerzo de ruptura a la compresión, fc y fueron cabeceados con arena sílica de Canadá; prismas de 5cm x 5cm x 20cm para el módulo de ruptura a la flexión, M_R, y se probaron en la máquina Universal de Pruebas Tinius Olsen de capacidad de 50 toneladas y aproximaciones a 0.5 kg, con el método de carga puntual al centro y simplemente apoyadas. A los prismas, primero, se les realizaron las pruebas no destructivas de módulo de elasticidad dinámico E_d, y cortante, V, con el equipo Grindosonic operado con el programa Emod. La edad de prueba es de 2000 días. Cada lote o muestra de prueba se compone de 3 especímenes: diez muestras fueron adicionadas con sangre de ganado bovino en proporción de 85% agua y 15 % sangre en volumen; seis muestras fueron adicionadas con mucílago de nopal, el mucílago se obtuvo hirviendo 650 gr de cactus opuntia blanco en agua hasta reducir a 1 litro, y ocho muestras se adicionaron con lana de cordero, en proporción de 0.2% del peso de la cal empleada para la mezcla. Esquirlas de

mortero probado a compresión se metalizaron con Au y se observó la morfología en un Jeol JSM 3500.

RESULTADOS

Las pruebas se realizaron según los estándares de la ASTM, los resultados de calidad están resumidos en las Tablas 1 y 2 para la cal y el árido respectivamente. Respecto a las cuantificaciones físico-mecánicas a los morteros endurecidos, están indicados en la Tabla 3.
Las Figuras 1 y 2, contienen las gráficas con los resultados del comportamiento mecánico de los morteros endurecidos bajo diferentes solicitaciones.

Tabla 1. Pruebas realizadas a la cal para su uso en morteros.

PRUEBA	ESTÁNDAR	RESULTADO	RECOMENDACIONES
Calidad de la cal	ASTM C110-00	Cal hidratada	Cal hidratada
Finura de la cal hidratada	ASTM C110-00	9.21% Retenido	Máximo 10%
Consistencia normal de la pasta	ASTM C110-00	58.5%, penetración 19mm	
Fluidez de la mezcla	R Construcción	115%	

Tabla 2. Pruebas realizadas en agregado pétreo fino para su uso en morteros.

PRUEBA	ESTÁNDAR	RESULTADO	RECOMEN-DACIONES
Muestreo del agregado	ASTM D 75	500g.	500 - 600g.
Porcentaje de absorción	ASTM C128-97 DGN C165	1.78%	1.5 a 8.0%
Gravedad específica	ASTM C128-97 DGN C165	2.33	> 2.0
PVSS.	ASTM C29/C29M-97 DGN C73	1.14 g/cm3	≥ 1.0
PVSV	ASTM C29/C29M-97 DGN C73	1.16 g/cm3	≥ 1.0
Impurezas, colorimetría	ASTM C40-99 DGN C78	No. 1	Máx No. 3
Equivalente de arena	ASTM 2419	98.19%	Mínimo 90%
Mat. pasa Malla No. 200	ASTM C117-95 DGN C84	5.30%	Máximo 5%
Granulometría, MF	ASTM C136-96 DGN C77	3.03	1.6 a 2.5

*Tabla 3. Promedios de las cuantificaciones mecánicas para Morteros de cal adicionados con Lana de Cordero, M1 [10], Mucílago de Nopal, M2 [11] y Sangre de ganado bovino, M3 [12-13]. Donde las unidades de cuantificación son: ** en kg/cm3 y * en kg/cm2.*

M	*L (cm)*	*E (cm)*	*B (cm)*	*W (gr)*	*Vol (cm^3)*	*D***	*V**	*fc**	*M_R**	***Ed****
1	*20.295*	*5.077*	*5.006*	*771.98*	*515.92*	*1.495*	*2.441*	*5.44*	*3.702*	***33,170.00***
2	*20.366*	*5.084*	*5.010*	*813.51*	*518.99*	*1.567*	*2.461*	*4.75*	*3.757*	***37,928.00***
3	*20.304*	*5.078*	*5.006*	*777.17*	*516.30*	*1.504*	*2.443*	*5.35*	*3.709*	***33,764.75***

Figura 1. Ecuación de correlación.

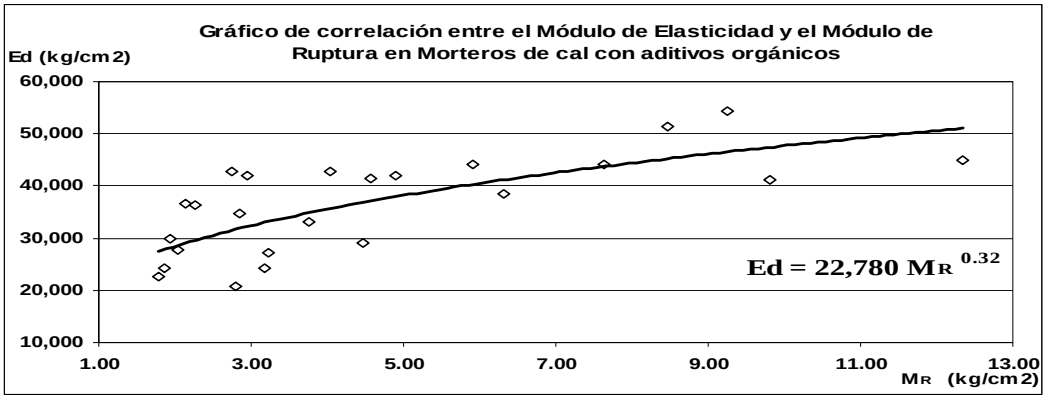
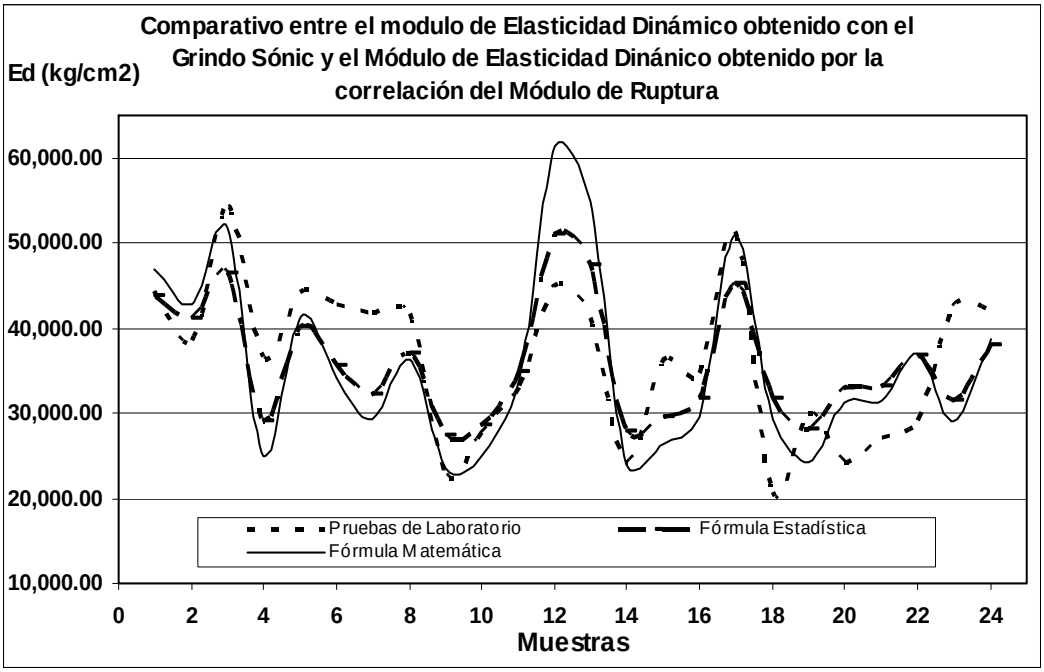
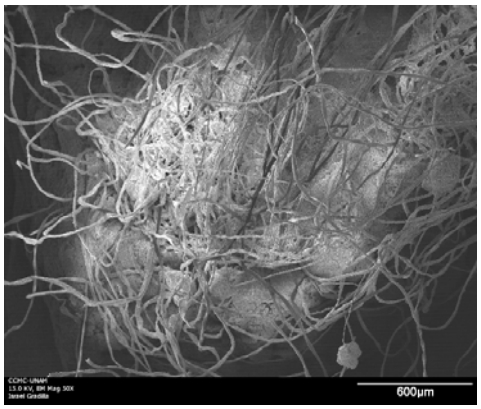
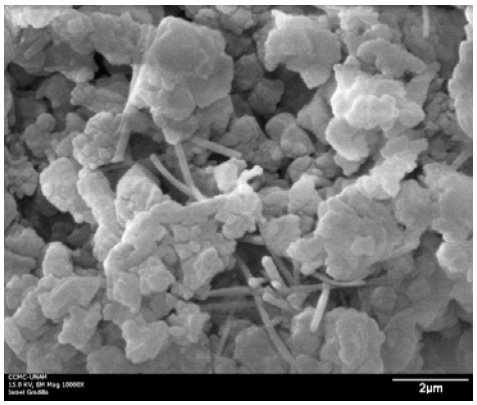
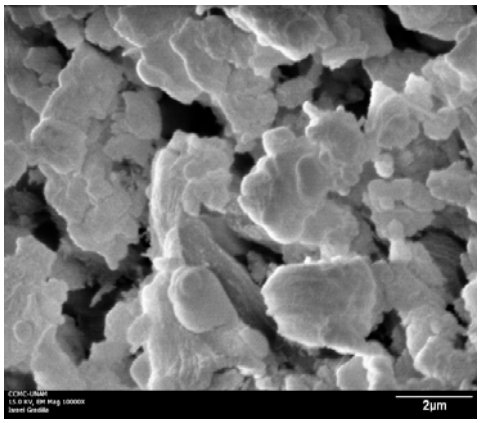


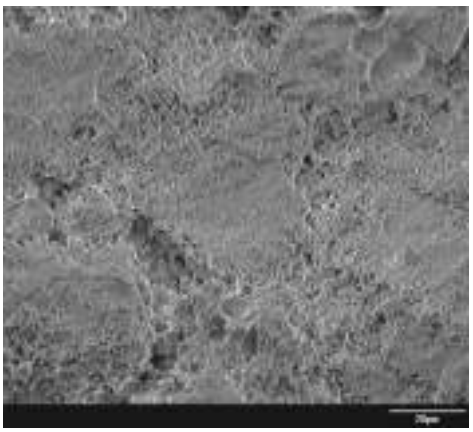
Figura 2. Ecuaciones contra Pruebas de Laboratorio











Figuras 3, 4, 5 y 6. Microfotografías de Morteros de cal adicionados con fibras, lana de cordero (3); mucílago de cactus opuntia (4), sangre de ganado bovino (5) y matriz de cal (6).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio de los morteros base cal con adiciones orgánicas entre otros motivos ha tenido razón de ser pues cuando se ha cuantificado la resistencia mecánica de los bloques de ignimbritas de los monumentos, por presentar aspecto de deterioro, se observa que la resistencia mecánica de esos bloques es de aproximadamente 450 kg/cm2, mientras que los bancos de ignimbrita actualmente en explotación suele variar de entre 70 a 120 kg/cm2, por lo que no se resuelven problemas sustituyendo bloques, deben conservarse hasta encontrar un banco aledaño con las características mecánicas similares a las existentes en los bloques de los monumentos arquitectónicos, también se toma en consideración que es un material usado en la época colonial, de fácil manejo y colocación.

En los estudios y pruebas de resistencia mecánica en morteros de cal provenientes de monumentos histórico-arquitectónicos, especialmente por su baja resistencia y su mínima existencia en las edificaciones de piedra, es difícil pensar en la realización y repetición de pruebas destructivas. La resistencia mecánica debe obtenerse en lo posible con métodos no destructivos, como esclerometría, velocidad ultrasónica, impulsos, y a partir de ella debe inferirse el módulo de elasticidad dinámico, valor determinante para cálculos de resistencia de mamposterías naturales en los casos en que se estima sobre-solicitación por cargas verticales u horizontales, también en casos de análisis de método finito, en revisiones por estados límite.

El aditivo de lana de cordero, fibra animal, tiene buen comportamiento a la tracción pero se observó que aún que las fibras fueron reducidas de aproximadamente 15 cm en estado natural a 2.5 cm, tienden a aglutinarse y depositarse en sitios preferenciales como las esquinas de los especímenes, Figura 3. El mortero con mucílago de nopal presentó también fibras no solubles del cactus, Figura 4; estéticamente hablando el mortero adicionado con sangre producto del sacrificio de ganado bovino provocó coloración en tonos de verde, las matrices de cal con sangre son similares a las matrices de cal adicionadas con mucílago, exceptuando la presencia de fibras, Figura 5, en la Figura 6 se observa que la matriz de cal no es homogénea ni muy compacta, se aprecian poros y estructura panaloide debida a ellos, pero no se observó en ninguna muestra que hubiera craquelameinto entre la interfase del pétreo y la matriz.

Tabla 5. Propuesta de Ecuaciones [13]

MORTEROS	FÓRMULA		FIGURAS
	ESTADÍSTICA	MATEMÁTICA	
Con Aditivos Orgánicos	$Ed = 18{,}441\, fc^{0.36}$	$Ed = 14{,}500\sqrt{fc}$	1 y 2

Agradecimientos

Los Autores agradecen a la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo con los proyectos 12.4, 12.5 y 12.11; al Proyecto CB-2006-59999 del CONACYT; la Movilidad del Proyecto Trainmonher FP6-2002-INCO-COMULTILAT/SSA-5 con la Comunidad Europea y el soporte técnico para las cuantificaciones físico mecánicas de los Ing. B. A. Méndez Miranda, C. Moralez Garibay e Ing. X. Chávez Cárdenas, el soporte técnico del Ing. I. Gradilla Martínez del CCMC-UNAM con la MEB, el apoyo en las cuantificaciones del Depto. de Materiales Cerámicos del IIM-UMSNH.

Referencias Bibliográficas

1. Charola, A. E. y F. M. A. Henriques, “Lime mortars: some considerations on testing standardization”, 1999, The Use of and Need for Preservation Standards in Architectural Conservation, ASTM STP 1355, ISBN 0-8031-2606-9, pp. 142-151
2. Magaloni, D., R. Pancella, Y. Fruth, J. Cañetas y V. Castaño, “Studies on the Mayan Mortars Technique”, 1995, Materials Research Society, Symposium Proceedings Volume 352, pp 483-489
3. Aguilar Becerril, G., “Aspectos fisiológicos, bioquímicos y biofísicos del nopal (Opuntia SPP)”, 1999, Tesis Doctoral, Inst. de Inv. Qco. Biológicas, UMSNH, Morelia, México, pp. 2-7
4. Vitrubio Polión, Marco Lucio, Los Diez Libros de Arquitectura, 2000, Alianza Editorial, España, 2ª Reimpresión, Libro Segundo, ISBN 84-206-7133-9, pp 105-113, Libro Séptimo pp 265-273
5. Ramírez Romero, E., Catálogo de Construcciones Artísticas, Civiles y Religiosas de Morelia, 1981, UMSNH y FONAPAS Michoacán, Grama Editora, México
6. El-Turki, A., R. J. Ball and G. C. Allen, “The influence of relative humidity on structural and chemical changes during carbonation of hydraulic lime”, 2007, Elsevier, Cement and Concrete Research, Volume 37, pp 1233-1240
7. Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., Mecánica de Suelos I, 1981, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Ed. Limusa, México, Tercera Edición, Séptima Reimpresión, pp. 34-49
8. ASTM, Vol 04.02, Concrete and Aggregates, SO40200, West Conshohocken, PA, 2000.
9. ASTM, Vol 04.08, Soil and Rock (I): D 420- D 5779, SO40800, West Conshohocken, PA, 2000.
10. Álvarez Blancas, A. “Fibras de origen animal como refuerzo de morteros antiguos”, 2001, Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, UMSNH, México, pp 23-46
11. Camacho Sánchez, C. S., “Caracterización de Morteros Antiguos de base orgánica Vegetal”, 2001, Tesis de Licenciatura de la Fac. de Ingeniería Civil, UMSNH, Morelia, México, pp 76-84
12. García Rodríguez, L. “Morteros de Albañilería para Restauración, de base orgánica animal”, 2001, Tesis de Licenciatura de la Fac. de Ingeniería Civil, UMSNH, Morelia, México, pp 112-117
13. Méndez Miranda, Benito Adalberto, “Módulo de Elasticidad Dinámico en Morteros de Cal y su Correlación con el Módulo de Ruptura”, 2007, Tesis de Licenciatura de la Fac. de Ingeniería Civil, UMSNH, Morelia, México, pp 91

DURABILIDAD DE ALGUNOS MATERIALES PÉTREOS A UTILIZAR EN LA SAGRADA FAMILIA DE BARCELONA

Félix Mateos [(1)], Rosa Mª. Esbert [(2)]
Dpto. de Geología (Petrología y Geoquímica). Universidad de Oviedo.
c/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005, Oviedo (Asturias)

fjmateos@geol.uniovi.es [(1)]; resbert@geol.uniovi.es [(2)]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y MEDOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES.

Resumen

Las obras que durante los últimos tiempos se vienen desarrollando en el Templo Expiatorio de la Sagrada Familia de Barcelona, y que en unos años permitirán contemplar finalizada la muestra cumbre de Gaudí, hacen necesario introducir continuamente en el edificio nuevos materiales pétreos de muy distinta naturaleza, tales como granitos, calizas, areniscas, travertinos, etc. Dado que los volúmenes de material pétreo a utilizar son muy elevados, y a fin de garantizar una adecuada respuesta de éstos frente a un ambiente urbano –marítimo como el de la ciudad de Barcelona, desde hace años se lleva a cabo un control de la calidad de los mismos, referida a su susceptibilidad al deterioro en el entorno donde se van a utilizar. Dado que los principales agentes de deterioro son, en Barcelona, los contaminantes atmosféricos y los aerosoles salinos, todos estos materiales han sido sometidos a ensayos de envejecimiento artificial acelerado (resistencia frente a atmósferas saturadas en SO_2 y resistencia frente a la niebla salina). La evolución de estas piedras durante los ensayos, analizada mediante la determinación de parámetros tales como la pérdida de peso y las variaciones cromáticas, así como la observación directa de las superficies pétreas ensayadas, a escala macroscópica (inspecciones visuales) y microscópica (microscopía electrónica de barrido y microanálisis puntual. SEM+EDX), junto a una completa caracterización petrofísica de dichas piedras, han permitido discriminar cuales de las propuestas mostrarán una mejor respuesta frente al deterioro, una vez que éstas se utilicen en los exteriores del Templo Expiatorio.

Palabras clave: Durabilidad, Niebla salina, Atmósferas contaminadas con SO_2, Envejecimiento artificial acelerado, Rocas ornamentales

Introducción

Para terminar la obra inacabada de Gaudí, se requiere la utilización de muy diversos tipos de rocas ornamentales, tanto para los exteriores como para los interiores del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia de Barcelona. En los últimos años, y a fin de garantizar su idoneidad, todos estos materiales vienen siendo sometidos a estrictos controles de calidad, donde principalmente se evalúa la durabilidad de los mismos como piedra de edificación. Para evaluar dicha durabilidad, las rocas son sometidas a ensayos de envejecimiento artificial acelerado en cámaras climáticas, donde se reproduce la acción de los factores atmosféricos y los agentes contaminantes que más frecuentemente van a condicionar su comportamiento una vez puestos en obra. El análisis de los resultados obtenidos en dichos ensayos de durabilidad, junto con las características petrofísicas de los materiales estudiados, permiten concluir cuales de las rocas ornamentales propuestas mostrarán una respuesta adecuada, cuando una vez puestas en obra se vean sometidos a la acción de los agentes externos.

A lo largo del presente trabajo, se presenta de manera sintetizada, los materiales pétreos hasta ahora ensayados, la metodología utilizada en la evaluación de su durabilidad y algunos de los resultados obtenidos.

Materiales

Durante los últimos años han sido más de una docena los materiales pétreos estudiados. Así, granitos (Mallo, Silvestre, Fraguas, Santa María, Tarn y Bóveda Moreno), areniscas (Pinares, Dorada Urbión y Piedra de Escocia), calizas (Crema Teruel y Piedra de Calafell) y travertinos (Teruel) han sido sometidos a los ensayos y estudios anteriormente mencionados (Figura 1).

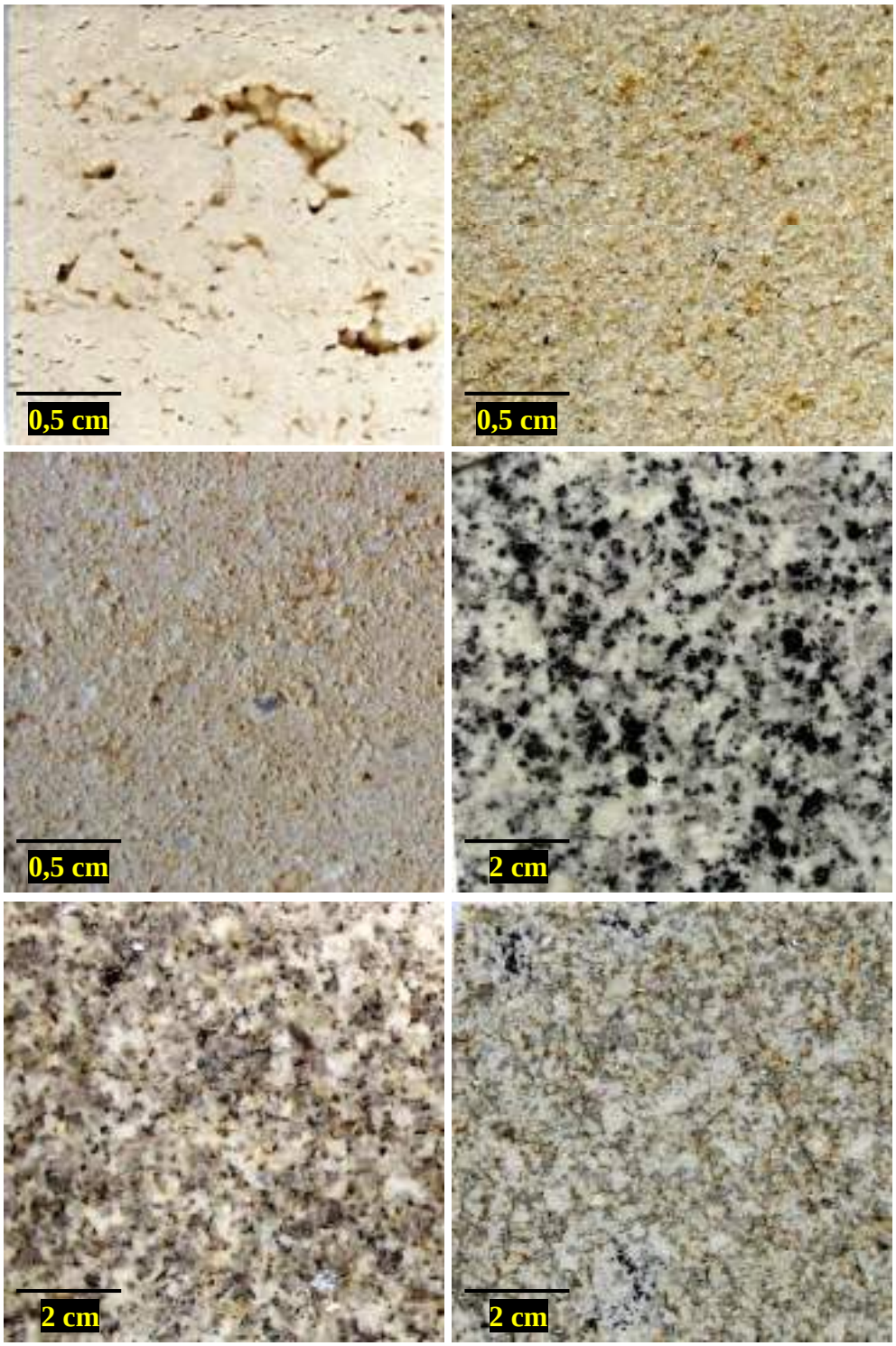


Figura 1.- Aspecto macroscópico de algunas de las rocas ornamentales ensayadas durante los últimos años como posibles materiales a utilizar en la Sagrada Familia. a)Travertino Teruel, b) Arenisca de los Pinares, c) Piedra de Calafell, d) Granito de Tarn e) Granito Bóveda Moreno y f) Granito del Mallo.

Ensayos

Dada la posible ubicación final de dichos materiales pétreos, tanto en zonas exteriores como en el interior del templo, en un ambiente urbano próximo al mar, se han considerado que los agentes ambientales que en ambos casos más van a influir en el deterioro de la piedra serán el SO_2 y los aerosoles salinos, por lo cual se han realizado ensayos con estos dos tipos de contaminantes.

Ciclos de aerosoles salinos (Na Cl): el ensayo estudia el efecto de los aerosoles salinos generados en ambientes marinos o industriales, atribuyéndose fundamentalmente los daños generados a la acción mecánica de la sal en su proceso de cristalización. Se trata de un ensayo normalizado [1], menos agresivo que el de cristalización de sales con Na_2SO_4, siendo los resultados obtenidos más extrapolables a la realidad. El ensayo tiene una duración de 60 ciclos, que han consistido en 8 horas de nebulización y 16 horas de secado en condiciones ambientales (T: 25ºC, HR: 75%), en vez de las 4 y 8 horas que estipula la norma respectivamente (Figura 2).

Exposición en atmósferas contaminadas (SO_2): el objetivo de este ensayo es estudiar el efecto de los diferentes gases contaminantes (SO_2 en este caso) típicos de atmósferas urbanas e industriales, en distintas condiciones de humedad, temperatura y concentración de gas, sobre los materiales objeto de estudio. Se trata de un ensayo normalizado [2], que consiste en exponer las probetas a atmósferas saturadas en SO_2. El ensayo tiene una duración ininterrumpida de 21 días, utilizándose dos soluciones con diferentes concentraciones, dando lugar a dos atmósferas con diferente grado de agresividad (Figura 3).

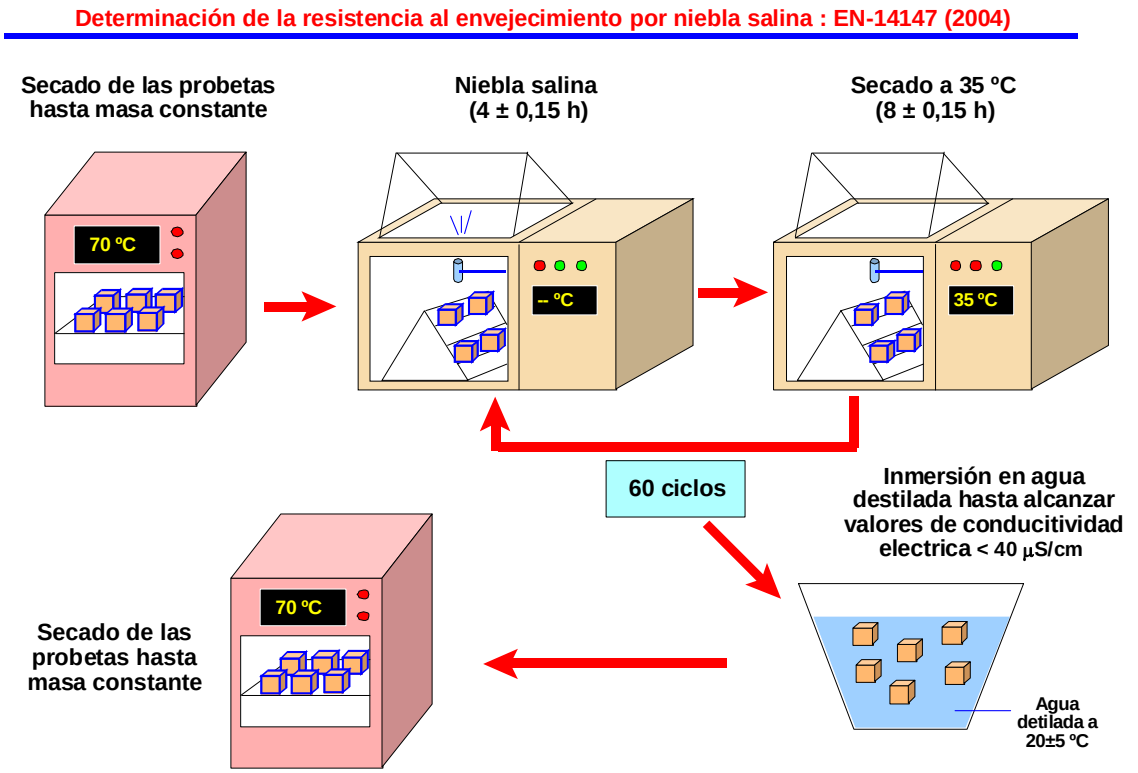


Figura 2.- Esquema ilustrativo del ensayo de resistencia a la niebla salina (arriba) al cual han sido sometidas las rocas ensayadas.

Determination de la resistencia al envejecimiento por la acción del SO_2 en presencia de humedad EN-13919 (2003)

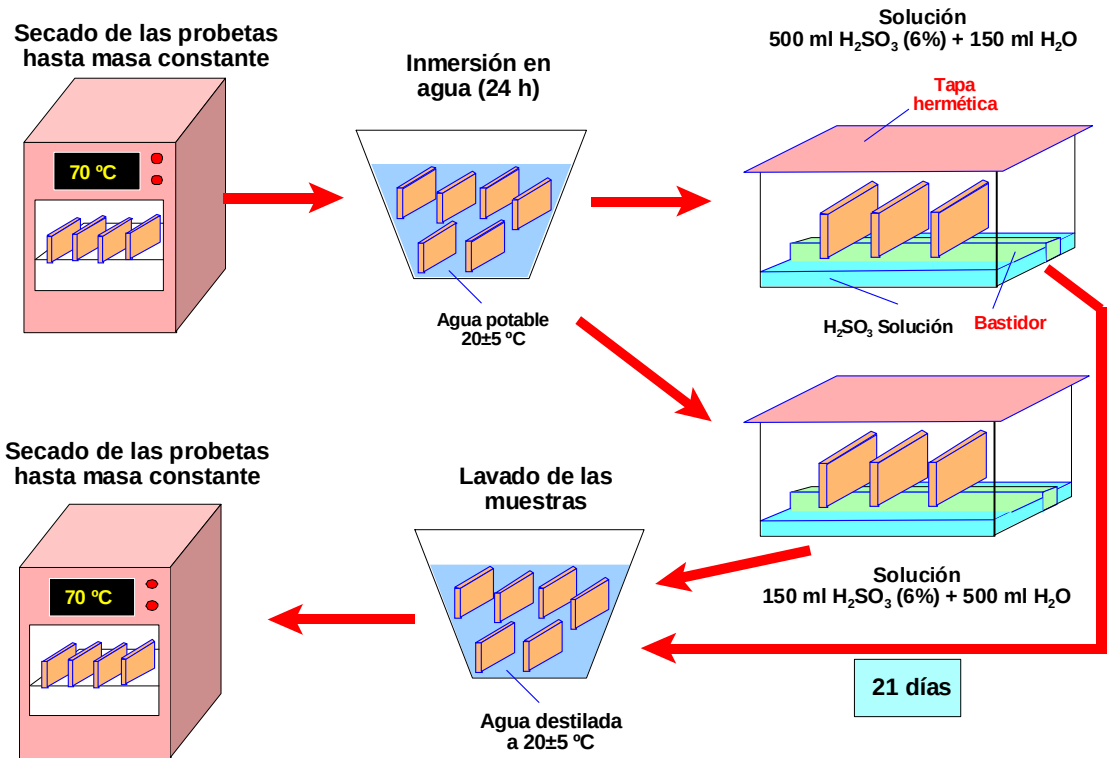


Figura 3.- Esquema ilustrativo del ensayo de resistencia al SO_2 en atmósferas contaminadas al cual han sido sometidas las rocas ensayadas.

Valoración de los ensayos de durabilidad: resultados obtenidos

La valoración de los daños originados sobre los materiales pétreos ensayados se lleva habitualmente a cabo mediante una combinación de mediciones cuantitativas y de observaciones cualitativas:

Cuantificación de las variaciones de peso de las muestras: Se determina el peso original de las muestras después de 48 horas de secado en estufa a 60 ºC; el peso de las mismas muestras después de 60 ciclos de niebla salina y tras 48 horas de secado en estufa a 60 ºC; y finalmente el peso de estas mismas muestras una vez lavadas con agua destilada a 35 ºC hasta eliminar las sales presentes, y secadas posteriormente en estufa a 60 ºC (Figura 3).

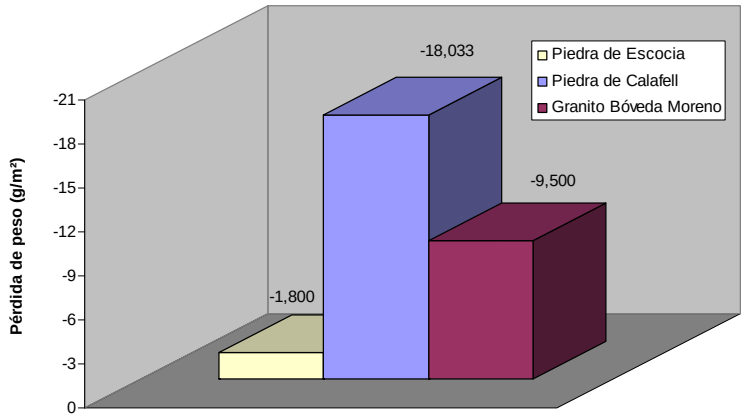


Figura 4. Gráfica comparativa de la pérdida media de peso expresada en g/m² experimentadas por tres de las rocas estudiadas tras ser sometidas a 60 ciclos de niebla salina.

Medida de las variaciones del color de los materiales ensayados mediante colorímetro tri-estímulo: Mediante la utilización de un colorímetro Minolta CR-200 se procede a la medición del color sobre las mismas muestras antes y después de la realización de los ciclos. Las medidas colorimétricas [3] obtenidas en este trabajo se han expresado según la nomenclatura de los espacios de color CIEL*a*b* y CIEL*C*h (Figura 5).

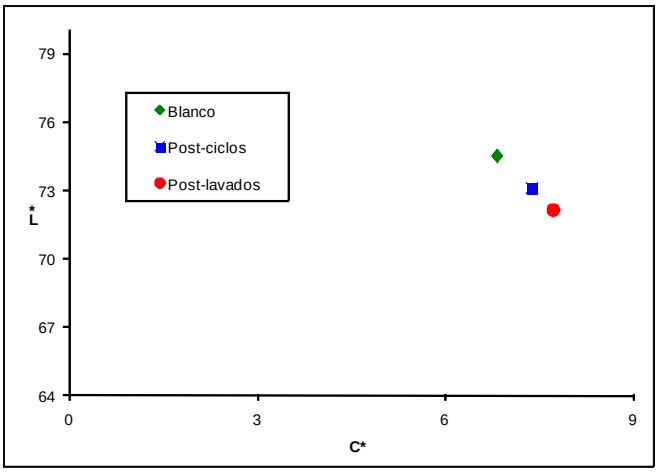


Figura 5. Representación de los valores medios de L frente a C* obtenidos para el Granito Bóveda Moreno antes y después de los ciclos de aerosoles salinos.*

Observación macroscópica de las superficies expuestas: Otra de las formas de ver los posibles efectos de los ensayos de envejecimiento acelerado es mediante la observación macroscópica a simple vista o con lupa y con la toma de fotografías de los materiales estudiados, antes y después de los ciclos. Para facilitar la observación macroscópica de los desperfectos que los ciclos de niebla salina van a generar en las probetas ensayadas, las aristas de las probetas cúbicas son previamente rotuladas (Figura 6).

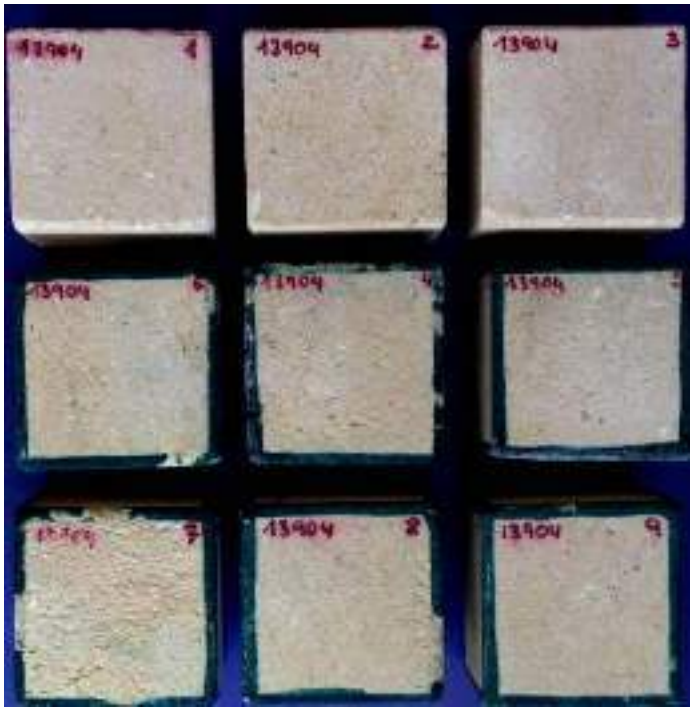
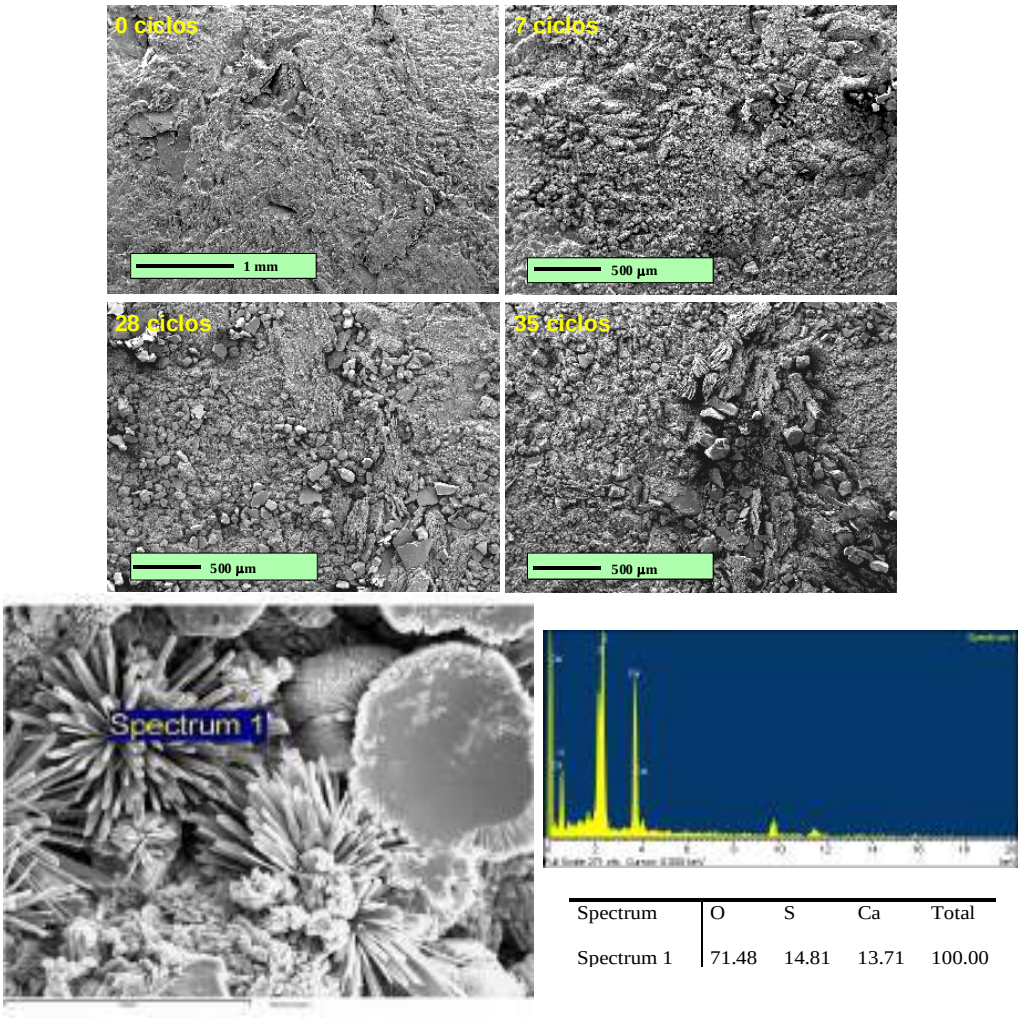


Figura 6. Aspecto macroscópico de la superficie de las probetas de Piedra de Calafell sometidas al ensayo de niebla salina. Las probetas 1 a 3 corresponden con muestras no ensayadas, mientras que las probetas 4 a 9 han sido sometidas a 60 ciclos. En este último caso se puede observar la pérdida parcial de la rotulación de algunas de las probetas, poniendo de manifiesto las saltaciones que los ciclos de niebla salina han generado sobre esta caliza.

Observaciones microscópicas (SEM+EDX): Para observar con mayor detalle los posibles daños generados durante y a la conclusión de los ciclos (Figura 7), se han examinado las muestras una vez metalizadas, con microscopio electrónico de barrido (MEB), efectuándose microanálisis con detector de rayos X por energía dispersiva (EDX), a fin de determinar la naturaleza de los minerales neoformados (Figura 7).



Spectrum	O	S	Ca	Total
Spectrum 1	71.48	14.81	13.71	100.00

Figura 7.- Arriba, observaciones al SEM de la evolución del granito del Mallo durante los ciclos de niebla salina, Abajo, análisis morfoquímico (EDX) de los cristales de neoformación que tapizan la superficie de las muestras estudiadas. Los elementos químicos detectados corroboran que dichos cristales son de yeso.

Agradecimientos

A Carles Farrás y Toni Caminal, pertenecientes al equipo técnico que dirige las obras del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia de Barcelona.

Referencias

[1] EN-13919 (2004). Determinación de la resistencia al envejecimiento por la acción de SO2 en presencia de humedad. AENOR. 12p.

[2] EN-14147 (2003). Determinación de la resistencia al envejecimiento por niebla salina. AENOR. 12p.

[3] MCADAMS. D.L., (1985). Colour Measurement. Theme and Variations. Springer-Verlang. 230p.

CARACTERÍSTICAS PETROLÓGICAS Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA PIEDRA DE CONSTRUCCIÓN DE LA MURALLA DE PLASENCIA

M.I. Mota [(1)], R. Fort [(2)], O. Ercilla [(1)], M.J. Varas [(2)], R. Maderuelo [(1)], C. Vázquez-Calvo [(2)]

[(1)] INTROMAC. Campus Universidad de Extremadura, 10071. Cáceres.
[(2)] Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). Dpto. Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias Geológicas, 28040 Madrid.

imota@intromac.com [(1)], rafort@ geo.ucm.es [(2)]

GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

Resumen:

La piedra de construcción utilizada en la Muralla de Plasencia es principalmente un granito porfídico de dos micas. El material procede de canteras próximas a la ciudad como son las que aún persisten de El Berrocal y del Cotillo de San Antón. La piedra presenta un estado de conservación bueno, aunque sufre procesos de alteración que generan arenización, fisuración, desplacados y descamaciones. También se aprecia la presencia de alteraciones cromáticas por la generación en la superficie de algunos mampuestos, de una pátina natural generada por la formación de recubrimientos de óxidos de hierro.

Palabras clave: Piedra natural, petrofísica, granitos, patrimonio arquitectónico, pátina natural.

1. Introducción.

El conjunto monumental de Plasencia está constituido por importantes monumentos que han sido declarados como Bienes de Interés Cultural (BIC). Se pueden destacar el Palacio de Almaraz o de los Grijalvos, el Palacio de los Monroy o Casa de las dos Torres y el Palacio del Marqués de Mirabel. Las murallas, declaradas BIC en 1958, tienen una gran importancia al constituir el límite de su casco antiguo y al haber sido sometidas a diferentes intervenciones de restauración, constituyendo una de las edificaciones más antiguas de la ciudad.

Para poder establecer la durabilidad de la piedra utilizada en la muralla, es necesaria su caracterización en función de ciertas propiedades que sirven como indicadores de alteración y del intervalo y tipo de factores de alteración, que son aquellos parámetros capaces de inducir cambios en las citadas propiedades a través de determinados mecanismos de alteración ya sean atmosféricos (alteración atmosférica y meteorización), antropogénicos (alteración antropogénica) o biológicos (bioalteración) [1].

2. Descripción de la Muralla de Plasencia.

Su construcción se realiza por orden de Alfonso VIII, después de la conquista definitiva de Plasencia a los almohades, convergiendo las cronologías sobre su construcción entorno al año 1196. Inicialmente se trata de una doble muralla constituida por muro alto y barbacana exterior, separados por tres muros y un foso con puente levadizo. A ella se vinculan las Torres de Lucía y de la Reina, diversas puertas y postigos y cuenta con más de 70 torreones (Foto 1).

En casi la totalidad de la Muralla, los muros son de mampostería aparejada, es decir, que los mampuestos han sido labrados toscamente en forma de sillar, y tienen igual altura en cada hilada aunque cada hilada tiene alturas diferentes. Se trata de mampostería ordinaria, en donde los mampuestos presentan en sus uniones ripios, además de morteros de cal y arena.



Foto 1. *Muralla de Plasencia vista desde la Puerta del Sol.*

Las dimensiones medias de los mampuestos de la muralla son de 17-35 cm. de soga, por 13-27 cm. de tizón y 15-30 cm. de grueso o altura. Se observa una heterogeneidad dimensional. La piedra utilizada en los mampuestos y en los sillares de las puertas de acceso son de granito, aunque existen en la muralla mampuestos de otras litologías (migmatitas, diabasas, pizarras,...).

3. Geología de la zona de Plasencia.

Plasencia se sitúa en la zona centro-norte de la provincia de Cáceres, siendo su rasgo geográfico más significativo el río Jerte, que, con una dirección NE-SO, siguiendo el accidente tectónico Alentejo-Plasencia, la divide prácticamente en dos mitades (Figura 1). Se encuadra dentro del Macizo Hespérico, y más exactamente en la parte meridional de la unidad Geológica Centroibérica.

La presencia de rocas graníticas y migmatíticas pertenecientes al área granítica Béjar-Plasencia ocupan aproximadamente el 80% de la superficie. Dentro de esta importante masa granítica cabe destacar las facies de granitos de dos micas de carácter porfídico variable, granito biotítico porfídico, leucogranitos y migmatitas. Existen además rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Esquisto Grauváquico preordovícicos, rocas filonianas y materiales de cobertera y formaciones superficiales [2]. Los sedimentos neógenos pertenecen a la Cuenca de Coria y a los sedimentos asociados a la Falla de Alentejo-Plasencia. Dentro de los depósitos cuaternarios cabe destacar los derrubios adosados a las sierras graníticas y las diferentes terrazas relacionadas con el río Jerte [3].

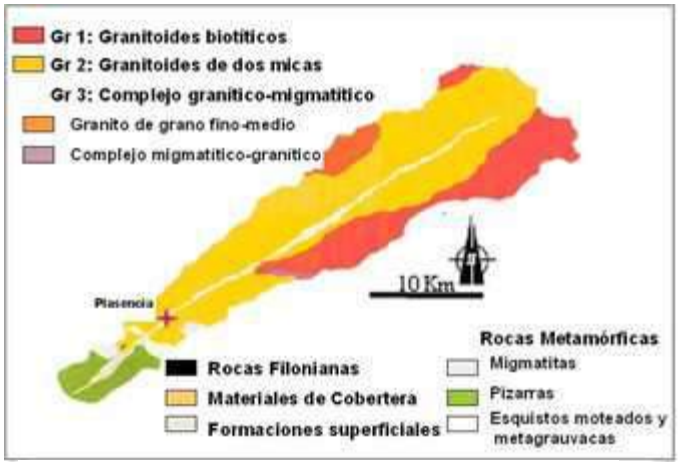


Figura 1. *Cartografía litológica del Valle del Jerte*

La falla de Alentejo-Plasencia es uno de los accidentes tectónicos más importantes de la Península Ibérica tanto por su recorrido geográfico como por su magnitud a escala cortical. Esta estructura atraviesa el denominado Macizo Hercínico, Hespérico o Ibérico con una dirección NE-SO, y una longitud visible de unos 550 km., desde el Alentejo en Portugal hasta las inmediaciones de Ávila. Su génesis está asociada a la tectónica de fracturación

tardihercínica (Carbonífera). En la zona de estudio se establecen diferentes grupos litológicos. Dentro de las rocas plutónicas se diferencian Gr1; Granitoides biotíticos (granodioritas adamellíticas), Gr2; Granitoides de dos micas (granito o adamellita), Gr3; Complejo granítico-migmatítico.

4. Metodología.

Para la caracterización de la roca del monumento se estudian dos tipos de muestras procedentes del monumento, fragmentos de mampostería y mampuestos completos. La selección de las muestras se realiza, después de la observación exhaustiva de la mampostería aparejada de roca que conforma el monumento, con el fin de que sean representativas, según los siguientes criterios de diversidad, textural (tamaño y forma de los cristales) y de coloración, con colores grises característicos del granito de la zona y muestras con colores rojizos, procedentes de granitos más alterados. Las zonas de las que se extraen muestras se corresponden con la Calle Ancha 16-18 y 96, Puerta de Coria, Ronda El Salvador 10 y Calle de San Pedro 12.

Las técnicas petrográficas y mineralógicas utilizadas para la caracterización de la roca del monumento han sido: Microscopía de Luz Polarizante (Leica) y Lupa binocular (Leica GZ6), Microscopía de Fluorescencia (*Olympus BX51* acoplado a una cámara digital *Olympus DP12* y a una lámpara de mercurio *Olympus U-RFL-T*), Microscopía electrónica de Barrido (*JEOL JSM 6400*, con microanalizador por energía dispersiva de rayos X *Oxford-LINK Pentafet* JSM-6400 Scanning Microscope), Difracción de Rayos X (difractómetro Phillips X´Pert PRO), Análisis Químico de elementos mayores (espectrómetro de fluorescencia de rayos X Bruker S4 Pioneer). Para la caracterización petrofísica se ha utilizado: porosimetría de intrusión de mercurio (porosímetro Micromeritics Autopore IV), Densidad real (estereopicnómetro de helio QuantoChrome SPY-3), Densidad aparente y Porosidad abierta (Cámara de vacío RC-002), resistencia a compresión (Máquina de compresión de 300 Tm, CME-300/SDC) y ultrasonidos (Profometer 5, Modelo S de Tico).

La morfología macroscópica de las alteraciones que el material granítico presenta en la muralla da información de los factores y mecanismos que han intervenido en el deterioro de la piedra. Los indicadores visuales de alteración se abordan mediante documentación fotográfica. Estos indicadores son las modificaciones superficiales, pérdida de material, deformaciones y rupturas y disyunciones.

5. Características Petrológicas de los Materiales.

La descripción microscópica nos muestra una roca de textura fanerítica, holocristalina, inequigranular, hipidiomorfa, con un tamaño de grano de fino a medio, que da lugar a una roca de textura homogénea no orientada. Los minerales principales son feldespato potásico (ortosa y microclina), cuarzo, plagioclasa y biotita y moscovita y los minerales accesorios son clorita, illita, circón y opacos. Se observan feldespatos con texturas pertíticas, los cuarzos están fracturados (Foto 2). Las biotitas se encuentran alteradas. También se observan texturas poiquilíticas por el crecimiento de cristales en otros de mayor tamaño.



***Foto 2**. Microfotografía con nícoles cruzados (NX) en donde distinguen granos de feldespato transformándose a minerales de la arcilla (illita). Se observa textura poiquilítica en feldespato, por inclusión de moscovita. En la parte izquierda, se observa un grano de cuarzo fracturado.*

La procedencia de la piedra utilizada en la construcción de la muralla se localiza en canteras próximas al monumento, e incluso en afloramientos en la misma traza de la muralla. Las canteras del Berrocal y del Cotillo de San Antón han abastecido de piedra a la muralla. La piedra de estas canteras presenta unas características petrológicas y geoquímicas muy similares a las existentes en la muralla [4]. Estas canteras se localizan en la formación Gr2: Granitoides de dos micas; biotita y moscovita.

Los indicadores visuales de alteración nos indican la presencia de cromatizaciones y pátinas (fotos 3-1 y 3-2), diversos procesos de arenización, rupturas por fisuración y disyunciones por separación de placas (foto 3-3) y descamación.



***Foto 3. 1**-Tonalidades rojizas debidas a procesos de oxidación, **2** - Detalle de pátina, **3** - Desplacados en Puerta de Coria.*

Los resultados de los diversos ensayos hídricos (densidades, porosidad, etc.) realizados sobre muestras de la roca del monumento y de la cantera del Berrocal los podemos ver en la Tabla 1.

	Dens. Real (g/cm^3)	**Dens. Aparente (g/cm^3)**	**Porosidad abierta (%)**	**Absorción de agua capilaridad ($g/m^2.sg^{0.5}$)**	**Absorción de agua a Presión atm. (%)**
Muralla	2,57 ± 0,02	2,47 ± 0,02	5,4 ± 0,5	3,350 ± 0,097	2,20 ± 0,23
Cantera	2,68 ± 0,02	2,63 ± 0,06	2,0 ± 0,4	1,083 ± 0,051	0,70 ± 0,08

***Tabla 1**. Densidades y comportamientos hídricos de la piedra de la muralla y de la cantera.*

La piedra granítica de la muralla tiene un incremento importante de la porosidad accesible al agua siendo capaz de absorber mayor cantidad de agua tanto por absorción libre como por absorción capilar. Esto es debido a que los procesos de meteorización han incrementado la conectividad entre poros, tal como indica la porosimetría de mercurio al pasar de 6,9 % de porosidad en la cantera a 11,4 % en la piedra del monumento [5].

Se han llevado a cabo ensayos de resistencia a compresión y determinación de la velocidad del sonido. Los resultados obtenidos muestran un ligera disminución a la resistencia de compresión de la piedra de la muralla (76,7± 5,0 MPa) con respecto a la piedra de la cantera (81,51 ± 4,39 MPa). En cambio existe una mayor diferencia en la velocidad de propagación de ultrasonidos al pasar de 3617 ± 171 m/s a 1318 ± 305 m/s. Esta diferencia de valores entre la piedra de la muralla y la piedra de la cantera puede considerarse debida a un proceso de deterioro superficial en la piedra del monumento que no hace disminuir significativamente la resistencia a la compresión, pero sí el de la velocidad de propagación de ultrasonidos, todo ello por la presencia de descamaciones y fisuras en la superficie de los mampuestos.

En las zonas más superficiales, estos granitos de la muralla muestran un alto grado de fisuración que afecta tanto a los bordes de contacto entre los cristales como al interior de los cristales. Estas fisuras presentan un ensanchamiento mayor cuando aparecen entre cristales de diferente naturaleza mineralógica y también dentro de cristales de menor estabilidad química (feldespatos). También es notoria la fisuración que aparecen en el interior de los cuarzos. Mediante Microscopía Electrónica de Barrido, se evidencia que las fisuras que

aparecen en la superficie de la piedra presentan un ensanchamiento en bordes de grano o planos de descamación, junto con una propagación de fisuras (foto 4-2) [6].

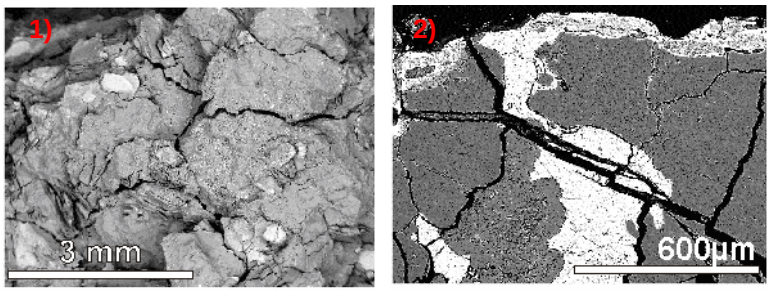


Foto 4. *Microfotografías al MEB en modo SE de un fragmento (**1**) y en modo BSE de una sección delgada (**2**) de la piedra de la muralla.*

En zonas en las que la roca está más deteriorada se observa una mayor porosidad intercristalina (foto 5, b2). Los feldespatos tienen procesos de transformación a minerales de arcilla, lo que aumenta la porosidad en los mismos (foto 5, c2) y alteración de las biotitas (foto 5, c3).

En algunos mampuestos de la muralla se puede distinguir una pátina o capa superficial de tonos rojizos junto con fisuras perpendiculares a la pátina que pueden llegar a atravesarla (foto 5, a1, b1). También existen fisuras subhorizontales que son las que generan la descamación de la piedra. Existen óxidos de hierro que tapizan las paredes interiores de las fisuras más superficiales y finas, tanto horizontales a la superficie (descamados) como verticales/transversales a la misma. (Foto 5, a1-c1).

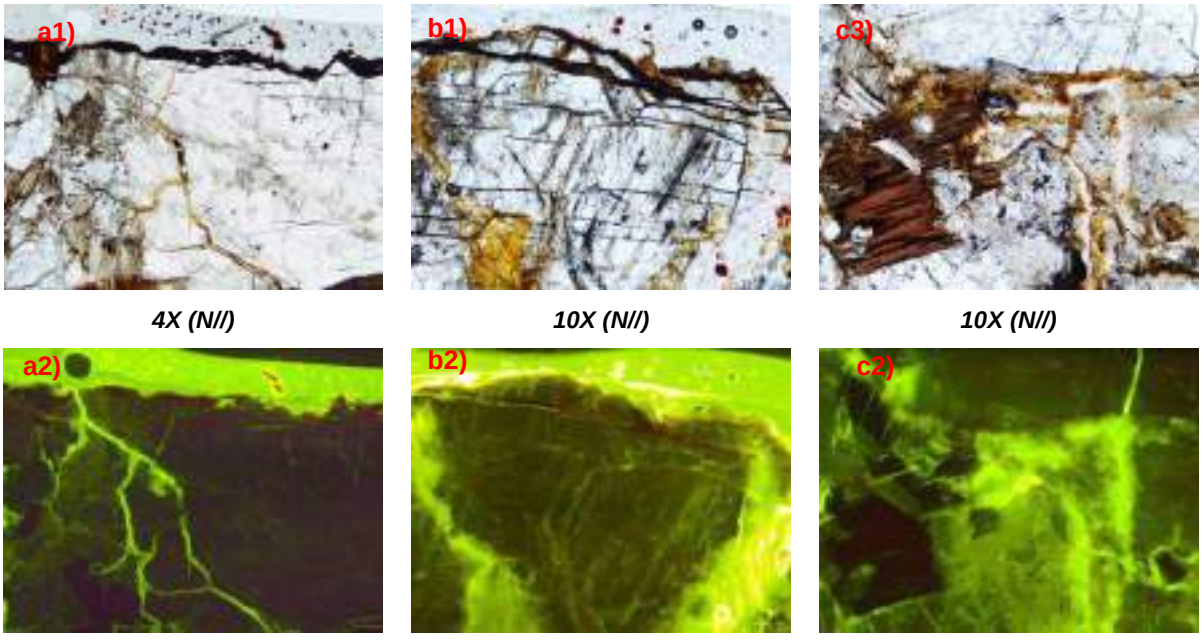


Foto 5. *Microfotografías de la pátina que aparece localmente sobre el substrato. Imágenes **(1)** con nícoles paralelos y **(2)** con fluorescencia.*

El elevado contenido de cemento ferruginoso que se distribuye rellenando las fisuras de la piedra y que genera una pátina natural de óxidos de hierro en la superficie de los mampuestos da lugar a un cromatismo característico de estas piedras. El origen de estos óxidos procede de la alteración de las biotitas y de otras fases minerales con elevado contenido en Fe, que son removilizados por el agua durante el proceso de absorción y desorción, que es favorecido por el sistema poroso de la roca de tipo fisural. Estos óxidos rellenan las fisuras y se depositan en la superficie de la piedra generando una pátina de origen natural, diferenciándose de las

pátinas tradicionales de conservación de las piedras [7 y 8].

6. Conclusiones.

El material pétreo más utilizado en la construcción de la Muralla, es el granito de dos micas de carácter porfídico variable, localizado en las canteras estudiadas (Gr2: Granitoides de dos micas; biotita y moscovita). Es una roca de color gris y tonalidad rojiza, debido a la oxidación de minerales ferromagnesianos. También están presentes las migmatitas de forma menos predominante, además de diabasas y pizarras.

Los indicadores visuales de alteración nos indican la presencia de cromatizaciones y pátinas, diversos procesos de arenización, rupturas por fisuración y disyunciones por separación de placas y descamación, junto con procesos de biodeterioro.

La roca de la muralla presenta una absorción de agua elevada debido a que los procesos de meteorización han incrementado la conectividad entre poros, así como lo demuestran los ensayos de porosimetría de mercurio, con valores de porosidad accesible de 11,4 %.

La pátina de tonos rojizos que recubre algunos de los mampuestos tiene un origen natural. Está pátina se ha generado por la migración de óxidos de hierro procedente de la alteración, principalmente de biotitas a través de la red de microfisuración que presenta la roca. Esto es favorecido por la capacidad de absorción de agua que tiene la piedra por su migración capilar desde el interior de la roca al exterior, durante el proceso de evaporación. El coeficiente de absorción de agua de esta piedra es superior a la piedra del monumento, con un valor de 3,350 $g/m^2.sg^{0.5}$ lo que permite una migración más rápida del agua a través de la red de fisuración de la piedra.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por INTROMAC y por el Programa de investigación MATERNAS (0505/MAT/0094) de la Comunidad de Madrid y por el Programa Consolider-Ingenio 2007 del MEC (CSD2007-0058).

Referencias

[1] Mingarro, F. “Procesos de degradación de la piedra en el Patrimonio Histórico”. Rev. Patrimonio Histórico de Castilla y León, año I, nº 2, 2000, pp. 15-22.

[2] Ugidos Meana, J. M., Rodríguez Alonso, M. D., Martín Herrero, D. y Bascones Alvira, L., “Rocas ígneas en Mapa Geológico de España”, nº 598, E. 1:50.000, Plasencia. IGME, Madrid, 1988, pp. 19-34.

[3] Gumiel, P., Campos, R., Monteserín, V., Bellido, F. y Fdez. de la Llave, F., “Mapa geológico y de recursos minerales del sector Noroccidental de Extremadura”. Junta de Extremadura, 2004.

[4] Mota, M.I., Ercilla O., Maderuelo, R., Fort, R., Varas, M.J., “Procedencia de la Piedra de Construcción de la Muralla de Plasencia, Cáceres”. Geo-temas, 2008**.**

[5] Esbert, R.M.; Ordaz, J.; Alonso, F.J.; Montoto, M.; González, T., Álvarez de Buergo, M., “Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos”. Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, Barcelona, 1997, 126 p.

[6] Gómez Heras, M.A., “Procesos y formas de deterioro térmico en piedra natural del Patrimonio Arquitectónico”. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 2005.

[7] Vázquez-Calvo, C., Álvarez de Buergo, M., Fort, R., “Overview of recent knowledge of patinas on stone monuments: the Spanish experience Past and present of patinas for the protection of monuments: State of the art. The Spanish experience. J. Geol. Soc. London. S p 28, 2007, 295-307.

[8] Vázquez-Calvo, C., Álvarez de Buergo, M., Fort, R., Varas M.J. “Characterization of patinas by means of microscopic techniques”. Materials characterization 58 (11-12), 2007, 1119-1132.

EL PAPEL DE LA PIEDRA DE MONTJUÏC EN LA CONSTRUCCIÓN DE BARCELONA

A. Navarro [(1)] , M. Bosch [(2)] , J. R. Rosell[(3)],

Laboratorio de Materiales, Universitat Politècnica de Catalunya UPC, España

antonia.navarro@upc.edu[(1)] montserrat.bosch@upc.edu[(2)] joan.ramon.rosell@upc.edu[(3)]

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Resumen

La piedra silícica de Montjuic, procedente de la cantera del mismo nombre, ya era utilizada en Barcelona en los tiempos del Imperio Romano y, aunque los restos que quedan son pocos y algunos fuera de contexto, sirven de arranque para esta ponencia que propone unas reflexiones al entorno de la historia arquitectónica de la ciudad a partir de la interpretación del uso de esta piedra y una lectura tecnológica de su comportamiento como material portante, de cerramiento e incluso ornamental.

Palabras clave: intervención en el patrimonio; caracterización de materiales; conservación.

Introducción

Desde las columnas corintias del Templo de Augusto (s I-II) hasta los sillares de la Sagrada Familia (s XX), la piedra de Montjuic ha colaborado en la construcción de Barcelona gracias a sus propiedades petrofísicas, a la abundante cantera, a su aspecto uniforme y a la facilidad de extracción y labra. Con ella se realizaron, entre muchos otros ejemplos, la construcción de las murallas, la Iglesia gótica de Santa María del Mar, la ornamentación barroca de la fachada de la Iglesia de Betlem, y el crecimiento urbanístico del Ensanche barcelonés con sus plantas principales de estructura de sillares.





Fotografías 1 y 2: Piedra de Montjuïc en las torres de la Sagrada Familia y en la muralla romana de Barcelona

Actualmente la cantera está cerrada por agotamiento, aunque quedan algunos yacimientos en lugares como el “Clot del Moro” en pleno cementerio de Montjuic. Esta circunstancia ha

provocado el "descubrimiento" de una estela de piedras llamadas "Montjuic" que se usan actualmente en su lugar.

Pero coomo material de construcción, la "piedra de Montjuic" ha sufrido el deterioro causado por la intemperie y los sobreesfuerzos estructurales. Por ello se han tenido que realizar distintas intervenciones en el patrimonio arquitectónico de las cuales, en esta ponencia, también mostraremos algunos ejemplos, básicamente en cuanto a los estudios de lesiones realizados por el Laboratorio de Materiales de la Escuela Universitaria Politécnica de la Edificación de Barcelona, (EPSEB-UPC).

La sistematización de la obtención de muestras, la interpretación de resultados, la caracterización del material, los ensayos de análisis y la verificación de cualidades, permiten establecer una metodología y sirven para comparar la piedra de Montjuic con otras variedades disponibles en el mercado. Finalmente, cuando se deben realizar intervenciones de conservación del patrimonio, la misma metodología servirá para definir los criterios de selección de la nueva piedra que deberá substituir, si es preciso, a la que esté irremediablemente dañada.

Lugar de procedencia de la piedra de Montjuic:

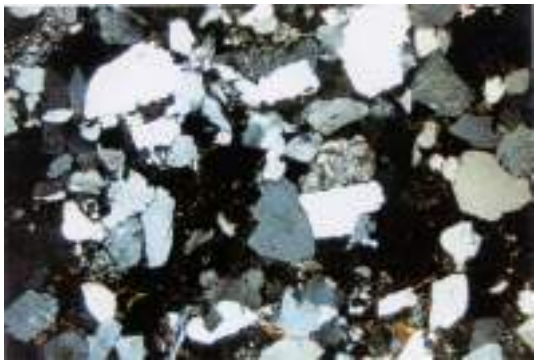
La montaña de Montjuic se alza entre el mar y la ciudad de Barcelona, al sur de la llanura de Barcelona y constituye una pequeña elevación adosada a la costa que sobresale del delta del río Llobregat, con un perfil escarpado en la cara este y suave en la oeste; tiene una extensión aproximada de 36 Km^2 y una altura máxima de 191,7 m (donde se ubica el Castell de Montjuïc).

Geológicamente está formada por un espesor de 200 m compuesto por lutitas, areniscas y conglomerados de edad Miocénica, que corresponden a depósitos detríticos sedimentados en un ambiente deltáico. Estas formaciones se silicificaron de forma masiva, a excepción de los niveles de arenisca fina carbonatada, que lo hicieron de forma irregular, quedando lentejones sin silicificar. Esta silicificación, debida principalmente a circulación intersticial de aguas ácidas a baja temperatura, ha provocado la desaparición del cemento carbonatado originario y su matriz arcillosa (hasta un 50-55 % del volumen original), así como a la argilización (o neoformación de adularia) a expensas de los feldespatos y fragmentos líticos (San Miguel y Masriera[(1)] 1970, Parcerisa 2002[(2)].

Estos líquidos silícicos penetraron en las rocas a través de las fracturas y por la propia porosidad heterogénea de las rocas, dando como resultado final rocas de diferente color y distintas prestaciones mecánicas, que tradicionalmente se han denominado variedad **"blancatxa"** (afectadas por la silificación y con una resistencia de 582 kg/cm2), y variedad **"de raig o de rebuig"**[(3)]("de rechazo", con cemento carbonatado y óxidos de hierro en proporciones diversas y una resistencia característica de 421 kg/cm2).

Caracterización petrológica y petrofísica de la variedad "blancatxa"

Es una arenisca de color gris, grano fino y laminación planar paralela. Su composición mineralógica es un 96% de cuarzo y el resto son feldespatos y fragmentos de roca silícea; su matriz es silícica y arcillosa mientras que el cemento es principalmente silícico. Según la clasificación de Pettijohn [(4)] se clasifica como una ortocuarcita.

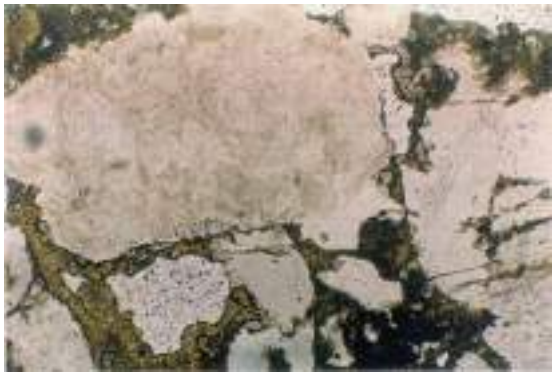
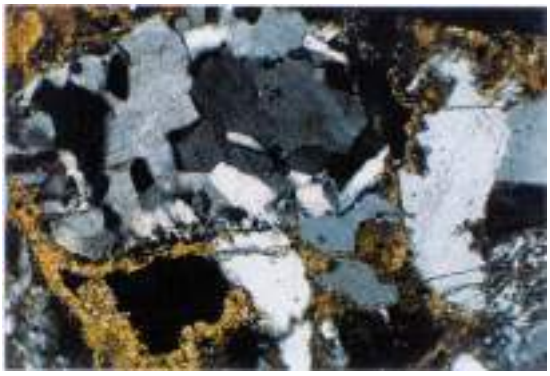
Fotografías 3 y 4.- Sección delgada a 25 aumentos, donde se aprecian los granos de cuarzo mono y policristalinos, feldespatos, fragmentos de rocas graníticas, y cemento silícico.

Tiene una porosidad elevada, del orden del 18%; en condiciones de vacío absorbe hasta un 9% de su masa inicial; la succión capilar que presenta es moderada, del orden de 4 Kg/($m^2h^{1/2}$); y la retención de agua tras la desorción es baja, alrededor del 3% respecto a la masa saturada.

La movilidad del agua por la red porosa de esta roca está condicionada por una porosidad que parece estar bien comunicada, ya que no se producen retenciones importantes de agua y la velocidad de succión es moderada.

Caracterización petrológica y petrofísica de la variedad "rebuig"

Es una arenisca de coloración que varía entre ocre y rojo, de grano que varía de fino a grueso y que, aunque normalmente presenta una laminación planar paralela, a veces muestra una laminación cruzada importante. Su composición mineralógica es principalmente de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca silícea; su matriz es arcillosa mientras que el cemento es principalmente silícico, aunque también hay cemento carbonatado y de óxidos de hierro, y es precisamente la distribución irregular de este último tipo de cemento la que condiciona el color de la piedra. Según la clasificación de Pettijohn[3] se clasifica como una litarenita.

Fotografías 5 (a nícoles paraleos) y 6 (a nícoles cruzados).- Sección delgada a 25 aumentos, donde se aprecian granos de cuarzo policristalino y cemento ferruginoso.

Esta variedad puede llegar a tener una porosidad muy elevada, del orden del 33%, al igual que la cantidad de agua absorbida en condiciones de vacío, que puede llegar a ser del 19%; presenta una succión capilar muy variable, con valores máximos de 5 Kg/($m^2h^{1/2}$); y la pérdida de agua por desorción también es rápida, del orden del 3%, lo que se comprueba porqué retiene poca agua al finalizar el ensayo,

La movilidad del agua por el seno de la red porosa no es muy diferente a la que presenta la variedad "blancatxa".

Alteraciones de la piedra de Montjuic

Teniendo en cuenta la composición mineralógica de esta piedra en sus dos variedades, la distribución y tamaño de la red porosa, y la movilidad del agua a través suyo, se puede considerar que es una roca bastante resistente a la alteración de los agentes externos. Este hecho se corrobora con el bajo grado de degradación que se puede observar en las edificaciones construidas en diversas épocas. Además, se observan pocas formas de alteración, relacionadas principalmente con la contaminación ambiental de Barcelona, la humedad y la consecuente vegetación.

Las principales formas de alteración que se observan en las edificaciones construidas con este material, independientemente de su edad, son:

- Pérdidas de cohesión superficial que pueden llegar hasta arenizaciones importantes, siempre relacionadas con zonas de presencia de agua (capilaridad, salpicaduras de lluvia, etc.) y muy directamente con la coloración de las piedras: cuanto más rojiza más fácilmente alterable.

- Pátinas y costras de suciedad directamente relacionadas con: el grado de humedad y su reacción con la contaminación ambiental, y con la composición de la piedra.

- Pátinas biogénicas, debidas a la presencia de organismos (líquenes, algas, musgo e incluso plantas superiores), también relacionadas con la humedad y la porosidad de la piedra.





Fotografías 7 y 8: fachada del edificio de la calle Mallorca 325-327 (Barcelona) con dos paños de pared contiguos realizados con piedra de Montjuïc, en sus dos variedades. El primero, sin limpiar, muestra la piedra en su estado natural, mientras que el segundo, tratado con agua a presión, presenta la pátina de rubefacción.

Todas estas alteraciones pueden paliarse mediante una limpieza o una consolidación adecuada pero, las pátinas de rubefacción, generadas por la actuación antrópica (limpieza con agua a presión) sobre aquellas variedades de roca con óxidos de hierro en su cemento, son irreversibles y dejan una superficie parcheada.

Conclusiones

La piedra de Montjuïc se ha mostrado como un magnífico material que ha mantenido sus prestaciones a lo largo de los 2000 años en que ha sido utilizada. Este hecho queda reflejado en el uso que se hace, como sinónimo de calidad, de la denominación "pedra de Montjuïc", para otras variedades de piedra de orígenes diversos y con prestaciones parecidas.

Cuando sea necesario intervenir en una construcción realizada con piedra de Montjuïc hay que tener en consideración las distintas variedades que existen, la tecnología utilizada, la estereotomía de la piedra y sus propiedades petrológicas y petrofísicas, así como los posibles tratamientos de que puede ser objeto. Los lavados con agua a presión, por ejemplo, son más perjudiciales para la piedra que la propia suciedad, ya que generan una alteración intrínseca e irreversible.

Y, cuando la substitución se hace inevitable, también hay que tener en cuenta que la diversidad de piedras que ofrece el mercado con la denominación "pedra de Montjuïc" (Newsandstone, Rocafort, de Girona, etc.) no siempre corresponden a piedras de características equiparables a la original (en cualquiera de sus variedades) y, por lo tanto, hay que estudiar estas propiedades de manera detallada a la hora de tomar una decisión.

Referencias

(1) San Miguel, A.; Masriera, A. (1970). Contribución al estudio petrológico de los niveles de areniscas de Montjuic (Barcelona). Publicaciones del Instituto de Investigaciones Geológicas de la Diputación Provincial, 19, 83-104.

(2) Parcerisa, D. (2002). Petrologia i diagènesi en sediments de l'Oligocè superior i del Miocè inferior i mitjà de la Depressió del Vallès i del Pla de Barcelona. Evolució de l'àrea font i dinàmica dels fluids. Tesis doctoral inédita, UAB, 261 pp.

(3) Paricio Casademunt, A. (2001): Secrets d'un sistema constructiu: l'Eixample. Aula d'Arquitectura/ETSAV, Edicions UPC, p. 25.

(4) Pettijohn, F.J.; Potter, P.E., Siever, R. (1972): Sand and Sandstone. Ed. Springer. Berlin, 618 pp.

ESTUDIOS PREVIOS REALIZADOS DURANTE LA INTERVENCIÓN EN LA IGLESIA DE SANTA MARÍA LA MAYOR DE ESTEPA. SEVILLA (ESPAÑA)

E. Ontiveros Ortega [(1)], M. I. Carretero León [(2)] y F. Gutiérrez Montero [(1)]

[(1)]Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura. Avda de los descubrimientos 41092 Sevilla
[(2)] Dpto. Cristalografía, Mineralogía y Q.A. Universidad de Sevilla. Prof. García González nº 1, 41012 Sevilla

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

Resumen

Con motivo de la intervención realizada en la iglesia de Santa María de Estepa, el Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (Consejería de Cultura), llevó a cabo la caracterización de los materiales de construcción y de los indicadores de alteración, dentro de la fase de estudios previos.

La iglesia esta levantada básicamente con mampuesto de piedra e hiladas de ladrillo unidos por morteros. Para el levantamiento de las columnas, paredes y arcos interiores se ha empleado un litotipo calcarenitico, para la portada una caliza blanca oolitica y como mampuesto distintas variedades de la llamada caliza de Estepa.

Existen dos tipos de morteros relacionados con los dos periodos constructivos más importantes. Un mortero de cal con áridos de yeso utilizado en la etapa gótica, y un mortero de cal y yeso, empleado en el revestimiento de la iglesia actual.

El mal estado en el que se encontraban las cubiertas estaba favoreciendo la entrada del agua en el interior y el consiguiente deterioro de los materiales existentes, con el desarrollo de eflorescencias, tanto en los morteros como en el material pétreo.

Palabras claves: morteros de yeso, morteros de cal, morteros bastardos, caliza de estepa, epsomita/hexahídrita.

INTRODUCCIÓN

La iglesia, localizada en el interior de una fortaleza árabe situada en el Cerro de San Cristóbal (Estepa), posee vestigios de una Mezquita árabe del siglo X y un templo mudéjar del XIII, además de la iglesia gótica tardía que ocupa la mayor parte del solar donde se ubica este conjunto monumental (Foto 1).

En 1511 tiene lugar el comienzo del proyecto de construcción de la actual iglesia. En 1549 se termina la capilla mayor y los colaterales de la bóveda y crucerías. La construcción continúa en el periodo barroco, a esta época se deben las cubiertas y revestimientos más superficiales. La primitiva iglesia, según datos históricos, estuvo revestida hasta hace poco tiempo, por bóvedas del siglo XVIII.

Al final de la década de los noventa se aborda la restauración del edificio que llevaba cerrado más de 30 años. El mal estado de las cubiertas estaba propiciando la degradación de los morteros interiores con formación de ampollas, arenizaciones y desarrollo de sales; alteraciones que también estaban afectando a la piedra adyacente.

Los resultados de los estudios previos realizados en este trabajo sirvieron de base para el diagnóstico del estado de conservación del edificio, que junto con la incidencia de las condiciones arquitectónicas, permitieron abordar su restauración [1].



***Foto 1**. Iglesia de Santa María de Estepa*

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se han tomado muestras de material pétreo localizado en las fachadas, nervios de la bóveda central, paredes y portada. Asimismo se han analizado tres tipos de revestimientos: a) mortero de unión de los mampuestos de piedra y ladrillos, situado en las fachadas exteriores, b) revestimientos de bóvedas y paredes y c) morteros pertenecientes al cuerpo adosado, posiblemente de la primitiva iglesia o mezquita. En estos dos últimos casos se han estudiado las dos capas de diferentes morteros que se observaban (interiores y superiores). Además se han analizado las eflorescencias asociadas a los materiales citados.

Las técnicas de análisis empleadas en este estudio han sido difracción de rayos X, microscopia óptica de luz transmitida, microscopio electrónico equipado con un sistema de microanálisis puntual de dispersión de rayos X (EDX), análisis químico convencional para la identificación de sulfatos y cloruros, y espectrometría de infrarrojos por transformada de Fourier para la identificación de nitratos. La porosidad del material pétreo se ha determinado por pesada hidrostática [2].

RESULTADOS

Piedra. La composición mineralógica obtenida por difracción de rayos X de las distintas muestras analizadas indica que el componente mayoritario es calcita, de una pureza superior al 95% y contenidos en cuarzo muy bajos. La presencia de dolomita, yeso y epsomita que se detecta a nivel de traza, se debe a contaminación procedente de los morteros adyacentes.

Desde el punto de vista petrográfico en el edificio se han encontrado cuatro litotipos diferentes:

Litotipo I. Este material aparece como mampuesto en las paredes, columnas y arcos. La roca de aspecto calcarenítico esta compuesta mayoritariamente por fragmentos de aloquímicos (oncolitos, trozos de pisolitos (5 mm), briozoos y foraminíferos) y como accesorios granos de cuarzo tamaño arena (0,4mm) inmersos en una matriz micritica. El cemento calcítico aparece creciendo en mosaico rellenando poros, su tamaño varia de microesparítico a esparítico. Clasificación Folk [3]: onco*micrita de grano grueso*. (Foto 2).

Esta piedra presenta un contenido en macroporos elevado. El cemento espáritico es escaso y es tipo intergranular e intragranular. La porosidad al agua de este litotipo esta entorno al 25% lo que la hace acta para su uso en paramentos. Este litotipo es similar a la variedad tipo 3, *Calizas oncoliticas de grano grueso* descrita por [4].

Litotipo II. Roca de aspecto calcarenitico fino, utilizada en el levantamiento de las paredes. Se trata de una roca compuesta de matriz pseudoesparítica con una baja proporción de foraminíferos, espinas y placas de equinidos de tamaño arena (<10%). Clasificación según Folk. [3]: microesparita con intraclastos (Foto 3).

Se observan indicios de alteración con perdida del cemento por disolución y arenización de la piedra. La porosidad de este material está entorno al 15%, lo que la hace más susceptible a la alteración que el litotipo anterior. Este litotipo es similar a la variedad tipo 1, *Caliza micritica* descrita por [4].

Litotipo III. Corresponde a las calizas ooliticas que caracterizan a la serie sedimentaria de la sierra de Estepa. Se ha empleado para la elaboración de los mampuestos y en la portada principal como decoración.

Se trata de una caliza compuesta de granos de oolitos de textura micritica y escasos bioclastos de espinas y placas de equinidos. La roca es muy compacta (porosidad 3%) con escasos poros rellenos de cristales de esparita en mosaico. El tamaño de estos oolitos es variable desde tamaño arena a grava fina. Clasificación Folk. [.3]: Oomicrita con intraclastos (Foto 4). Este litotipo es similar a la variedad tipo 4 *calizas oomicrita* descrita [4].

Litotipo IV. Corresponde a una caliza micritica compuesta básicamente de granos de peloides y oolitos micritizados inmersos en una matriz esparítica. Clasificación según Folk [3]: pelesparita (Foto 5). Este litotipo es similar a la variedad tipo 1, *caliza micritica* (biomicrita o peletoidales) descrita por [4].

Las canteras del material pétreo empleado en la construcción de esta iglesia se localizan en los alrededores del término municipal de Estepa, Gilena y Pedrera, en la provincia de Sevilla. En este entorno geológico de edad jurasico inferior y medio se sitúa una serie marina compuesta por calizas micriticas, ooliticas y pisoliticas insertadas a muro por un nivel de dolomias y a techo por un paquete de calizas nodulosas del Mald) [5].

Morteros. La composición mineralógica de los distintos morteros analizados se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Composición mineralógica obtenida por difracción de rayos X.

Material		Cc	Do	Q/Ftos	Yeso	Epsomita	Filosilicatos
Revest. bóveda y paredes	Interior	70%	<5%	-	23%	Indicios	Indicios
	Superior	43%	24%	Indicios	32%	-	-
Mortero unión sillares y ladrillos		80%	Indicios	Indicios	-	-	10%
Revest. Antigua iglesia	Interior	95%	Indicios	Indicios	Indicios	-	Indicios
	Superior	32%	13%	Indicios	55%	-	-

En base a los resultados mineralógicos se puede decir que existen dos tipos básicos de morteros, uno de cal y otro de yeso y cal, aspecto que se ha confirmado con su observación al microscopio óptico.

Tipo 1. Mortero de cal: Este mortero se ha encontrado como revestimiento más interior en las paredes de la antigua iglesia, cuerpo adosado y en la fachada como mortero de unión de sillares y ladrillos. El estudio llevado a cabo mediante microscopia óptica indica que se trata de un mortero de cal con áridos de yeso, trozos de piedra del entorno (calizas oolíticas) (Foto 6), y cantidades minoritarias de óxidos de hierro de tamaño arena media a fina. Se han detectado fenómenos de disolución del yeso y recristalización en poros o formando nódulos. Este mortero, que presenta superficialmente una lechada de cal, aparece bien conservado aunque se observen recristalizaciones de sales en poros y fisuras (probablemente yeso criptocristalino o epsomita/hexahidrita). El aglomerante presenta un entramado de cristales compacto con desarrollo de macroporos (Foto 7).

El aglomerante presenta en su composición filosilicatos y se observan núcleos de cal, que probablemente en su origen eran portlandita, con indicios de disolución y contracción.
El contacto entre la pasta y los granos de cuarzo es nítido, sin embargo no ocurre igual con los granos de yeso donde la pasta carbonatada está penetrando en los bordes del árido, provocando la disolución y posterior recristalización de otros compuestos de reacción.

Tipo 2. Mortero de cal y yeso: Aparece encima del anterior como revestimientos, pero solo se ha localizado en las bóvedas y paredes interiores de la iglesia. Se trata de un mortero bastardo de yeso fundamentamente y cantidades significativas de cal de composición calcitica y dolomítica (Foto 8). Los cristales de yeso presentan hábito fibroso-acicular (Foto 9) y los de calcita y dolomita equigranular creciendo en el seno del aglomerante. El yeso aparece formando agregados monominerales o nódulos con cierto grado de cristalización.

Los cristales de calcita y dolomita unas veces aparecen inmersos en la matriz micritica de yeso y en otras formando parte de los nódulos de yeso (Foto 10).

Este mortero presenta indicios de alteración importante con disolución y removilización de este componente a lo largo del material. Se advierten restos de anhidrita que pone de manifiesto la calidad de yeso empleado, indicando que este presenta zonas sobrecocidas o no hidratados debidamente (Foto 11).

Eflorescencias

Las eflorescencias están compuestas por epsomita mayoritariamente, y en menor proporción hexahidrita, calcita y dolomita procedentes del mortero. La epsomita/hexahídrita y yeso se genera como consecuencia de la reacción entre la piedra y los morteros empleados en los revestimientos interiores de la iglesia (Foto 12). La presencia de agua disuelve los sulfatos que se encuentran como árido o como aglomerante en los morteros junto con la cal (calcitica y dolomitica). Esta agua está circulando por el seno del material y transportando a la superficie estas sales que precipitan en el exterior como eflorescencias [6], (Foto 12).

Además de sulfatos los análisis químicos han detectado nitratos y cloruros en menor proporción. Estos últimos se han observado a través del microscopio electrónico recreciendo en el interior de un poro sobre el litotipo I (Foto 13).

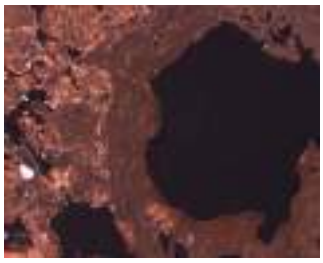


***Foto 2** .Oncomicrita con intraclastos. (2,5X). (microscopia óptica).*



***Foto 3**. microesparita con intraclastos (crinoides).(5X) (microscopia óptica).*

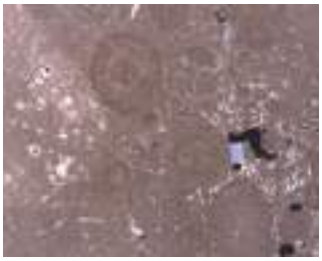


***Foto 4**. Oomicrita con intraclastos. (2,5X) (microscopia óptica).*

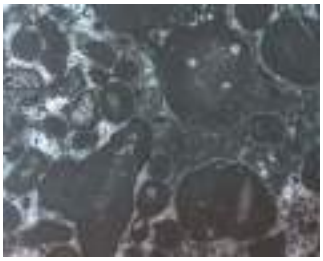


***Foto 5**. Pelesparita con intraclastos (crinoides). (2,5X) (microscopia óptica).)*



***Foto 6**. Mortero Tipo 1 de cal con áridos de yeso. (2.5X) (microscopia óptica).*



***Foto 8**. Mortero tipo 2 de cal y yeso. Se observa el tamaño del árido fino y el desarrollo de nódulos de yeso. (2.5 X) (microscopia óptica).*

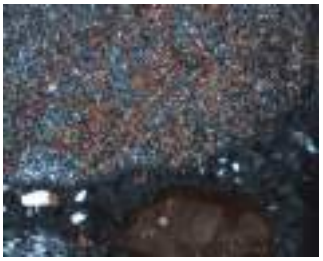


***Foto 10** Morteros tipo 2. Aspecto que presenta el aglomerante. Se observan los cristales de yeso, calcita y dolomita en el interior de un nódulo (2.5X) (microscopia óptica).*

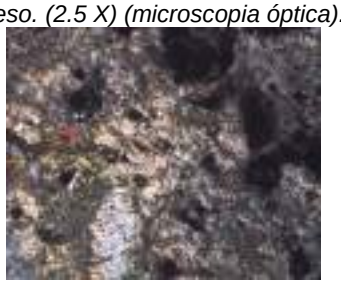


***Foto 11**. Restos de anhidrita en el seno del mortero de yeso.
(2.5X) (microscopia óptica).*

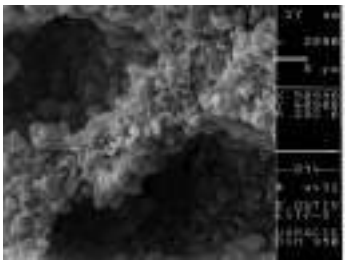


***Foto 7.** Aspecto que presentan los cristales de calcita en el mortero de cal. Se observa la macroporosidad. SEM.*

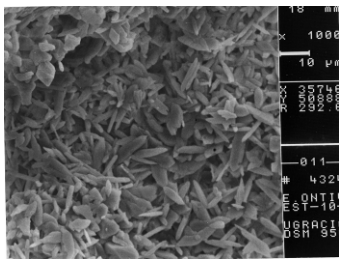


***Foto 9**. Desarrollo de cristales de yeso de hábito fibroso-acicular en el seno de mortero junto con cristales de calcita y dolomita de tipo equigranular. SEM.*

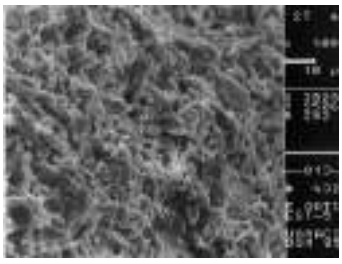


***Foto 12.** Eflorescencias de epsomita/hexahidrita junto con la calcita y dolomita observadas en el litotipo I. SEM*

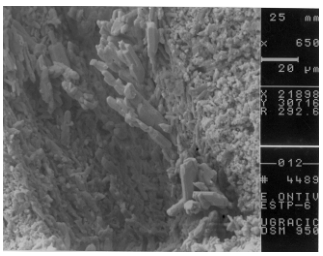


***Foto 13**. Desarrollo de sales de cloruros en el interior de un poro litotipo I. SEM*

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la iglesia se han identificado dos tipos básicos de morteros que indican dos actuaciones en distintos periodos. Los morteros de cal con áridos de yeso se emplearon durante el levantamiento de la fase gótica ya que este mortero también se encuentra en la fachada exterior como material de unión de sillares de piedra. El segundo mortero, de cal y yeso, recubre al anterior en la mayoría de las zonas y corresponde a otra fase constructiva de la iglesia. Las materias primas utilizadas para la elaboración de ambos morteros son locales, ya que los áridos son de calizas ooliticas y la cal presenta impurezas de dolomita, muy frecuentes en este entorno geológico.

El litotipo calcarenitico, dadas sus propiedades físicas (porosidad 25%) se ha utilizado para la construcción de paramentos, columnas y arcos así como refuerzo de esquinas en las distintas fachadas junto con la caliza micritica de porosidad entorno al 15 %, aunque de uso mas restringido. La menor selección del material pétreo como mampuesto se explica porque en este caso las exigencias mecánicas que deben tener estos materiales son menores. Se encuentran dentro de este grupo la caliza con peloides y la caliza oolitica, esta última también utilizada en la portada.

La piedra del interior de la iglesia no presenta patologías importantes. Los problemas más remarcables están relacionados con la infiltración del agua ligada a cubiertas en mal estado. Las zonas de mayor alteración se corresponden con fisuraciones naturales y betas de óxidos que se presenta de manera esporádica en la globalidad de la masa pétrea. El material pétreo de la fachada exterior aparece en buen estado de conservación, no se observan desarrollo de pátinas de alteración negras. El agente de alteración más importante en esta zona es el viento, pero le afecta poco porque se trata de calizas y calcarenitas muy cementadas y por tanto bastante resistentes.

En zonas protegidas del viento se observan el desarrollo de líquenes que están favoreciendo sobre todo la disgregación del mortero de unión de la piedra, pero en zonas localizadas.
Las eflorescencias de epsomita y hexahidrita que se han detectado aparecen sobre la superficie exterior de la piedra o enlucidos, debido a que estos compuestos son muy solubles y en presencia de agua se movilizan con facilidad. Su origen esta relacionado con el mortero de yeso ya que este contiene cantidades importantes de dolomita.

En función de los resultados obtenidos de los estudios previos, para la intervención se aconsejó impermeabilizar adecuadamente las cubiertas e impedir la entrada del agua y por tanto frenar la degradación de los enlucidos interiores y el desarrollo de eflorescencias, además de reparar con morteros de características semejantes a los originales (morteros de cal).

REFERENCIAS

[1] Hortigón Fuentes, B**. "**Criterios generales de intervención en monumentos de piedra". R.E nº 26 Pp. 63-68. Octubre 1997.

[2] Normativa Rilem**. "**Tests defining the properties connected with the presence and the movement of water". Recomended test to measure the deteriotion of stone and assess the efectiveness of treatement methods. Commision 25-PEM. Protection et Erosion des Monument. (1980).pp. 195-227.

[3]. FolK., R.. Spetral subdivisión of limestone types. Han Editor. Classfication of carbonate rocks. Am. Ass. Petr. Geol.. Mem 1,1962. pp 62-84.

[4] Ortiz P, Mayoral E, Guerrero, MA y Galan E. **"**Caracterización petrográfica y geoquímica de las calizas de la sierra de Estepa (Sevilla) y evaluación de la calidad técnica como materiales de construcción". Estudios geológicos. 51 1995. pp213-222..

[5] Magné,J ; Peyre,P; del valle M y Vera J **.** La serie estratigráfica del Gallo-Vilo (prov. De Málaga, Hspaña). ACTA G EOL~GIC**HA**I**S PÁNICA**t.**,** IV (1969), n.' 3, págs. 67-71.

[6]Grossi, CM y Esbert, R. **"**Sales solubles en el deterioro de las rocas ornamentales. Revisión bibliográfica". Materiales de construcción, Vol 44, nº 235, julio/agosto/septiembre 1994.

ESTUDIO DE INDICADORES DE ALTERACIÓN Y PERÍMETROS DE VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE SEVILLA (ESPAÑA)

P. Ortiz [1], M.S. Abad [1], M.A. Vázquez [2], J.M. Martín [3], R. Ortiz [4], M.A. Guerrero [2]

[1] **Dpto. de Sistemas Físicos, Químicos y Naturale. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad Pablo Olavide de Sevilla, Seville, Spain**

[2] **Dpto. de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla, Seville, Spain**

[3] **Grupo de Invetigación TEP 199 Tecnología y Medioambiente. Seville, Spain**

[4] **Delegación Provincial de Obras, Públicas y Transportes de Córdoba. Consejería de Obras Públicas y transportes. Junta de Andalucía, Cordoba, Spain**

mportcal@upo.es [1]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

Resumen

En este trabajo se presenta el análisis de los indicadores de alteración en las fachadas de varios templos del centro histórico de Sevilla (España) y su relación con la contaminación atmosférica, principal indicador de alteración en las zonas urbanas. Con este fin, se ha realizado un estudio sistemático de los daños visibles en el exterior de los edificios para evaluar la respuesta de los materiales en función de los diferentes grados de contaminación ambiental.

Veintiséis templos, que implican treinta y nueve fachadas, han sido inspeccionados en el Centro Histórico y en Triana, en Sevilla (España). Estas fachadas, construidas con ladrillo y piedra, corresponden a templos edificados desde el Siglo XII al XVIII, localizados en calles con diferentes niveles de tráfico rodado. La ubicación de las fachadas ha sido clasificada en tres categorías en función de su exposición a niveles de contaminación altos, medios o bajos, definidos según los niveles de contaminación correspondientes a las emisiones de tráfico rodado.

En total, se han apreciado veinticinco tipos de indicadores de alteración, siendo los más habituales en todas las fachadas analizadas, las incrustaciones y los depósitos superficiales. Las costras negras suponen el cincuenta ocho por ciento de las patologías en las fachadas situadas en zonas con tráfico rodado alto, mientras que este indicador desciende al treinta y cinco y dieciocho por ciento en las portadas situadas en calles con niveles de tránsito de vehículos medio y bajo respectivamente.

La diferencia de ubicación de las fachadas, objeto de análisis, es una causa diferencial de la degradación entre ellas. Como consecuencia, la distribución de los contaminantes es esencial para analizar las causas de deterioro en el exterior de los edificios históricos. Por ello, se hace necesario la revisión de los niveles límites de emisión para la protección externa de los monumentos que forman parte de nuestro patrimonio. En este sentido, los planes urbanísticos deberían de tomar medidas tales como el control de tráfico mediante limitación en el número y áreas de restricción, teniendo en cuenta parámetro e indicadores propios y definidos para la prevención del patrimonio arquitectónico.

Palabras clave: Patrimonio Arquitectónico, Indicadores alteración, contaminación atmosférica, perímetros de vulnerabilidad

Introducción

En este trabajo se presenta el análisis de los indicadores de alteración en las fachadas de veintiséis templos del centro histórico de Sevilla (España) y su relación con la contaminación atmosférica, principal indicador de alteración en las zonas urbanas [1,2]. Con este fin, se ha realizado un estudio sistemático de los principales daños visibles en el exterior de los edificios, para evaluar la respuesta de los materiales en función de los diferentes grados de contaminación ambiental.

Estas fachadas, construidas en su mayoría en ladrillo y rocas de matriz calcárea, corresponden a templos edificados entre el Siglo XII y XVIII, localizados en el casco histórico de Sevilla y el emblemático barrio de Triana y están localizados en calles con diferentes niveles de tráfico rodado. Los templos analizados han sido La Anunciación, La Magdalena, La O, Omnium Sanctorum, San Esteban, San Gil, San Ildefonso, San Isidoro, San Jacinto, San José, San Juan de la Palma, San Julián, San Lorenzo, San Marcos, San Martín, San Nicolás, San Pedro, San Román, San Vicente, Santa Ana, Santa Catalina, Santa Cruz, Santa Inés, Santa Isabel, Santa Maria la Blanca y Santa Marina.

La observación de la variación de ciertas propiedades, a pesar de su posible carácter subjetivo, es el paso previo e imprescindible en todo estudio de diagnóstico de alteración en monumentos [3,4]. Este análisis del tipo y grado de deterioro a nivel macroscópico va encaminado a la evaluación del proceso de alteración que lo genera y de los factores que intervienen en los mismos.

Metodología

Para este estudio se han definido tres categorías de vulnerabilidad, cuyo criterio se ha establecido en función del tránsito de vehículos rodados en el perímetro de las fachadas: A) Alto tránsito de vehículos: calles con un solo o doble sentido de circulación y densidad de tráfico elevada, B) Tránsito medio de vehículos: calles con un solo o doble sentido de circulación y densidad de tráfico media, y C) Bajo tránsito de vehículos: calles peatonales, plazas o calles con un solo sentido de circulación y baja densidad de tráfico.

El estudio de los indicadores de alteración presentes se ha realizado mediante la inspección visual, entendiendo como tal aquellas formas apreciables a simple vista (macroscópica) que son el resultado de la degradación del material. Estas patologías macroscópicas se han descrito siguiendo la normativa NORMAL 1/88 [5], a la que se han añadido pequeñas variaciones de acuerdo con Ordaz y Esbert [6], Martín [7] y Fitzner et al. [8,9].

Resultados

En la figura 1 se muestra la clasificación de las treinta y seis fachadas con indicadores significativos, en función de su exposición a la contaminación por emisión del tráfico rodado. Se observa que las fachadas analizadas se reparten homogéneamente en los tres tipos de vías, encontrándose el treinta y tres por ciento ubicadas en calles con alta circulación de vehículos, y el treinta y seis y treinta por ciento en vías con medio y bajo tránsito de automóviles respectivamente.

En la inspección visual se han identificado veinticinco tipos de indicadores de alteración (figura 2), siendo los que aparecen en mayor proporción, incrustaciones y/o reposiciones incompatibles con los materiales originales y depósitos superficiales, especialmente de color oscuro (fotografía 1), apareciendo ambos en el setenta y cinco y setenta y ocho por ciento de las fachadas, respectivamente. Los agentes en ambas patologías son de tipo antropogénico, el primer indicador está causado por las construcciones y reparaciones, no siempre acertadas, que se han sucedido desde el primer tercio del siglo XX y el segundo indicador por el incremento de la polución atmosférica en la ciudad.

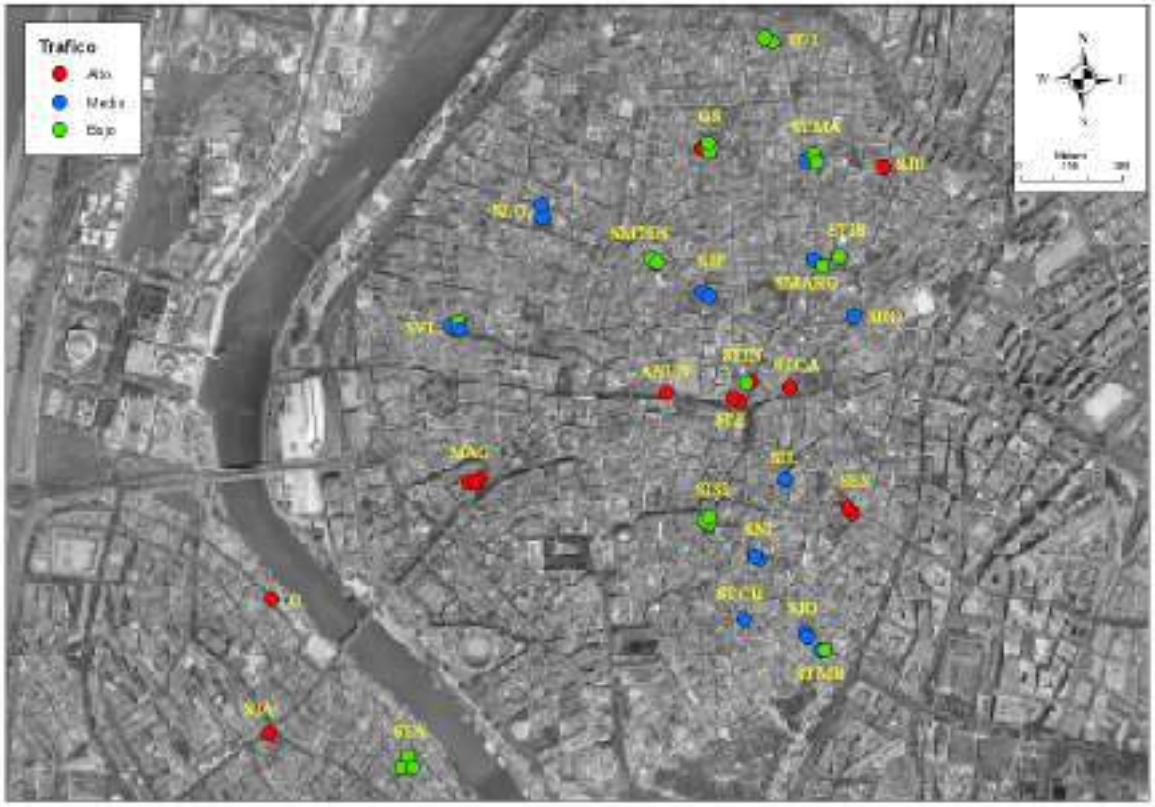


Figura 1.- *Clasificación de fachadas en función del tráfico en su perímetro.*

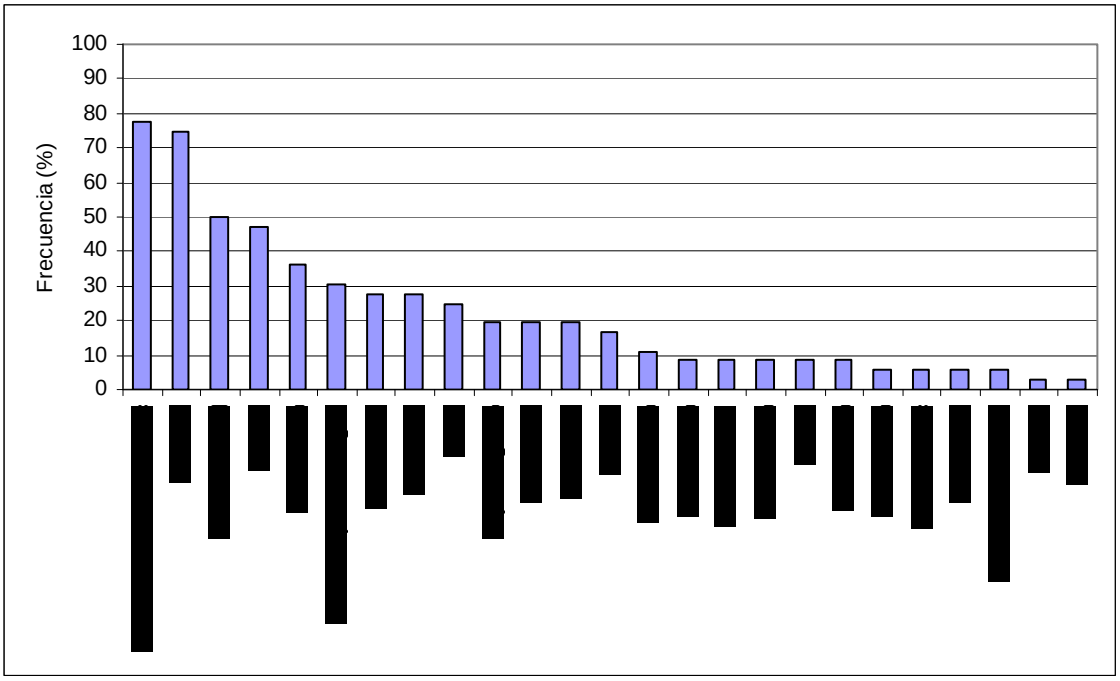


Figura 2.- *Frecuencia de indicadores de alteración.*



Fotografía 1.- *Indicadores de alteración más frecuentes: a) Incrustaciones y b) Depósitos.*

De estas fachadas, las portadas clasificadas con perímetro de vulnerabilidad tipo A, presentan costras negras (fotografía 2) en el cincuenta y ocho por ciento de los casos, mientras que en las portadas ubicadas en vías de medio y bajo tránsito de vehículos, la presencia de esta patología disminuye considerablemente a porcentajes del treinta por ciento en portadas clasificadas en la categoría B y dieciocho por ciento en fachadas del grupo C (figura 3).

Se trata de una alteración de naturaleza química que ataca a la matriz calcárea de las rocas, generando una capa de yeso de espesor variable, y que se encuentra desprendida en zonas localizadas, encontrándose el sustrato interno altamente disgregado.



Fotografía 2.- *Costras Negras*

En las fachadas ubicadas en calles con tráfico medio y bajo (categorías B y C), se ha apreciado que la patología más representativa, tras las más comunes anteriormente recogidos para todas las portadas, es la erosión (fotografía 3), identificándose esta con una frecuencia superior al cincuenta y cuatro por ciento en ambos tipos (figura 3).

Este indicador de alteración está ocasionado por agentes extrínsecos naturales, la acción del viento y/o la lluvia.

La frecuencia de las formas macroscópicas de degradación en función del tráfico rodado en el perímetro contiguo a las fachadas (figura 3), también refleja, que al menos en una de cada tres fachadas del grupo A, se aprecian patologías por perdida de material, depósitos de guano y erosión. Para la categoría B, encontramos deplacado, pátinas biológicas, zonas de lavado y pérdida de material. Y por último, en las fachadas en zonas clasificadas C, identificamos fisuras y biocostras. La naturaleza de estas formas de alteración macroscópicas depende de agentes que no están directamente relacionados con la contaminación por tráfico y están asociados a la acción de agentes naturales y a la naturaleza y textura de los materiales presentes en cada portada.



Fotografía 3.- *Erosión*

En cuanto a los indicadores minoritarios, presentes entre el ocho y el treinta por ciento de los casos, se observan procesos de alveolización, pulverización, arenización, cavernización, vermiculación, estriado o acanaladura, picado, decoloración, excoriación y rubefacción así como presencia de fracturas, eflorescencias, ampollas, vegetación, películas y alteraciones cromáticas. La mayoría de estas patologías están asociadas factores intrínsecos como la textura y estructura del material de construcción presente en la fachada.

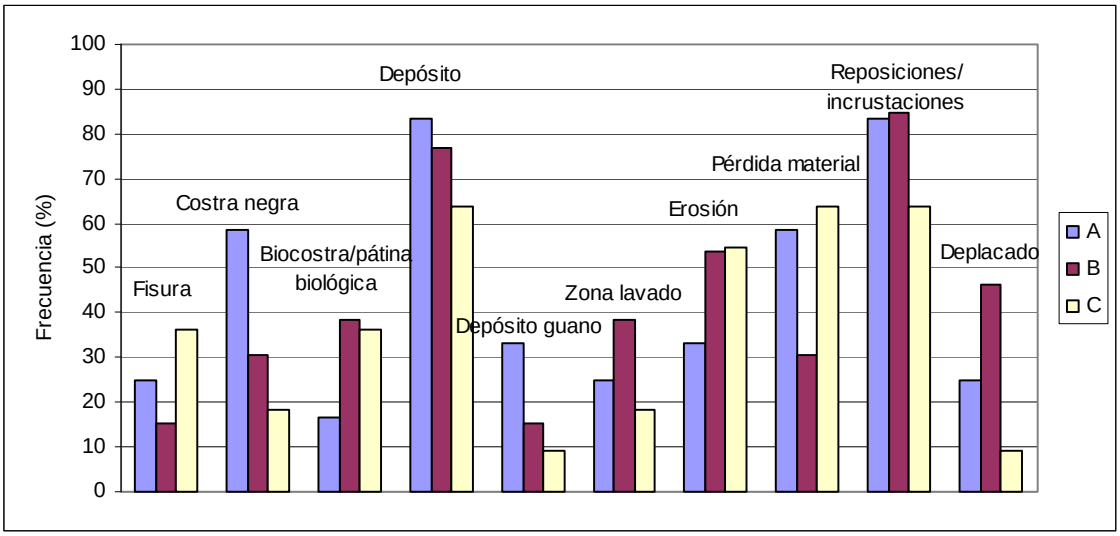


Figura 3.- *Frecuencia de indicadores de alteración en función del tráfico rodado en el perímetro de influencia.*

Conclusiones

La fisonomía que presenta en la actualidad las fachadas de los templos analizados en la ciudad de Sevilla, se ha configurado a lo largo de varios siglos, contribuyendo de forma notable las reconstrucciones y reposiciones realizadas a partir del primer tercio del Siglo XX. El deterioro que estas fachadas han sufrido a lo largo del tiempo, se ha acelerado por las emisiones generadas por el tráfico rodado con la proliferación de depósitos y costras negras. La diferencia de ubicación de estas fachadas es una causa diferencial en su degradación.

Para la minimización del proceso, es esencial estudiar la distribución de las emisiones en el perímetro que rodea los edificios históricos, definiendo la vulnerabilidad de los mismos. En este sentido, se hace necesario la revisión de los niveles límites de emisión en sitios históricos y modificar los planes urbanísticos, en los que se deberían de tomar medidas tales como el control de tráfico mediante limitación en el número y áreas de restricción, teniendo en cuenta

parámetro e indicadores propios y definidos para la prevención del estado de conservación de la fábrica exterior del patrimonio arquitectónico.

Referencias

[1] E.M. Winkler, “Stone: properties, durability in man's environment”. Springer-Verlag. New York, 1975, 122-125.
[2] E.M. Winkler, “Weathering and weathering rates of natural stone”. Environ. Geol. Water. Sci., Springer Verlag, New York, 1987, 9, (2), 85-92.
[3] M. Alcalde, “Sintomatología de alteraciones de las Catedrales de Sevilla, Cádiz y Almería”. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, Sevilla, 1989 363 pp.
[4] M. Alcalde, A. Martín, "Morfología macroscópica de alteración acelerada de algunos materiales pétreos de monumentos de Andalucía-España". Materiales de Construcción, Madrid, 1990, 40, 218, 5-27.
[5] CNR-ICR, "Alterazione macroscopiche dei materiali lapidei: Lessico". Normal 1/88, 1990, 1-36.
[6] J. Ordaz, R.M. Esbert, "Glosario de términos relacionados con el deterioro de las piedras de construcción". Materiales de Construcción, Madrid, 1988, 38, 209, 39-45.
[7] A. Martín, “Ensayos y experiencias de alteración en la conservación de obras de piedra de interés Histórico-Artístico”. Ed. Fundación Ramón Areces. Madrid, 1990, 609 pp
[8] B. Fitzner, K. Heinrichs, R. Kownatzki, "Classification and mapping of weathering forms". Proceedings of the 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lisboa, 1992, II, 957-968.
[9] B. Fitzner, K. Heinrichs, R. Kownatzki, "Weathering forms - Classification and mapping". Denkmalplege und Naturwissenschaft. Natursteinkoservierung I. Ed. Ernst & Sohn, 1995, 41-88.

DIAGNOSIS OF SURFACE DAMAGE ON CEMENT BUILT HERITAGE: THE CENTENNIAL HALL, POLAND

C. Sabbioni[(1)], I. Ozga[(1, 2)], A. Bonazza[(1)], O. Favoni[(3)], F. Tittarelli[(3)]

[(1)]Institute of Atmospheric Sciences and Climate, ISAC-CNR, Via Gobetti 101, 40127, Bologna, Italy
[(2)]Department Industrial Chemistry and Materials, University of Bologna, Viale del Risorgimento 4, 40136 Bologna, Italy
[(3)]Technical University of Marche, Department of Materials and Environmental Engineering and Physics, via Brecce Biance, 60131 Ancona, Italy

STUDIES, METHODOLOGIES AND DIAGNOSIS FOR THE CONSERVATION AND RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE. INNOVATION AND NEW TECHNOLOGIES APPLIED TO THE DOCUMENTATION AND INFORMATION OF THE CULTURAL HERITAGE

Abstract

The present work focuses on the diagnosis of surface damage on the Centennial Hall (Wroclaw, Poland) from 1913, listed by UNESCO as one of the most important achievements of 20th-century architecture, a modern concrete building constructed in Portland cement, located in a urban area in Poland. For this purpose, samples of damage layers and underlying building materials were collected from different levels and parts of the building in washed out, sheltered and partly sheltered areas. The characterization of collected crust and cement mortar samples has been performed using a range of analytical methods: optical and scanning electron microscopy, x-ray diffraction, differential and gravimetric thermal analysis, ion chromatography, and CHNSO elemental analysis. The preliminary results achieved are presented and discussed, particularly with regard to the impact of atmospheric gases and particles on cementitious material.

Key words: diagnosis, cement mortar, pollution impact, contemporary architecture.

Introduction

While damage of cementitious materials caused by reaction with chlorides and sulfates from ground waters is well known and investigated, an exhaustive knowledge on the mechanism of deterioration due to atmospheric deposition is still to be attained.

Buildings, especially in urban areas, are exposed to high concentrations of gaseous multi-pollutants and aerosols, thus undergoing rapid deterioration, which in the case of mortars or concretes based on cementitious binders can assume the form of damage layers, salt crystallization (white or yellow efflorescence), micro cracks, and surface spalling. The air pollutant gases with the most important role in building deterioration are SO_2 and NO_x, which interact with cement components, firstly causing crystallization of salts on outer surfaces, which are subsequently leached away, eroding the surface and increasing the porosity of the material. Salts can also penetrate with water through to the inner part, inducing physical stresses after water evaporation, followed by cracking.

It is known that in urban areas sulfur dioxide and nitrogen oxides are the most important gases associated with air pollution. Interaction between building materials and SO_2 is assumed to be one of the most important factors in building material deterioration due to air pollutants [1]. Sulfur dioxide in dry form has little impact on Portland cement, whilst most damage is caused by highly reactive sulfuric acid (H_2SO_4), formed by its reaction with oxygen and water. The aggression of SO_2 towards cement increases in the following order [2]:

$$SO_2 < SO_2 + O_3 < SO_2 + H_2O < SO_2 + O_3 + H_2O$$

The degree of attack depends on the type and concentration of aggressive agents and the properties of the cement. The transformation of SO_2 into sulfate increases with decreasing cement/water ratio [2]. The main products of sulfate attack are: gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), ettringite ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$) and thaumasite ($CaSiO_3 \cdot CaSO_4 \cdot CaCO_3 \cdot 15H_2O$). It is known that gypsum formation leads to the growth of black crusts on carbonate materials, both porous and not (marble and compact limestones). Additionally, gypsum can crystallize inside the materials with high porosity, such as mortars and sandstone [3]. In concrete, the most important effect of gypsum formation is the loss of strength and durability of the cement paste. Ettringite is a mineral formed due to the reaction between sulfates, calcium aluminates and water. It can be found in cement materials in three forms: primary ettringite, delayed ettringite and secondary ettringite. Primary ettringite is a product of hydration and is not hazardous. Many studies have been devoted to delayed ettringite formation (DEF), which is associated with damaging sulfate attack [4]. Its formation occurs when primary ettringite decomposes into monosulfate when it is subjected to temperatures between 70 – 90°C. Then, ettringite develops as delayed ettringite (DEF) at later stages. The reformation of ettringite depends on moisture conditions and internal sulfate sources; the crystal growth causes stresses in materials and then cracking.

Secondary ettringite forms due to external sulfate sources. Although the formation of ettringite due to sulfate from ground water is well understood, formation due to atmospheric SO_2 still requires research. This type of ettringite is produced by the reaction between gypsum and calcium aluminate hydrate [3]. The process is regulated by exposure to water (saturated atmosphere), temperature, SO_2 and CO_2 atmospheric concentrations and materials properties, such a Al_2O_3 content and porosity. The crystal growth in the pores of the cement matrix results in an expansion effect.

The formation of thaumasite in cement-based materials depends on the presence of ions, such as carbonate, sulfate and silicate, associated with calcium cations, and is limited by access to water [3]. The destructive effect of thaumasite formation consists of the decomposition of C-S-H compounds, which creates “mushy concrete” and decreases the strength of the material. Thaumasite formation due to atmospheric SO_2 is still not well understood.

The effect of NOx on Portland cement is practically undocumented. In the presence of water and oxidizing agents, nitrogen oxides form acid, which then interacts with the cement matrix, causing the formation of very soluble salts. However, it is very difficult to determine the effect of NOx, which also plays a role as oxidant (e.g. in sulfation) and oxidation catalyst.

It is known that the deposition of air pollutants in areas sheltered from rain washout gives rise to black soiling (black crust), which results in the darkening of exposed surface and loss of structural integrity of materials [5, 6]. Studies dealing with black crust composition on marble and limestone has shown that gypsum, calcite and carbonaceous particles are the most abundant components [6, 7]. An analysis of a black crust on modern concrete has shown that gypsum is the main mineral, followed by calcite [7]. Airborne particulates produced by fuel combustion have also been found embedded in the gypsum matrix [7]. Interaction between the components of deposited particles and the material itself cause further damage and an increase in material deterioration.

The present work focuses on the diagnosis of surface damage occurring on the Centennial Hall (Wroclaw, Poland), investigated as case study of 20th-century architecture realized in modern concrete located in an urban area, in the neighbourhood of power stations. The diagnosis was performed with the aim of identifying the impact of air pollution on the cement built heritage.

Materials and methods

The Centennial Hall, located in a urban area in Wroclaw (Poland) is a landmark in the history of reinforced concrete architecture. It was therefore chosen as a case study for investigating the damage of the cement built heritage induced by air pollution. The Centennial Hall, shown in Figure 1, is a historic building designed by Max Berg as a venue for the 1913 Centennial Exhibition, to commemorate the 100th anniversary of the Battle of the Nations. In 2006 it was added to UNESCO’s prestigious list of World Heritage Sites, as one of the most important

achievements of 20th-century architecture. The structure of the building has the form of a symmetrical quatrefoil, with an inner diameter of 69 m and a height of 42m, creating a vast circular central space, with seating for up to 6000 people.

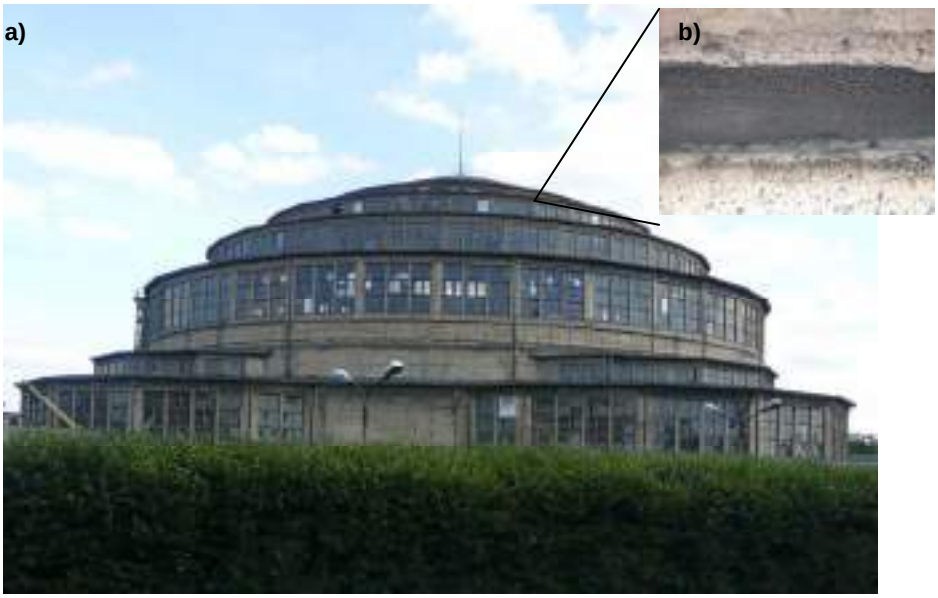


Figure 1 a) *The Centennial Hall, Wroclaw (Poland),* ***b)*** *Black crust in a sheltered area.*

Forty-seven samples of damage layers and concrete fragments were collected from different heights and parts of the buildings in washed-out, sheltered and partly sheltered areas. The results presented here refer to the samples listed in Table 1.

Sample	Sample location	Height [m]	Exposure to rain water wash out	Description
CH6	North-East	1.5	sheltered	Grey damage layer
CH8	East	12	partly sheltered	Grey damage layer
CH11	East	12	sheltered	Fragment of concrete + damage layer
CH17	South-East	14	partly sheltered	Grey damage layer
CH19	South	14	partly sheltered	Fragment of concrete + damage layer
CH21	East	14	partly sheltered	Fragment of concrete + damage layer
CH27	South	27	sheltered	Fragment of concrete
CH29	West	27	partly sheltered	Fragment of concrete + damage layer
CH37	North	40	sheltered	Fragment of concrete + damage layer
CH38	North-West	40	sheltered	Dark grey damage layer
CH39	East	40	sheltered	Fragment of concrete + damage layer
CH41	North-East	40	sheltered	Fragment of concrete + damage layer

Table 1*. List of analysed samples collected from Centennial Hall*.

The structural, textural and petrographical properties were observed in transversal thin section by optical microscopy utilizing an Olympus BX51 microscope. Morphological and elemental analyses of surface damage layers were performed by scanning electron microscope, equipped with dispersive energy microanalyzer (SEM-EDAX) using a Philips XL 20. The crystal phases of

powdered sample were identified by X-ray diffractometer Philips PW 1730. Additionally, gypsum and carbonate concentrations were revealed by thermal analysis, differential thermal analysis (DTA) and thermogravimetric analysis (TGA). The anion concentration was measured by Ion Chromatography using DIONEX 4500i. The elemental carbon present in black crusts was quantified by CHNSO analyzer EA 1108 FISONS Instruments. The present work reports the results from optical and scanning electron microscopy, and X-ray diffraction.

Results and discussion

Optical microscopy observations on specimens CH19, CH29 and CH37 indicate the damage layer to be mainly composed of gypsum and quartz with embedded spherical black and transparent particles. The damage layers in all the samples have an irregular shape, and the average thickness in sheltered areas (445±160 μm) is much higher than that for partly sheltered ones (203±55 μm) (Figure 2). Two typologies of particles embedded in the gypsum matrix have been identified: black carbonaceous particles with diameter from 13 to 25 μm, and yellow or white transparent aluminosilicate particles, generally 5-6 μm in diameter.

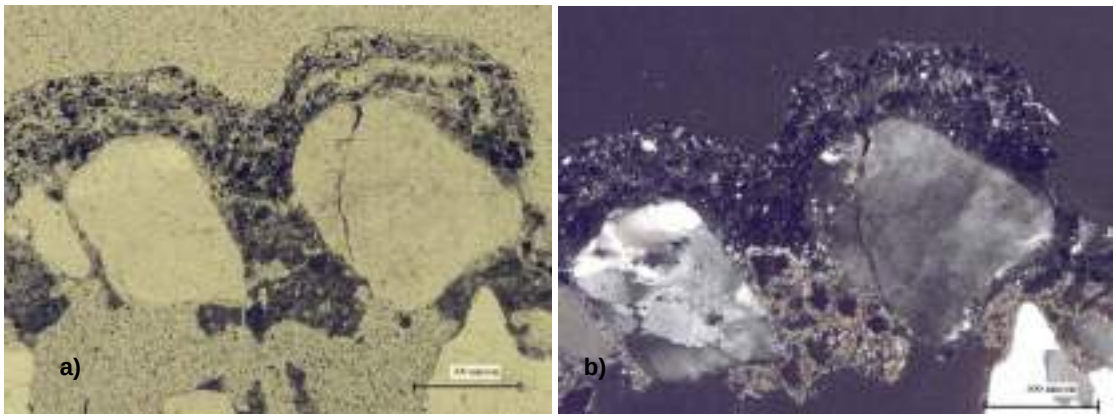


Figure 2. *Optical micrograph (**a)**planed-polarised light, **b)** cross-polarised light) of damage layer in partly sheltered area (CH19). Several black particles are clearly identifiable embedded in the gypsum matrix.*

The X-ray diffraction analyses were performed on samples CH11, CH17, CH27, CH38, CH41. Sample CH27, characteristic of undamaged concrete, shows the following crystalline phases: quartz as main mineral, followed by traces of calcite, portlandite, feldspar and mica. The samples, which include both damage layer and substrate, i.e. CH 11 and CH41, show as main crystalline phases quartz and calcite, and low amounts or traces of gypsum, magnetite, ilmenite, rutile and mica. The two specimens CH38 and CH17, constituted by surface damage layers only, sampled respectively on a sheltered and partly sheltered surface, show gypsum and quartz as the main components followed by hematite, ilmenite, rutile, calcite and mica. The sheltered damage layer sample (CH38) shows the highest concentration of gypsum, hematite and ilmenite (Figure 3).

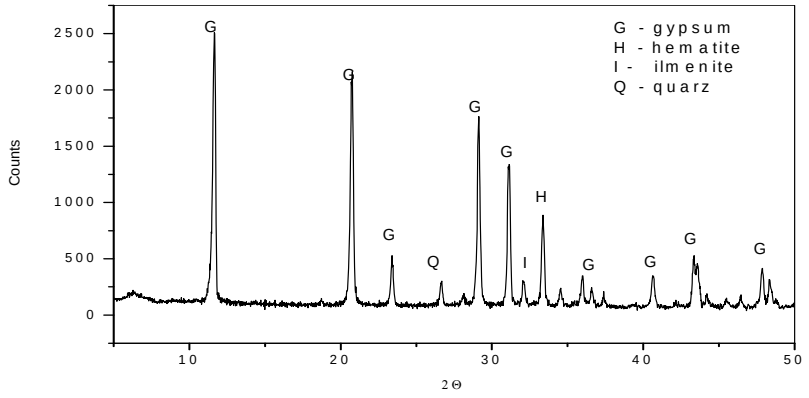


Figure 3 *X-ray diffractogram of surface damage layer sampled on concrete (CH38) at Centennial Hall (Wroclaw, Poland)*

The presence of quartz, calcite, portlandite and feldspar is ascribable to the aggregates and binder constituting the Portland cement mortar used to build the Centennial Hall. The presence of gypsum, hematite, ilmenite and rutile in damage layers, not identified in the undamaged material, is due to air pollutant deposition.

Gypsum is one of the best known damage products due to the interaction between components of the cement matrix and atmospheric SO_2, SO_3 and H_2SO_4 [3, 7, 8]. The highest amounts of gypsum are found in sheltered areas (as in sample CH38). Such surfaces are not exposed to rain washout, and are therefore the accumulation ground for products of interaction between atmospheric deposition and building material constituents. The lower amount found in the partially sheltered area is connected to the solubility of this mineral.

Hematite, ilmenite and rutile, the crystal phases found in the damage layers, are typical tracers of fly ash emitted into the atmosphere by coal fueled power stations [9, 10].

The SEM-EDAX analysis performed on the sample surfaces CH6, CH8, CH21, CH29, CH37 and CH39 confirmed the presence of gypsum with laminar structure, as shown in Figure 3. Spherical shape particles with smooth surfaces were also found embedded in gypsum matrix, as shown in Figure 4. They are characterized by the presence of silicon and aluminium as the main elements, with smaller amounts of Ca, S, K, Mg, Fe, and Ti, typical of aluminosilicate particles from coal combustion [9, 11].

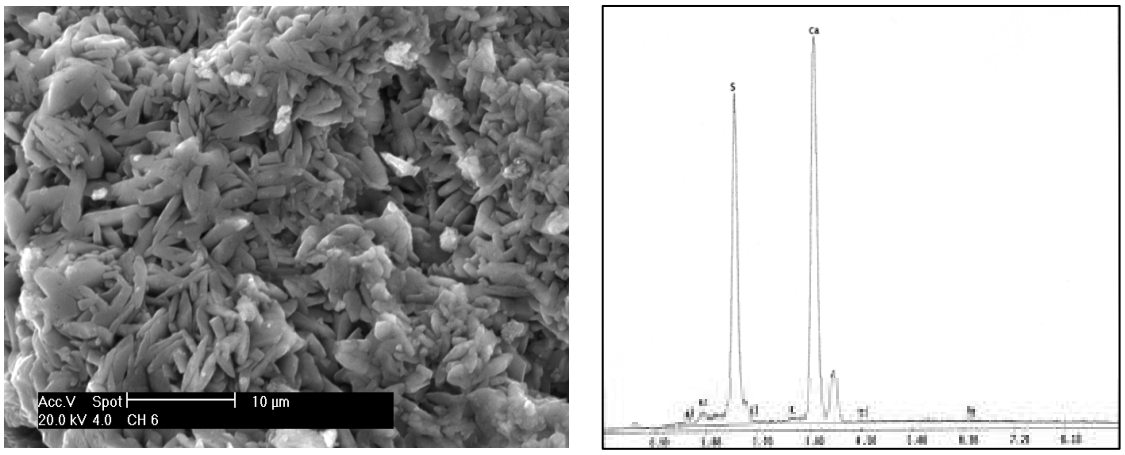


Figure 3 *Scanning electron micrograph showing surface of damage layer from sheltered area (CH6) on the left, and relative EDAX spectrum on the right.*

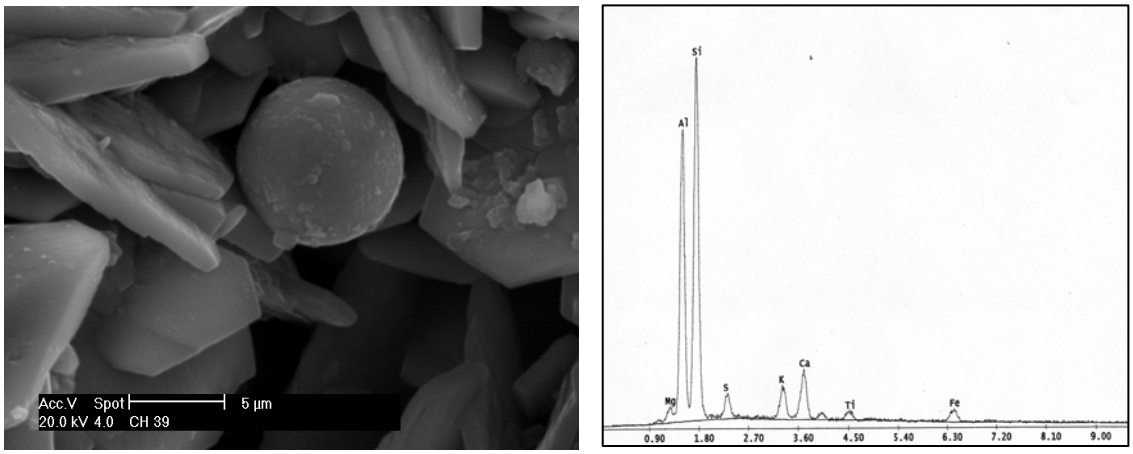


Figure 4 *Scanning electron micrograph of damage layer surface from sheltered area (CH39) on the left showing aluminosilicate particles, whose composition is confirmed by the EDAX spectrum on the right.*

The results obtained by SEM-EDAX confirm the results obtained from optical microscopy observations and X-ray diffraction, highlighting that the surface damage layers on the

Centennial Hall are mainly composed of gypsum, due to the sulfation of the cement matrix, and fly ash from coal combustion.

Conclusion

The present work focused on the diagnosis of surface damage on the Centennial Hall, in order to evaluate the impact of air multipollutants on cementitious material. The preliminary laboratory analyses, performed on samples from different sides and heights on the building show that gypsum, due to sulfation, is the main damage product, whose effects lead to the loss of strength and durability of the cement matrix. Moreover, numerous carbonaceous and aluminosilicate particles have been found embedded in gypsum layers. It is known that carbonaceous particles are not only responsible for the aesthetic impairment of building surfaces (darkening), but also play a catalytic role in the sulfation process. Additionally, there have identified crystals phases such as rutile, hematite and ilmenite originating from fly ash.

The results demonstrate that the surface deterioration is mainly caused by dry and wet deposition of SO_2 and fly ash from coal combustion, and subsequent interaction with the cement components. Coal power stations are In fact located in the surrounding area, the closest of which is placed at a distance of 5 km.

Future work will be focused on ion chromatography analyses, for ion measurements, and discrimination and quantification of carbonaceous fractions (elemental and organic carbon) by combustion analysis, which will allow the achievement of an exhaustive picture of the main causes leading to concrete deterioration of the building under study.

Acknowledgements

This work is performed within European Ph.D. in Science for Conservation (EPISCON), promoted by the European Commission with 6FP EU- Marie Curie EST Action.

References

[1] V. Zivica, A. Bajza, “Acidic attack of cement based materials – a review. Part 1. Principle of acidic attack”, Construction and Building Materials, 15, 2001, pp. 331-340.
[2] S. Martínez-Ramírez, G. E. Thompson, “Dry and wet “deposition” studies of the degradation of cement mortars”, Materiales de Construcción, 48,1998, pp. 15–31.
[3] “Environmental deterioration of ancient and modern hydraulic mortars, EDAMM” European Project. Research report n° 15, European Communities, Luxemburg 2003.ISBN 92-894-3169-5.
[4] M. Collepardi, “A state-of-the art review on delayed ettringite attack on concrete”, Cement and Concrete Compositions, 25, 2003, pp. 401-407.
[5] C. Riontino, C. Sabbioni, N. Ghedini, G. Zappia, G. Gobbi, O. Favoni, “Evaluation of atmospheric deposition on historic buildings by combined thermal analysis and combustion techniques”, Thermochimica Acta, 321, 1998, pp. 215-222.
[6] A. Bonazza, C. Sabbioni, N. Ghedini, “Quantitative data on carbon fractions in interpretation of black crusts and soiling on European built heritage“, Atmospheric Environment, 39, 2005, pp. 2606-2618.
[7] N. Marinoni, M. Pellizon Birelli, C. Rostagno, A. Pavese, “The effects of atmospheric multipollutants on modern concrete”, Atmospheric Environment, 37, 2003, pp. 4701-4712.
[8] V. Pavlĭk, A. Bajza, I. Rouseková, S. Unčik, M. Dubĭk, “Degradation of concrete by flue from coal combustion”, Cement and Concrete Research, 37, 2007, pp. 1085-1095.
[9] M. Monte, C. Sabbioni, “Morphology and mineralogy of fly ash from a coal-fueled power plant”, Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology Series B35,1984, pp. 93-104.
[10] X. Querol, A. Alastuey, A. López-Soler, E. Mantilla, F. Plana, “Mineral composition of atmospheric particulates around a large coal-fired power station”, Atmospheric Environment, 30, 1996, pp. 3557-3572.
[11] M. Jabłońska, D. Smołka–Danielewska, “Aluminosilicate particles in fly ash and atmospheric dust“, Mineralogical Society of Poland –special papers, 22, 2003, pp. 82-89.

LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EMPLEADOS EN LA ARQUITECTURA MILITAR DEL SIGLO XVIII A TRAVÉS DE LOS TRATADOS DE FORTIFICACIÓN. Obtención, fabricación, utilización y proporciones

M. J. Peñalver Martínez, J. F. Maciá Sánchez

Dpto. de Arquitectura y Tecnología de la Edificación. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Civil. Universidad Politécnica de Cartagena

biarqui@ideamos.com

ÁREA TEMÁTICA: GEOMETRALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLES: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS MATERIALES

En una de las preguntas que formula el príncipe que interroga al ingeniero en el *Examen de Fortificación*…de González de Medina Barba (Madrid, imprenta del Lcdo. Varez de Castro, 1599) leemos: *"(…) decizme ahora, con que materiales lo haridades, y en q´tiêpo, y el conocimiento dellos, y la mezcla; porque de poco ferviria aver elegido el mejor fitio, la mejor forma, fi los materiales con que fe huviere de hazer no fon a propofito, y tales que dello pueda refultar la ruyna de la fortificación, o por no buena la piedra, o con lo que fe liga, o por no eftar bien difpuefta, quando fe haze tiempo, o fazon, que en todas las cofas fe requiere."*[1]

El contenido de la pregunta refleja la importancia que los tratadistas dan al dominio por parte de los ingenieros de las propiedades materiales de las fortificaciones y por tanto al conocimiento y dominio de los productos con los que se construyen.

Los ingenieros militares que realizan las fortificaciones abaluartadas que proliferan en nuestro país y en América durante el s. XVIII, poseen un conocimiento constructivo que para José Luis González[2] se define como: *"el saber constructivo es el que aporta métodos al arquitecto para que sea capaz de optimizar los resultados de las formas constructivas frente al complejo conjunto de exigencias esencialmente contradictorias entre sí…"* refiriéndose a la utilidad del edificio y al cumplimiento de la función para la cuál es creado. También se menciona que el conocimiento constructivo puede dividirse en dos grupos:

1) *"Los que suministran los datos necesarios para concebir los edificios."*
2) *"Los que son necesarios para que este edificio se convierta en una realidad material"*

De estos dos grupos puede decirse que el primero hace referencia a los aspectos que se refieren al trazado, mencionado anteriormente, y en el segundo se encuentran los conocimientos constructivos necesarios para que una obra pueda ser llevada a la realidad, considerando a este segundo grupo como punto de partida para esta comunicación.

En la construcción de una obra defensiva se emplean varios materiales, sin embargo los esenciales son: ARENA, CAL, PIEDRA Y LADRILLO. De la mezcla proporcionada de los dos primeros se obtiene la argamasa o mortero que ligará o trabará el resto de materiales como la piedra y el ladrillo.

Una de las premisas de partida que indican los tratados consultados es que deben utilizarse los materiales existentes en la zona y tener en cuenta la experiencia de los pobladores del lugar.

La arena

Existen tres tipos de arena: la de cantera, que puede ser a su vez blanca, carbúncula y colorada, la de río y la de mar[3]. Todas ellas al igual que los terrenos se clasifican a partir de sus características generales; procedencia del material, color, textura, y grado de salinidad.

Se recomienda como la mejor la arena de cantera y de río, cuyo grano sea de tamaño medio; esta característica es importante ya que si el grano es demasiado menudo no se obtendrá un buen mortero al mezclarla con la cal. La arena de cantera al mezclarla con la cal obtiene un mejor fraguado y la arena de río de agua dulce es la mejor, siempre y cuando esté limpia de tierra.

La de mar debido a su salinidad no es aconsejable, excepto que se lave con agua dulce para mejorarla. Esta arena no debe ser empleada en la elaboración de enlucidos debido al alto contenido de salitre. Sin embargo, puede emplearse en la construcción de las murallas gruesas; aunque eso implique una mayor cantidad de cal, ya que se considera a esta arena cruda o muy húmeda.

Al igual que existen algunos métodos para comprobar la resistencia del terreno también se mencionan los que se utilizan para conocer la calidad de la arena. Cristóbal de Rojas menciona que puede saberse la calidad de ésta frotándola con las manos: *"que se conocera si es buena, refregándola entre las manos, y si hiziere ruydo, es señal de buena, y sino lo hiziere, será limo que se entiende grassa de la tierra, y agua, la cual es muy falta para el edificio"*[4] siendo este el procedimiento más común para ello.

La cal

Así como la calidad de la arena es importante para obtener un buen mortero la de la cal interesa más. Se observa cierta unanimidad por preferir la cal de mármol considerada como la mejor de todas, sin embargo, Rojas afirma que: "*ay muchos géneros de cal, una muy buena, y otra de mediana, y otra de muy mala (…)"*.[5]

Las piedras que se emplean para su elaboración pueden ser: de pedernal, dura y espesa o poco porosa, esponjosa y espesa que se denomina sipia[6]

La recomendación de elaborar cal utilizando conchas de mar aparece en un tratado del siglo XVIII, John Müller afirma que: *"Tambien se hace Cal de toda especie de Hostras y Conchas de la Mar, la cual se aprecia mucho por su calidad exquisita; pues se enjuga y endurece en muy poco tiempo (…)"*[7]

La cal elaborada con piedra esponjosa, por ser de menor calidad para las obras, puede emplearse para enlucidos y revoques. Es tal la variedad de piedras con las que puede fabricarse la cal que es posible realizar cales a partir de piedras toscas de las que se obtiene una cal de mala calidad llamada de buñuelo de apariencia similar a la cal de buena calidad: *"…á esta le llaman cal de buñuelo: es muy falsa para las fábricas, y assi se conocera bien para huir della, y mirar que no la entremetan los caleros vendiéndola al presio de la buena, porque en esto auria engaño á la bolsa, y daño á la fabrica"*[8]

Los procedimientos para la obtención de la cal son similares, consisten preferentemente en quemar las piedras con carbón de tierra, y en caso de que no sea posible de leña, "*por que como el Carbón está muy impregnado de partículas sulphurosas se introducen e incorporan con la Cal, y la hacen mas glutinosa…"*[9]

Una vez se han quemado las piedras se deben refrescar con agua, lo que se denomina *apagar* la cal. La cal puede también utilizarse como sale del horno dando lugar a la *cal viva*.

Medina Barba menciona que este proceso de apagar la cal debe realizarse poco a poco, agregando el agua hasta que adquiera una apariencia como de leche, puntualizando que agregar poco agua sólo trae como consecuencia la aparición de piedras que provocan que la cal tenga poca adherencia a las piedras. Posteriormente la cal debe reposar varios días para ser amasada varias veces hasta obtener la consistencia adecuada.

El mortero cal-arena

De la cal y la arena se obtendrá el mortero o la argamasa que se emplea en casi todos los procesos constructivos. La fabricación del mortero se hace de diversas formas, algunos mencionan que debe mezclarse a capas y posteriormente agregarle el agua. Mallet afirma que "*Le Mortier se fait en diverses manieres: Mais voicy la meilleure & cele que j´ay practiqué. Lorsque la Chaux sortoit du Four, & estoit encoré toute chaude, nous la faifions couvrir de Sable…*[10]

La anterior es la forma general de preparar el mortero, pero la calidad de éste está en función de la calidad de la arena. En general las proporciones que aparecen en los tratados para la realización del mortero cal-arena tienen en cuenta las características de ambos materiales. Rojas explica que: *"(…) si fuere el arena sacada de cantera, y la cal de piedra dura, y espessa, se mezclara echando dos partes de arena, y una de cal, y si fuere arena de mar, ó de rio, se mezclara á dos espuertas de cal tres de arena: y si la cal fuera muy floxa, se mezclara tanta cal como arena, y con este concierto saldrá la mezcla a propósito para conglutinarse, (…)"*[11]

Partiendo de que las calidades de los materiales son conocidas por la mayoría de los ingenieros es normal la homogeneidad encontrada en las proporciones de distintos autores a lo largo de tres siglos.

En la calidad del mortero no sólo influye la calidad de los materiales sino también su proceso de fabricación. *"La fuerza, y consistencia de la Mezcla, no depende solo de la de los Materiales que la componen; sino también del modo de prepararla (…)"*[12]

La preparación del mortero puede ser de dos formas:

1. Mortero que se deja reposar: La cal apagada se amasa con la arena sin agregar más agua que la suministrada por la cal y la mezcla se deja reposar desde unos días, a lo largo de los cuales se va removiendo, hasta un año en obras de mayor envergadura.
2. Mortero sin reposar: En el caso de que el mortero no vaya a experimentar dilataciones se pueden aplicar batiendo la mezcla cada día durante una semana y dejándola reposar durante otra semana.

Existen también otros materiales que pueden sustituir a la arena en la preparación del mortero y que aparecen en los tratados del siglo XVIII.

Los materiales que suelen mezclarse con la cal son: cenizas de los hornos de cal, polvo de tejas, escoria de hierro, fragmentos de vasos o vasijas, *Terrasa de Holanda* o *Puzzolana*, polvo de tiestos recocidos y polvo de ladrillos. Para agregar estos materiales a la cal es necesario que estén molidos y su consistencia sea como un polvo fino. La utilización de estos materiales depende del uso al que esté destinado el mortero: obras bajo el agua, enlucir cisternas y el utilizados en la construcción de bóvedas. Para su fabricación se emplea la misma técnica que para el mortero cal-arena.

Mortero utilizado en obras bajo el agua: Se recomienda la utilización de morteros de cal con cenizas de hornos de cal o la mezcla de cal con polvo de *terrasa de Holanda,* o agregar a la cal polvo de tejas.

Mortero para enlucir cisternas: La mezcla de cal con escoria de hierro que alcanza un fraguado rápido y resistente al agua impidiendo filtraciones.

Mortero para la construcción de bóvedas: Se utiliza un mortero compuesto de cal viva con *Terrasa de Holanda* o *Puzzolana* o en su defecto polvo de tiestos recocidos. También puede

utilizarse cenizas de los hornos de cal, preferentemente en los que se emplea carbón de piedra.

Es durante el siglo XVIII cuando aparecen dos materiales que no habían sido mencionados por los tratadistas de siglos anteriores, una especie de hormigón y el cemento. El primero de ellos aparece en el tratado de Müller, quien habla de un material que se coloca para finalizar la construcción de las bóvedas: *"(…) una especie de Hormigón compuesto de buen mortero, mezclado con cascajo, y piedras menudas que no excedan de la magnitud de una nuez poco mas o menos."*[13]

La aparición del término cemento aparece en Mr. Belidor, *"El cemento se mezcla también con la Cal en más pequeña o más grande cantidad según lo que baste más o menos, las proporciones son las mismas que se han mencionado: sin embargo, se hace bastante a menudo un mortero compuesto de mitad arena y mitad cemento, cuyo uso es muy bueno para las obras en las que no es la última consecuencia; pero que merece por lo tanto cualquier atención"*.[14]

Los ladrillos

Si para la cal se menciona la selección de piedras, el proceso de fabricación y su mezcla con otros materiales, para los ladrillos se advierte además la elección de la tierra, las épocas del año en que se deben realizar, y sus dimensiones.

Las características mencionadas de la tierra que se emplea en la fabricación de los ladrillos son numerosas, pero por citar alguna de ellas:

"Serán los mejores los que se hizieren de una tierra, que se viere blanquear, como greda blanca, tenaz, y la colorada, o la celeste, que naturalmente es greda".[15]

"Pour bien choisir una terre propre á faire de la Brique, il faut qu´elle soit grasse &forte, de coleur blanchâtre, ou grisâtre, sans qu´il s´y rencontré des petits cailloux ni gravier;…aussi de la rouge qui peut servir au même usage; mais elle n´est pas des meilleures, (…)"[16]

La característica común es el color de la tierra: blanquecina, colorada o roja, celeste o azulada, o de color grisáceo. Las diferencias en cuanto a la textura de la tierra puede deberse a la variedad de materiales de cada lugar.

Para la extracción de la tierra se prefiere el otoño y se deja reposar durante todo el invierno, para que las inclemencias del tiempo la suavicen; iniciándose la fabricación de los mismos en primavera o verano. Una vez elaborados, si el verano es demasiado caluroso los ladrillos se protegerán del sol con paja mojada para que se sequen poco a poco, mientras que en invierno se cubren con arena y paja seca.

La forma de los ladrillos es rectangular sin embargo existen otros con un lado semicircular para el cordón de la muralla y los que tienen un bocado semicilíndrico con los que se forman conductos o cañerías[17].

En cuanto a las dimensiones se prefieren los ladrillos delgados a los gruesos, que tengan de largo entre 8 y 9 pulgadas por 4 de ancho y 2 de alto. Otros propondrán aumentar su dimensión a casi el doble haciéndolos de 18 pulgadas de largo por 9 de ancho y 4 de espesor, aunque los de dimensiones menores se manejan con mayor facilidad por los obreros. Se calcula que *"Un Oficial de albañil con su peon, puede fácilmente asentar 1000 ladrillos en un dia, quando el Muro tenga de espesor Ladrillo y medio, ó dos ladrillos (…)"*[18].

La piedra

La piedra junto con el ladrillo son los materiales fundamentales en las fortificaciones. En el siglos XVI se distinguen tres clases de piedra: Vivas, Muertas y Esponjosas.

Una característica de la piedra viva es su poca resistencia al fuego, la piedra muerta *"tiene mejor temperamento"* y la piedra esponjosa es *"aquella que se ha formado sobre la superficie de la tierra y por el lecho del río, (…) la piedra que baña el agua"*[19]

Sin embargo, la exposición más amplia sobre los tipos de piedras que existen en España es la de Cristóbal de Rojas cuando trata *Del reconocimiento que ha de aver de la piedra y ladrillo*, enumera los diferentes tipos conocidos en España y que diferencia de los italianos. Relaciona algunas piedras con sus usos tradicionales y se detiene en la piedra berroqueña porque sufre mucho la gravedad del peso del edificio, y resiste la injuria de los tiempos de agua, calor y frío, *lo qual haze mucho daño*. También recomienda una llamada *panalexo*, la cual es buena para los cerramientos de las bóvedas, ó capillas, por ser liviana.*"(…) assi dire de los nombres de piedra de que yo tengo noticia en España, como es jaspe colorado, y otros jaspeados de diuersas colores: ay mármol de filabres, y entre ello uno mas duro que otro: piedra negra, que llaman piçarra, piedra berroqueña, piedra sipia, piedra de la palomera, que es blanca con muchos caliches, ay piedra de panalexo, piedra franca, piedra moleña."*[20]

Durante os siglos XVII y XVIII las características de las piedras permiten clasificarlas en duras y blandas, en donde las primeras de ellas son las mejores, pues se prefiere una piedra compacta y dura para la realización de los cimientos y muros. Las piedras blandas o suaves son más fáciles de trabajar y de labrar y con ellas se realizan las piedras de talla o labradas, las que se colocan en los ángulos de los baluartes, que deben ser con *arista viva*.

Las piedras se ligan con una mezcla de mortero cal-arena y otras veces se sujetan con grapas o clavijas de hierro, la constitución de la piedra debe ser esponjosa lo que permitirá una mejor unión de ésta con el mortero.

Las piedras que se extraen en la cantera deben de estar desbastadas a regla y escuadra, porque una piedra mal cortada lo único que ocasiona es *"(…) mucho gasto del acarreo de los carros, y se gasta el dinero dos vezes en el acarreo, y en los canteros, que vuelven a desbastar lo desbastado."*[21]

Se recomienda también que las piedras que se extraen permanezcan sin labrar durante uno o dos años expuestas al sol, a la lluvia, al hielo, para saber cuál es su resistencia. "(…) para reconocerla, que vizio haze y de que, porque si tiene de lo arenoso resistirá mas el fuego, y menos al agua y yelo. Si es dura, como transparente, que no le toque fuego, resiste al agua y al yelo, y al ayre."[22]

Existe otro tipo de piedras pequeña, tosca y desigual con la que se prepara la mampostería ordinaria o ripiage, ésta se mezcla con mortero cal-arena y se utiliza para macizar el interior de los muros.

La utilización de la piedra en algunos casos es imposible de realizar sobre todo cuando en el lugar donde se realiza la fortificación no existe de forma abundante. Este problema puede solucionarse transportando piedra de otro lugar, aunque esto produce un incremento en el costo de la obra. Otra solución es utilizar una combinación de piedra y ladrillo para realizar u muro mixto, y por último cuando no existe piedra de calidad en la zona se realizará la obra con ladrillos.

Conclusiones

Para la conservación de toda edificación es necesario el conocimiento de los procesos constructivos y las técnicas empleadas en su edificación. La declaración de Amsterdam recomienda:

1) "(…) es necesario cuidar que los materiales tradicionales de construcción permanezcan disponibles y que se sigan aplicando las artes y técnicas tradicionales."
2) "(…) es conveniente agrupar una documentación completa sobre los materiales y las técnicas"

La reflexión que surge a raíz de lo anteriormente citado es que la falta de documentación puede afectar a la valoración del edificio. Este es el caso de las fortificaciones que normalmente se estudian exclusivamente desde el punto de vista histórico y no desde el arquitectónico constructivo, un primer paso por tanto, para las posibles intervenciones en este tipo de edificios será el conocimiento de los materiales que se utilizaron en su construcción.

Referencias

[1] D. González de Medina Barba, "Examen de Fortificación", Imprenta del Licenciado Varez de Castro, Madrid, 1599, p. 130.
[2] J.L. González Moreno-Navarro, "El legado oculto de Vitruvio. Saber constructivo y teoría arquitectónica", Ed. Alianza, Madrid, 1993, pp. 17
[3] C. de Rojas. "Teoría y práctica de fortificación, conforme a las medias y defensas destos tiempos, repartida en tres partes", Madrid, 1598, p. 89.
[4] Idem.
[5] Idem
[6] Se ha encontrado una relación entre sipia y jibia que es un calamar de concha calcárea. Recordar que también existe la elaboración de la cal a partir de conchas marinas.
[7] J. Müller. "Tratado de Fortificación o Arte de construir los Edificios Militares y Civiles…, Thomas Piferrer, Barcelona, 1769, pp. 175-176.
[8] C. de Rojas. 1598, op. cit., p. 89 .
[9] J. Müller., 1769, op. Cit., pp. 175-176.
[10] A. Manesson Mallet. "Les travaux de Marso u l´art de la guerre", Frederic Leonard, París, 1672, p.80.
[11] C. de Rojas. 1598, op. Cit., p. 90
[12] J. Müller., 1769,op. cit., p. 182
[13] [13] J. Müller., 1769,op. cit., p. 272
[14] B. Belidor, "Las Science des Ingénieurs dans la conducte des travaux de fortification et d´architecture civil", Rue S. Jacques, París, 1729, Tomo I, Libro III, p.15.
[15] D. González de Medina Barba, 1599, op. cit. p. 133.
[16] B. Belidor, 1729, Tomo I, Libro III, op. cit. p.12.
[17] J. Müller., 1769,op. cit., p. 157
[18] J. Müller., 1769,op. cit., p. 159
[19] G. Maggi, G. Castriotto Fusto, "Della fortificatione delle citá" Rutilio Borgominiero, Venecia, 1564, Libro Tercero, Cap. XI, p. 87
[20] C. de Rojas. 1598, op. cit., p. 90
[21] C. de Rojas. 1598, op. cit., p. 97
[22] D. González de Medina Barba, 1599, op. cit., p.131.

ESTUDIO COMPARATIVO DE TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS (ULTRASONIDOS Y ESCLERÓMETRO) PARA LA DIAGNOSIS DE MATERIAL PÉTREO EN EL PATRIMONIO MONUMENTAL

Rodríguez Gordillo, José[(1)] y Sáez Pérez, Mª Paz[(2)]
1: Departamento de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias.
2: Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad de Granada. Campus Fuentenueva. Avda. Severo Ochoa s/n, 18071. Granada, España

gordillo@ugr.es[(1)] mpsaez@ugr.es[(2)]

ÁREA TEMÁTICA 1: Geomaterialidad y patrimonio Inmueble: técnicas y metodologías científicas para la conservación y restauración de materiales.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de disponer de técnicas no destructivas para el estudio de materiales y obras del Patrimonio Artístico y Monumental es de utilidad indiscutible y esencial. Esto ha propiciado por una parte el desarrollo de técnicas no destructivas en si mismas (ultrasonidos, análisis de imagen, colorimetría, reflectografía,...), y el desarrollo de equipamientos analíticos portátiles (DRX; FRX, colorímetros, etc.,) que permitan obtener *in situ* los datos oportunos, sin necesidad de las siempre problemáticas tomas de muestras en materiales y obras insustituibles. No obstante, la aplicación del término "no destructiva" ha de hacerse con la necesaria reserva y evitar peligrosas generalizaciones, puesto que posibles "efectos secundarios" podrían tener lugar dependiendo del tipo de material y obra sobre la que la técnica en cuestión se aplique.

En el caso del material pétreo constituyente de obras monumentales y artísticas, la acción de agentes, meteóricos y polucionantes, entre otros efectos, van a incidir sobre su cohesión interna y resistencia mecánica.

En términos directos, la determinación cuantitativa de las características mecánicas de un material pétreo tiene lugar mediante los oportunos ensayos de control esfuerzo-deformación hasta rotura, ya sea mediante compresión uniaxial, flexotracción, etc., ensayos a todas luces destructivos, tanto por su dinámica como por la necesidad de probetas específicas.

El ámbito de la construcción ha desarrollado para determinar la resistencia mecánica del hormigón armado una técnica que puede aplicarse "in situ", sin necesidad de probetas específicas, nos referimos al esclerómetro o martillo para hormigones, cuya fuerza de impacto (índice de rebote) se relaciona con el comportamiento elástico del material. No obstante, su fuerza de rebote es excesiva para lo que podríamos denominar "rocas blandas" (granitos, mármoles, calizas, biocalcarenitas...), provocando grietas y fracturas como se ha comprobado sobre probetas de mármol blanco de Macael [1].

Recientemente se ha desarrollado un martillo o esclerómetro para "rocas blandas" que, basado en el mismo principio que el martillo para hormigones, pero con una fuerza de descarga mucho menor, lo hace óptimo para trabajar con este tipo de rocas. Se trata por tanto de un ensayo no destructivo que, como en el caso anterior, a partir de las medidas de rebote o índice de rechazo (dureza de Schmidt) se obtiene la resistencia a compresión y módulo de elasticidad del material.

Por su parte, y desde hace tiempo, la medida de la velocidad de transmisión de los pulsos ultrasónicos a través de un medio sólido se ha revelado como una técnica no destructiva, sencilla y eficaz para la evaluación de la densidad y compacidad de ese medio. Concretamente, y en el caso de material pétreo presente en obras monumentales permite obtener información sobre su pérdida de cohesión interna, presencia de fracturas y fisuras, discontinuidades composicionales y estructurales, etc., así como de la eficacia de tratamientos de consolidación oportunos [2].

La alteración del mármol por efecto de gradientes térmicos (insolación, cambios térmicos, es un fenómeno bien descrito, y cuyo efecto más visible es la pérdida de material en forma de descamaciones superficiales [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]. Un ejemplo de este tipo de procesos es el experimentado por el mármol blanco de Macael (Almería, España) material al que pertenecen las columnatas del Patio de los Leones de la Alhambra de Granada y presente en otros muchos monumentos, fundamentalmente del sur de España. Sus mecanismos de alteración por las causas anteriormente citadas han sido estudiadas por diversos investigadores [11], [12], [13].

En el presente trabajo se relacionan los datos obtenidos mediante las técnicas de resistencia mecánica por compresión uniaxial (técnica destructiva), frente a los proporcionados por las dos técnicas no destructivas antes expuestas: la medida de velocidad de propagación de ultrasonidos y la de dureza de Schmidt proporcionada por el martillo o esclerómetro para rocas blandas. Las medidas se han efectuado sobre probetas de mármol blanco de Macael sometidas a diversos ciclos de estrés térmico, de manera que, tomando como elemento de referencia los datos proporcionados por la rotura a compresión, evaluar la validez de los datos aportados por las otras dos técnicas en términos de resistencia mecánica, y establecer, en su caso, las oportunas equivalencias.

MATERIALES Y TÉCNICAS

El material empleado en el estudio ha sido mármol de Macael (Almería, España), concretamente el denominado “Blanco Macael”. Se trata de un mármol calcítico de tipo granoblástico, variando desde equigranular, con grano de gran tamaño, hasta grano medio-fino heterogranular. Contiene pequeñas cantidades de cuarzo y cristales aislados de moscovita y feldespato, y otros minerales accesorios como epidota y menas metálicas (titanita y pirita) que suelen concentrarse en forma de bandeados grisáceos [1]. En nuestro caso se ha empleado el material más blanco o con menor proporción de dichos bandeados. Para su adecuación a la normativa de los distintos ensayos el material ha sido cortado en forma de prismas de dimensiones 15x5x5 cm.

En todos los casos, tanto las medidas de velocidad de propagación de ultrasonidos, como las de dureza de Schmidt, como las de resistencia mecánica hasta rotura se han hecho según la dirección de mayor entidad de la probeta (dirección z ó altura).

Ciclos térmicos

Además de probetas no sometidas a ningún tipo de estrés térmico se han estudiado probetas tras los siguientes tipos de ciclos:

Ciclos diarios de calentamiento/enfriamiento entre 100º C y -20º C (6 horas a 100º C, 6 horas a temperatura ambiente, 6 horas a -20º C y 6 horas a temperatura ambiente). El número de probetas ensayadas ha sido de 10, y el número de ciclos efectuados 10.

Ciclos como los descritos anteriormente, manteniendo intervalos de temperatura de 75º C a -20º C en un caso, e intervalos de 50º C a –20º C en otro. En ambos casos el número de probetas ensayadas ha sido de 10, y 10 el número de ciclos.

Los ciclos de calentamiento/enfriamiento se han realizado manteniendo las probetas en horno de calentamiento por convección y frigorífico respectivamente.

Ultrasonidos

El método usado ha sido el de transmisión directa, y de acuerdo con las recomendaciones de [14] y [15]. El equipo empleado ha sido un STEINKAMP BP V. Las medidas se han efectuado sobre material no tratado, así como tras cada uno de los ciclos de calentamiento/enfriamiento descritos.

Medidas de Dureza de Schmidt (Esclerómetro)

A fin de adecuarnos al nivel general de resistencia mecánica del material marmóreo, como se comentaba en la Introducción, hemos recurrido como técnica no destructiva, que nos dé datos relacionados con dicha resistencia mecánica, al esclerómetro o martillo para rocas blandas (“rock clasification hammer”). Se han realizado las medidas de dureza de Schmidt (r) de todas

las probetas sometidas a los diferentes ciclos de calentamiento/enfriamiento, así como sobre 10 probetas no sometidas a dichos ciclos. Además, a partir de los datos de rebote o dureza de Schmidt se ha calculado la resistencia a compresión (σ_c) y el módulo de elasticidad ($E_{t)}$. El equipo utilizado ha sido un esclerómetro o martillo clasificador de rocas blandas modelo 45-D056 de la casa CONTROLS.

Ensayos de resistencia mecánica

Se han realizado determinaciones de esfuerzo-deformación y carga de rotura para probetas sometidas y no sometidas a los ciclos de estrés térmico. El ensayo se ha efectuado de acuerdo con la norma [16]. Se han ensayado 40 muestras distribuidas en series de 10 para cada uno de los ciclos de estrés térmico. El equipo empleado ha sido una prensa Ibertest MEH 2000 CO dotada de dos bandas extensiométricas (TML PFL 10-11) para controlar la deformación.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1 se recogen las velocidades medias de propagación de ultrasonidos (Vm) según la dirección de mayor entidad (z) en las probetas, y sus variaciones porcentuales, tras cada ciclo de estrés térmico efectuado. En la figura 1 se representan estas velocidades. Los resultados manifiestan la disminución en la velocidad de propagación de los ultrasonidos durante los 5-6 primeros ciclos de enfriamiento calentamiento para los para los intervalos 100/-20ºC y 75/-20ºC, disminuciones mucho menos relevantes para los intervalos 50/-20ºC.

Nº ciclos	100/-20ºC		75/-20ºC		50/-20ºC	
	Vmz (m/s)	ΔVmz (%)	Vmz (m/s)	ΔVmz (%)	Vmz (m/s)	ΔVmz (%)
0	5.394	-	5.481	-	5.666	-
1	4.286	21	4.927	10	5.450	4
2	4.116	24	4.816	12	5.410	5
3	4.059	25	4.589	16	5.406	5
4	4.122	24	4.542	17	5.302	6
5	3.977	26	4.491	18	5.310	6
6	3.846	29	4.482	18	5.412	5
7	3.860	28	4.493	18	5.300	6
8	3.824	29	4.490	18	5.410	5
9	3.830	29	4.483	18	5.305	6
10	3.800	30	4.488	18	5.303	6

Tabla 1. *Velocidades medias y variaciones porcentuales según la dirección Z tras los distintos ciclos.*

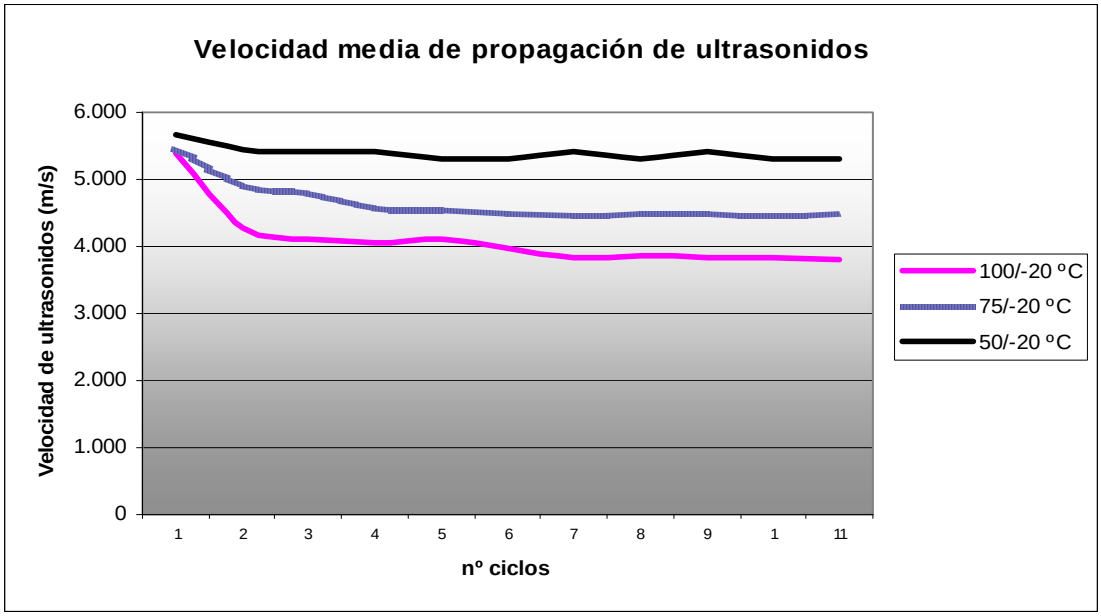


Figura 1. Velocidad de propagación de ultrasonidos (V) tras las distintas tandas de ciclos, según la dirección Z.

En la Tabla 2 se recogen los valores de resistencia a compresión (σ) obtenidos a partir de los valores de Índice de rebote (r) proporcionados por el esclerómetro de Schmidt y por los ensayos de resistencia mecánica, así como sus variaciones porcentuales respecto a las muestras no sometidas a ciclos térmicos. A efectos comparativos se incluyen además los valores límites de velocidad de ultrasonidos tras cada tipo de ciclo térmico y sus variaciones porcentuales. Ambos ensayos mecánicos indican variaciones acusadas tras los ciclos de 100/-20ºC, y bastante más moderadas tras los ciclos de 75/-20ºC. La incidencia de los ciclos de 50/-20ºC está dentro de las oscilaciones implícitas al método instrumental (±5 %).

Tratamientos	σ (MPa) Esclerómetro	Δ(%)	σ (MPa) Resist. Mecánica	Δ(%)	Velocidad ultrasonidos m/s	Δ(%)
Sin tratam	70,0	-	69,0	-	5.394	-
50/-20ºC	68,5	2	66,0	4	5.303	6
75/-20ºC	62,0	11	63,0	9	4.488	18
100/-20ºC	54,5	22	56,0	19	3.800	30

Tabla 2

En la Figura 2 se representan las variaciones porcentuales correspondientes a cada una de las tres técnicas.

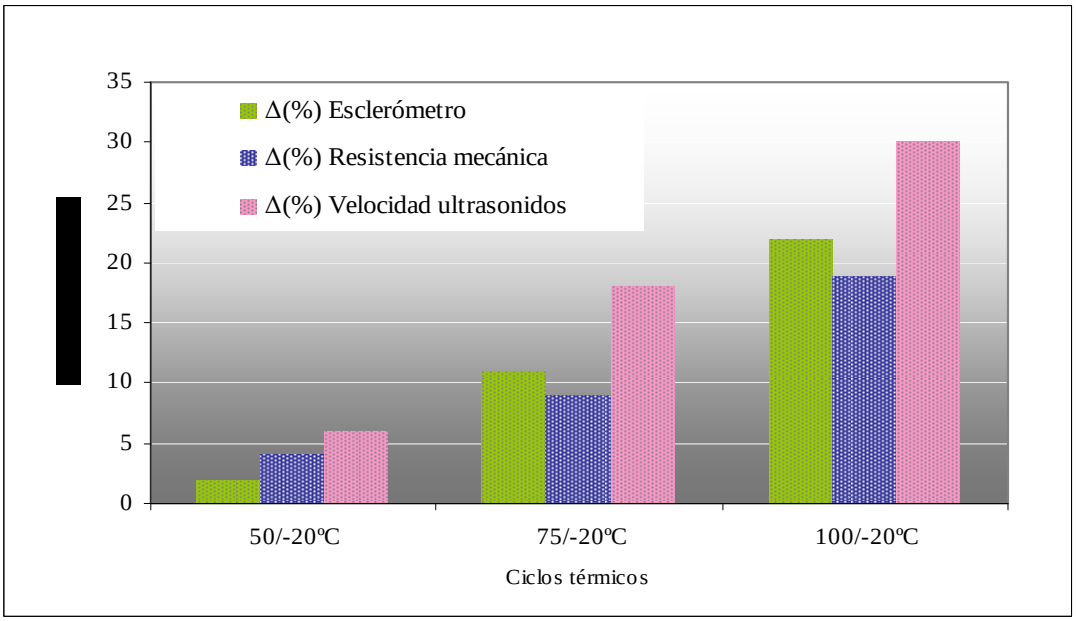


Figura 2. Variaciones porcentuales resultantes de la aplicación de las tres técnicas utilizadas, para las distintas tandas de ciclos.

CONCLUSIONES

Coincidiendo con estudios previos [13], los resultados aquí obtenidos indican la alta sensibilidad del mármol de Macael a oscilaciones térmicas no excesivamente elevadas, como es el caso de los ciclos de 75/-20ºC y 100/-20ºC; pudiendo considerarse la temperatura de 50ºC el umbral térmico a partir del cual el material comienza a verse afectado por estas oscilaciones periódicas de temperatura. Por otra parte, y como los valores de velocidad de propagación de ultrasonidos ponen de manifiesto, la incidencia de las oscilaciones térmicas es relativamente rápida, teniendo lugar tras los 5-6 primeros ciclos. Tras los ciclos siguientes las características mecánicas del material (por lo que a los ultrasonidos se refiere) no varían sensiblemente.

Los datos proporcionados por las tres técnicas muestran una correspondencia (al menos cualitativa) en la variación de dichos parámetros. Así, en todos los casos se observa una disminución de los mismos según se incrementa el gradiente térmico al que el material ha sido expuesto, lo que permite considerar los valores de velocidad de propagación de ultrasonidos y

de dureza de Schmidt (ensayos ambos no destructivos) como adecuados para evaluar en términos cualitativos la incidencia de las fluctuaciones térmicas a las que un material pétreo está expuesto.

AGRADECIMIENTOS
El presente trabajo forma parte del Proyecto MAT 2004-06804 (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y del Proyecto de excelencia de la Junta de Andalucía FQM-1633, y ha contado con la subvención del Grupo de Investigación RNM 0179 de la Junta de Andalucía

BIBLIOGRAFIA

[1] Sáez Pérez, M.P. (2004). Estudio de elementos arquitectónicos y composición de materiales del Patio de los Leones. Interacciones en sus causas de deterioro. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada. 429 p.

[2] Durán Suárez, J. & Rodríguez Gordillo, J.(1992). Estudio de consolidantes y protectivos mediante ultrasonidos. IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (ICOM). Sevilla. pp. 728-738.

[3] Goudie, A.S. y Viles, H.A., 2000. The thermal degradation of marble. Acta Universitatis Carolinae, Geographica, 35: 7-16.

[4] Hall, K. y André, M.F., 2003. Rock thermal data at the grain scale: applicability to granular desintegration in cold environments. Earth Surface Processes and Landforms, 28: 823-836.

[5] Malaga-Starzec; K.; Lindquist, J.E and Schouenborg, 2002. B. Experimental study on the variation in porosity of marble as a function of temperature. Natural Stone, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies,Geol. Soc. Special Pub. No. 205, London.

[6] Siegesmund, S.; Ullemeyer, K.; Weiss, T. y Tschegg, E.K., 2000a. Physical weathering of marbles caused by anisotropic thermal expansion. International Journal of Earth Sciences, 89: 170-182.

[7] Siegesmund, S.: Weiss, T. y Tschegg, E.K., 2000b. Control of marble weathering by thermal expansion and rock fabrics. In: V. Fassina (editor), Proceedings of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice, June 19-24, 2000. Elsevier, Amsterdam, pp. 205-2013.

[8] Weiss, T.; Fuller (Jr), E.R. y Siegesmund, S., 2002. Thermal stresses in calcite and dolomite marbles quantified by finite element modelling. In: S. Siegesmund, T. Weiss y A. Vollbrecht (Editores), Natural stone, weatherin phenomena, conservation strategies, nad case studies. Geological Society special publication, vol. 205. Geological Society, London, pp. 84-94.

[9] Weiss, T.; Siegesmund, S. y Fuller (Jr), E.R., 2003. Thermal degradation of marble: indications from finite-element modelling. Building and Environment, 38(9-10): 1251-1260.

[10] Gómez-Heras, M., 2005, Procesos y Formas de Deterioro térmico en Piedra Natural del Patrimonio Arquitectónico. Departamento de Petrología y Geoquímica, Univ. Complutense de Madrid. Tesis Doctoral, 339 pp.

[11] Galán, E; Guerrero, M.A.; Vázquez, M.A. & Zezza, F. (1992). Progressive deterioration of marble columns by thermal changes in relation to their state of superficial decay. 7th. International Congress on Deterioration and Conservation of Stone. Lisboa. Volume 1. pp. 905-913.

[12] Zezza, U. & Sebastián-Pardo, E. (1992). El mármol de Macael (Almería) en los monumentos históricos de Granada (España). I Congreso Internacional Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación. Islas Canarias. Tomo I. pp. 153-160.

[13] Rodríguez-Gordillo, J. y Sáez-Pérez, M.P., 2006. Effects of thermal changes on Macael marble: Experimental study, Construction and Building Materials, 20: 355-365.

[14] UNE 83-308-86. ensayos de hormigón. Determinación de la velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos; 1986, 12p.

[15] NORMAL 22/86. CNR-ICR. Misura della Velocitá di Propagaziones del Suono. Roma; 1986, 7p.

[16] UNE 22-187-85. Mármoles y calizas ornamentales. Ensayo de modulo elástico; 1985, 2p.

UV-ACCELERATED AGEING PROCESSES ON AZURITE GLUE TEMPERA PAINTINGS: MONITORING BY SPECTROCOLOURIMETRY, SEM-EDX, XRD, FT–IR AND CHEMIOMETRY TECHNIQUES

Julia Romero-Pastor[1]; Natalia Navas[2]; Eloisa Manzano[3], Antonio García-Beltrán[4]; Luis Rodríguez-Simón[5]; Carolina Cardell[6]

[1-6] Dept. of Mineralogy and Petrology, [2-3] Dept. of Analytical Chemistry, [4] Dept. of Optics, University of Granada, Fuentenueva s/n, 18002 Granada, Spain.

[5] Dept. of Paint and Restoration, Faculty of Fine Arts, University of Granada, Av. Andalucía s/n, 18071 Granada, Spain

jromero2@alumni.unav.es[1], natalia@ugr.es[2], emanzano@ugr.es[3], agarciab@ugr.es[4], lrsimon@ugr.es[5], cardell@ugr.es[6]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

Abstract

This work presents a study of UV-accelerated ageing processes on replica samples of azurite glue tempera, pure azurite and pure rabbit glue, all elaborated according to medieval recipes and applied on glass slides. This paper focuses on colour changes and modifications in composition and texture for both pure and mixed samples. Special attention is given to the physico-chemical interactions occurring when azurite and glue are combined. The ageing effects on the replica samples, up to 3000h of UV irradiation, were periodically analysed by scanning electron microscopy (SEM) with X–ray Energy Dispersive Spectrometer (EDS) microanalysis, X–ray diffraction (XRD), reflectance spectrophotometry and Fourier-transform infrared spectroscopy (FT–IR). Once the ageing process ended, a chemometric study using Principal Component Analysis (PCA) of the FT–IR data was carried out independently for each replicate sample and for the composite of azurite replica samples. Results showed the lack of photochemical effect of UV irradiation on pure azurite and when mixed with glue, in agreement with the SEM–EDX, XRD and colourimetry results, contrary to what was obtained for pure glue samples.

KEYWORDS: Azurite Pigment; Rabbit Glue Binder; UV-irradiation; FT-IR; PC Analysis; Spectrocolourimetry; SEM-EDX; XRD

Introduction

In the field of Cultural Heritage significant attention is given to model studies on the effects of environmental factors on artistic materials[1]. In the particular case of art paintings, the principal objective is to characterise their components and interacting processes under diverse

conditions to assist in art conservation. It is well known that over time historical paintings change due to exposure to different atmospheric conditions that promote reactions between painting components. Particularly important in affecting the colour of paintings are ultraviolet (UV) and visible (Vis) irradiation[2] each causing aesthetic damage.

Specifically sensitive to alteration are organic components used as binders, such as linseed oil, egg, casein, animal glue or dammar resin. The high susceptibility of oils and resins to light-induced damage has promoted numerous studies concerning their ageing processes[3], whereas fewer studies have analysed ageing of protein binders in paintings, as for example the rabbit skin glue studied. Conversely inorganic pigments are more permanent. Diverse authors have investigated the light-induced damage to a variety of pigments, including copper pigments[4-5]. Among these, azurite ($Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$) has been used as blue pigment for centuries mainly during the Middle Ages and Renaissance. On its own azurite is notably stable under natural conditions, whereas its permanence is different when combined with diverse binders[6].

In the last decade diverse analytical techniques have been successfully applied to discriminate ageing processes between painting materials, as colourimetry, vibrational spectroscopies, SEM–EDX and XRD[7]. Additionally in recent years chemometric techniques, such as principal components analysis (PCA), have been increasingly used in the field of Cultural Heritage since they can extract information from correlated data sets, such as spectroscopic results. Several of these efforts have focused on studying the degradation caused by ageing processes[8]. Nonetheless application of chemometry on painting materials and Heritage Paintings still is limited.

This work investigates the modifications in terms of changes in colour, composition, texture and chemical interactions occurring on replica samples of azurite rabbit glue tempera, pure azurite and pure rabbit glue under accelerated UV irradiation. The goal is to assess the permanence of both painting components when standing alone and also when combined to further clarify the interaction process between them. To this end samples were periodically analysed by measuring colourimetric changes and recording their FT–IR spectra before and throughout increased UV radiation doses. Moreover their composition and texture characteristics were examined by SEM–EDX and DRX. Finally PCA was applied to the FT–IR data to detect minor ageing variations.

Materials and Methods

The painting materials studied were azurite pigment (Kremer Pigments GmbH & Co. KG) and rabbit skin glue binder (protein binder purchased from Sigma, Barcelona). Five painting replica samples were prepared according to Old Master recipes to obtain standards similar to those used by medieval artists[9]. The first replica comprises the pure azurite, prepared adding distilled water until a dense paste was attained. Then, four layers of this paste were spread out in fine coats on a slide glass. The pure binder sample was prepared as follow: 10g of rabbit glue was diluted 10% in distilled water. Next the obtained blend was gradually heated in a bain-marie below 50ºC to obtain a homogeneous mixture. Then the glue was spread on a glass slide in six fine coats. The third, fourth and fifth replicas include azurite/rabbit glue mixture samples prepared blending the azurite with the glue in various ratios (w/v): 5.2/1; 5.2/0.4 and 5.2/3. All mixtures were spread on glass slides. This procedure was adapted to emulate real paint layers with variable pigment value concentration as found in historical paintings.

The painting replica samples were aged in a UV-accelerated test chamber. Before UV irradiation exposure (time = 0) fresh samples of each replica type were removed. These are the blank samples to be compared with the aged samples. All the azurite-laden samples were UV irradiated during 3000 h, when the test was judged to have finalised since no colour changes were observed. From the start of the test at 200h, 500h, 800h, 1500h, 2500h and at 3000h analyses by Spectrocolourimetry, IR spectroscopy, DRX and SEM-EDX were performed. Due to the higher susceptibility of the rabbit glue binder to UV damage, colour changes were checked at 24h, 48h, 72h, 96h, 120h and 144h. However pure glue sample was also UV irradiated during 3000 h.

Results and discussion

The spectrophotometry analysis reveals that the diffuse spectral reflectance functions for pure azurite samples, pure rabbit glue samples, and azurite/glue mixture samples show slight changes in reflectance. Therefore these changes in reflectance require a specific reworking of the data on the basis of the colour coordinates (CIE-1931) to obtain via colour difference formulae CMC (2:1) the colour differences ΔE_{cmc} (total colour), ΔL^* (brightness), ΔC^* (chroma) and ΔH^* (hue). The scattered data across the colour check times in azurite-laden samples reveals the important role of the spreading of painting materials on the glass slides, where obtaining a homogeneous surface is essential for spectrophotometer evaluation. The next indications can be made regarding the chromatic behaviour of studied replica samples: the UV radiation's effect on all the azurite-laden samples is a variation of total colour, however imperceptible in terms of visual perception due to the fact that ΔE_{cmc} is less than three units. Thus our results indicate that azurite is stable after 3000h of UV irradiation. Nonetheless for the pure rabbit glue sample an increase in ΔE_{cmc} was measured. However when glue is mixed with azurite the tendency to darken is not observed, which suggests that combination of both components leads to a more stable painting system.

The FT–IR spectra were registered from 400 cm^{-1} to 3999 cm^{-1} and formed by 3734 data points. At each check time studied, the five replica samples were characterised by five FT–IR spectra. Figure 1 shows the FT–IR spectra of pure samples. Several IR regions were selected to perform the PCA in accordance with the sample composition. The IR region between 1500 cm^{-1} and 1750 cm^{-1}, representative of adsorption bands due to carbonyl stretching, and the IR region between 2900 cm^{-1} and 3600 cm^{-1}, that includes the amide bands A (around 3300 cm^{-1}) and B (around 3100 cm^{-1}) were tested in the PCA of the pure glue samples.

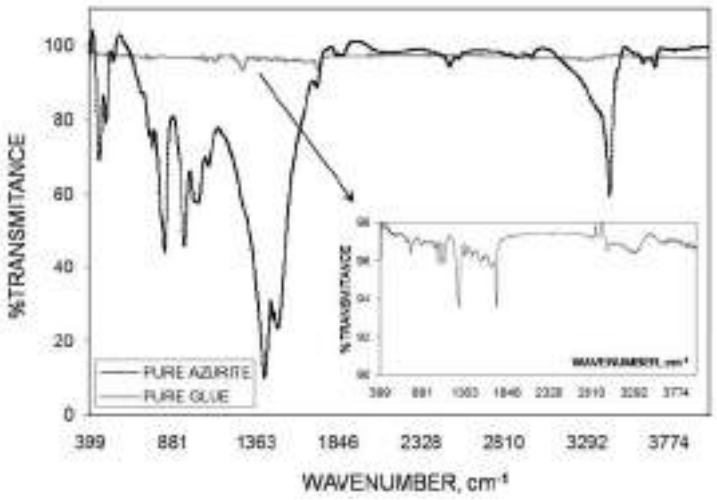


Figure 1: *FT-IR spectra of fresh samples: pure glue and pure azurite*

The ~~PCAs~~ were performed on the data matrixes of every replica sample. These data matrixes were constructed using the IR spectra of the replica samples at the different UV irradiation check times and also including fresh samples. Table 1 shows the results of the PCAs from the most informative IR regions from the point of view of the multivariate analysis. In the case of pure glue replica sample, the most informative FT–IR region was between 2900 cm^{-1} and 3600 cm^{-1}, but using mean-centred data. The projection of the original data onto the plane of the first two PCs, explaining 98.89% of the total variance, is shown in Figure 2a. In accordance with previous work[10], PCA successfully detected changes associated with ageing processes in this glue replica sample. In the score plots of PC1 and PC2 (Fig. 2b,c) there is a clear separation between aged and fresh samples. PC1 alone separated fresh samples from aged ones, so this PC accounts mainly for the separation of aged and fresh glue samples with a 93.94 % of the total spectral variance. Scores for PC2 separated samples aged up to 500 hours from samples aged more than 500 hours. Nevertheless a combination of both components, PC1 and PC2, was needed to separate samples aged at different times. The SEM study in SE mode of the

pure glue samples' micro-structure at different UV exposure times revealed that damage processes occurred prior to 200h of UV irradiation. Damage intensified with increased UV irradiation doses, leading to a polygonal crack pattern in the surface of the glue (Figure 3).

Data matrix	FT–IR Region (cm^{-1})	PC	Variance account (%)	Variance accumulated (%)
Glue	2900 - 3600	PC1	93.9	93.9
		PC2	4.9	98.9
Azurite	2100 - 3600	PC1	43.4	43.4
		PC2	29.1	72.5
		PC3	11.4	83.9
		PC4	7.2	91.1
		PC5	4.4	95.6
Azurite/Glue (less glue)	2100 - 3600	PC1	97.7	97.7
		PC2	1.4	99.1
Azurite/Glue (ideal mixture)	2100 - 3600	PC1	95.0	95.0
		PC2	3.5	98.6
		PC3	1.1	99.7
Azurite/Glue (extra glue)	2100 - 3600	PC1	93.9	93.9
		PC2	4.5	98.4
		PC3	0.9	99.3
All azurite samples (pure and mixed with glue)	2100 - 3600	PC1	93.5	93.5
		PC2	3.8	97.3
		PC3	1.6	98.9

Table 1: *PCA results*

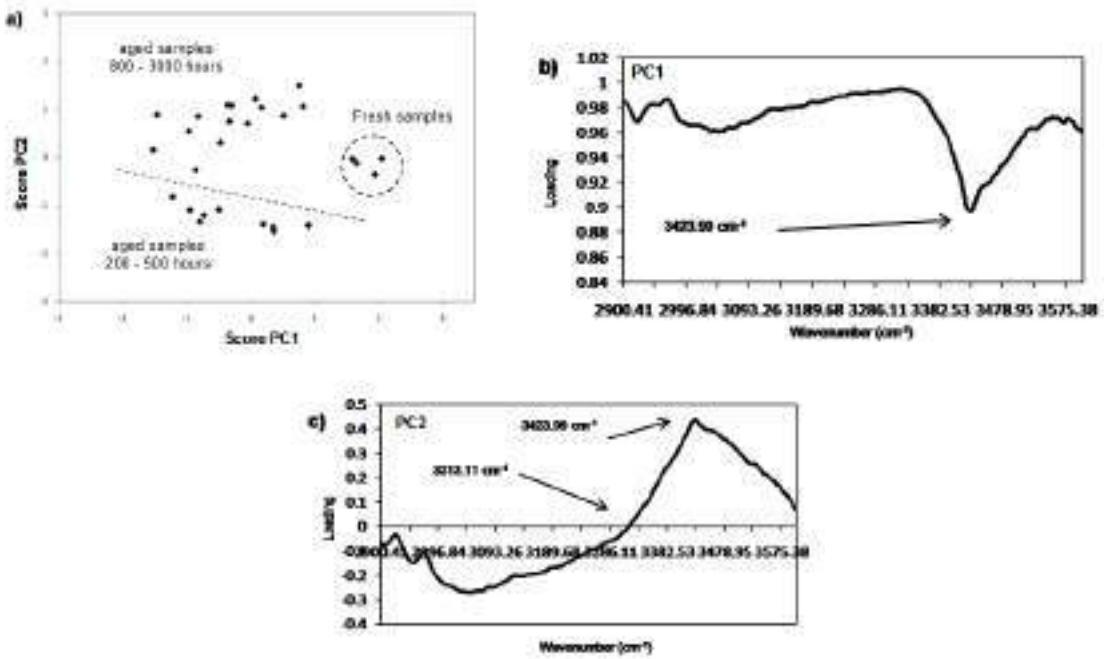


Figure 2: *PCA performed on the IR region between 2900 cm^{-1} to 3600 cm^{-1} of the pure glue sample: a) score plot of PC1 and PC2; b) loading plot of PC1; c) loading plot of PC2.*

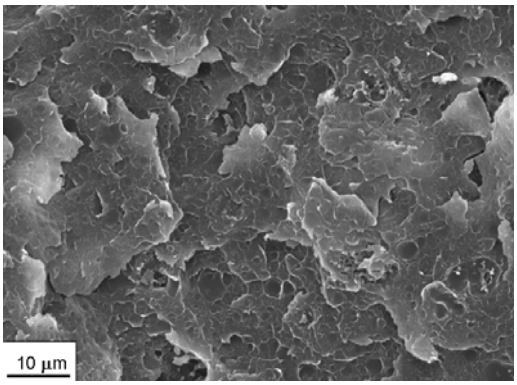


Figure 3: *SEM photographs of aged glue sample after 1500 h of UV irradiation showing the polygonal cracking developed on the surface.*

PCA on the FT–IR data of the different azurite-laden sets gave no information related to the UV ageing test in the IR regions studied. The distribution of the scores plots related to ageing was indistinct. Although glue was present in the three replicates of mixture samples, PCA could not detect changes associated with the UV test (contrary to what was obtained for pure glue samples) because the contribution of the glue to the FT–IR spectrum when mixed with azurite was masked by the azurite contribution to the FT–IR spectrum (Figure 1). This hypothesis was corroborated by means of XRD analysis. In fact, XRD revealed that azurite was the main crystalline phase in all fresh samples. Throughout the UV ageing test no changes in mineral composition took place in any of the azurite-laden samples.

SEM–EDX analyses performed at different UV irradiation times in both pure and mixed samples did not yield interpretable results in terms of mineral changes. As revealed by SEM analyses in ES mode, when both fresh azurite and glue are mixed, glue wraps azurite particles but these remain independent of each other (Figure 4a). With increasing UV-irradiation doses, particles start to form clusters enlarging in size, until a homogeneous azurite/glue paste is formed at 1500 h of UV irradiation (Figure 4b). Thus, higher UV irradiation doses cause glue to behave as a colloid tending to adsorb loose azurite particles onto its surface. Similar trends were observed in the mixtures with less glue and with extra glue. This encasement of azurite particles in the layer of glue could justify why variations in the IR spectral data were not detected when azurite was mixed with glue. In contrast, a great spectral variability was detected for pure azurite replica by PCA (Table 1). Although the FT-IR spectra were quite similar for all samples containing pigment, PCA was capable of distinguishing whether glue was present or not in the samples.

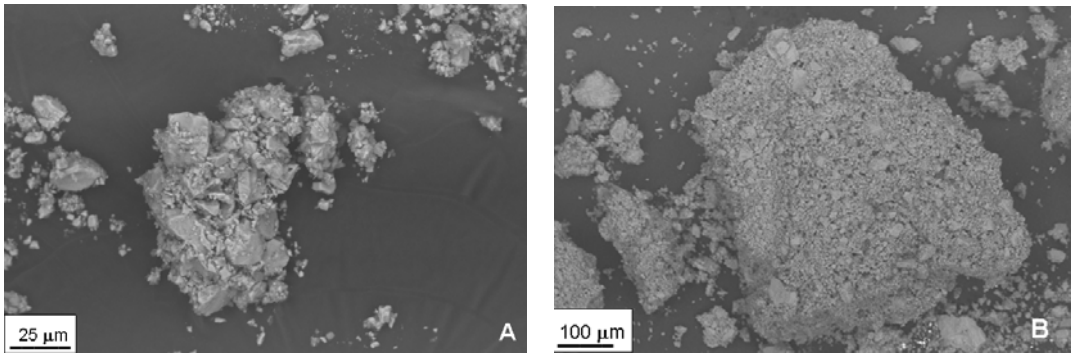


Figure 4: *SEM photographs of samples showing: a) glue wrapping azurite crystals leading to form isolated azurite-glue clusters at 500 h, b) continuous and homogeneous azurite-glue paste at 1500 h.*

Conclusions

This paper shows the successful application of several analytical techniques to detect minor damages due to painting materials interactions under different UV irradiation doses.

Spectrocolourimetry together with PCA of FT-IR data supply valuable information in this regard; in addition to detecting physico-chemical changes occurring in painting replica samples, they are capable of providing insights into these changes. SEM-EDX and XRD analyses are essential to corroborate the obtained results.

Acknowledgements

Financial support for this work was provided by Spanish Science Ministry Projects BHA2003-08671 and HUM-2006-09262/ARTE, the Andalusian Research Group RNM-179, and a research contract from the Junta de Andalucia awarded to C. Cardell.

References

[1] J. Aze J, M. Vallet, M. Pomey, A. Baronnet and O. Grauby, *Eur. J. Mineral*, 2007, **19**, 883.

[2] P. Ballirano and A. Maras, *Eur. J. Mineral*, 2006, **18,** 589.

[3] G. A. Van der Doelen and J.J. Boon, J. *Photochem. Photobiol. A: Chem.,* 2000, **134,** 45.

[4] D. Saunders and J. Kirby, Eleventh Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation, Vol. 1, James and James, London, 1996.

[5] A. Vallet, M. Pompey, A. Baronnet and O. Grauby, *Eur. J. Mineral*., 2007, **19**, 883.

[6] R.J. Gordon Sobott, T. Heinze, K. Neumeister and J. Hildenhagen, *J. Cult. Herit.*, 2003, **4**, 276.

[7] M. Bacci, M. Fabbri, M. Piccolo and S. Porcinai, *Anal. Chim. Acta*, 2001, **446**, 15

[8] E. Marengo, E. Robotti, M. C. Liparota and M. C. Gennaro, *Anal. Chem.,* 2003, **75**, 5567.

[9] F. Pacheco in *El arte de la pintura*, Ed. Cátedra, Madrid, 1990.

[10] E. Manzano, N. Navas, R. Checa-Moreno, L.Rodriguez-Simón and L. F. Capitán-Vallvey, Talanta, submitted.

CHANGES IN THE PORE STRUCTURE OF MARBLE AFTER SALT DECAY TESTS

E. Ruiz-Agudo[(1)], A. Luque[(2)], E.M. Sebastián[(3)], C. Rodríguez-Navarro[(4)]
Dpto. de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Fuentenueva s/n 18002 Granada, España

encaruiz@ugr.es[(1)] analuque@ugr.es[(2)] rolando@ugr.es[(3)] carlosrn@ugr.es[(4)]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

Abstract

The pore structure of a stone is an indicative (along with other physical-mechanical properties) of the material resistance towards weathering processes, in particular salt decay. It changes during weathering and thus can give information regarding the decay process itself and its evolution, as well as about the degradation state of the material. Here, we present a comprehensive study using gas adsorption of the pore structure (porosity, pore size distribution, micropore volume, surface area and fractal dimension) of a series of Spanish calcitic and dolomitic fresh and weathered (after salt decay tests) marble stones profusely used for sculptural and building purposes. These data can be used as descriptors of the conservation state of the stone. SEM observations of the marble surface complemented the pore system study. Finally, the results of the analysis of artificially weathered samples (subjected to salt crystallization tests) were compared with those of a naturally weathered Macael marble sample from the columns of the Hospital Real (Granada, Spain), in order to asses its degree of damage and to validate the analytical methodology used here.

Introduction

The resistance of a stone towards weathering processes (e.g., dissolution, freeze-thaw cycles, and salt crystallization) largely depends on the characteristics of the stone pore system. In particular, pores in stone control moisture and salt transport as well as mechanical properties. Micropores and microcracks develop during salt weathering of rocks, due either to physical (i.e. crystallization pressure) and/or chemical processes (i.e. dissolution of rock forming minerals). Therefore, the study of the pore system of a stone may help predicting the behaviour of the stone towards weathering phenomena or the application of conservation treatments as well as to assess the alteration degree of the stone [1, 2].

There is a variety of parameters (e.g. surface area, pore volume or mean pore diameter) that characterize the pore system of a stone, but a single magnitude is not enough to predict the expected behaviour of the material towards salt weathering or to characterize its degree of alteration. In the last two decades, several works have used fractal geometry to describe stone pore systems. In general, the pore surface of rocks can be considered as a fractal structure [3]. The fractal dimension has been used to predict the porosity of sandstone [4], to analyse the fracture surface of rocks [5], to measure marble damage due to load application [3], to describe the weathering degree of sedimentary stones [1, 2] or to asses the effect of atmospheric pollution on marble surfaces [6]. These works have used mainly scanning electron (SEM) and optical microscopy digital image analysis (DIA) and mercury intrusion porosimetry (MIP). However, these studies have ignored the smaller pores (that frequently cannot be detected either by MIP or DIA) and that are to a large extent responsible for the

susceptibility of stone towards weathering, particularly salt decay. In this work we have used gas adsorption (GA) to determine the surface area, fractal dimension, pore size distribution, pore volume and average pore diameter of a series of selected calcitic and dolomitic marbles from Andalucia (Spain) and to study the effects of salt decay on their pore system in the size range between 10 and 1000 Å.

Materials and methods

Three calcitic (*Blanco Macael* and *Tranco*, Almería; *Aroche*, Huelva) and three dolomitic (*Amarillo Triana*, Almería; *Mijas*, Málaga; *Ibérico*, Granada) marbles were selected to performed salt decay tests. Marble samples with size 5×5×5 cm were submitted to salt crystallization tests according to the standard UNE-EN 12370 (1999). These tests consist of 15 immersion-drying cycles. Each cycle starts with the immersion the samples in a 14 wt% $Na_2SO_4 \cdot 10\ H_2O$ solution for 4 hours. Afterwards the samples are subjected to drying in an oven at 105 ºC for 16 hours and drying at room temperature for 4 hours. Pieces of samples before and after the tests were used for analysis of the pore system using gas adsorption. In samples with less than 5 $m^2 \cdot g^{-1}$ surface area, Ar-sorption measurements are more realistic than N_2 ones, that usually yield excessively high values. The Ar-sorption isotherms were obtained at 77 K on a Micromeritics Tristar 3000 under continuous adsorption conditions. Prior to measurement, samples were heated at 250 °C for 8 h and outgassed to 10^{-3} Torr using a Micromeritics Flowprep. BET analysis was used to determine the total specific surface area [7]. The BJH method [8] was used to obtain pore size distribution curves, the pore volume and the mean pore size of the samples. The surface fractal dimension, D_S, has been used to characterize surface roughness. The analysis of the gas sorption isotherm using a modified Frenkel-Halsey-Hill (FHH) theory [9] allows the determination of surface fractal dimension from the slope (A) of the plot of Ln(V) vs $Ln[Ln(P/P_O)]$, where V is the adsorbed volume of gas, and P and P_0 are the actual and condensation gas pressure. When surface tension (or capillary condensation) effects are important, the relationship between A and D_S is $A = D_S - 3$. Capillary condensation is significant if $\delta = 3 \cdot (1 + A) - 2 < 0$. The pressure range, and hence range of thickness of the adsorbed layer coverage considered, was only around monolayer (n=1-2) coverage to ensure that the determination of D_S is reliable [9]. Additionally, changes in sample texture after salt tests were observed using SEM (LEO 1430-VP).

Samples of Blanco Macael marble from the columns of the Hospital Real (Granada, Spain) were studied using the techniques described above in order to assess the damage condition of the material by comparison with artificially weathered samples of the same marble type.

Results and discussion

The results of BET surface area, fractal dimension, pore volume and mean pore size for the different marbles studied are presented in Figure 1. The BET surface area showed slightly higher values for calcitic marbles (except for the sample Blanco Macael, which displays the lowest surface area of all the marbles tested). The pore size distribution (Figure 2) is quite similar in all the marbles, with a maximum around 2.5 nm, although the pore volume is considerably higher in calcitic ones. Together with the mineralogical composition, this variation in the pore volume may determine the differential behaviour with respect to salt tests. The mean pore size of Mijas, Ibérico, Tranco and Aroche is around 5 nm (in fresh samples). Interestingly, in Amarillo Triana and Blanco Macael the average pore diameter goes down to 3 nm (before the decay tests). As it will be shown later, this has implications in their relative resistance towards salt decay tests.

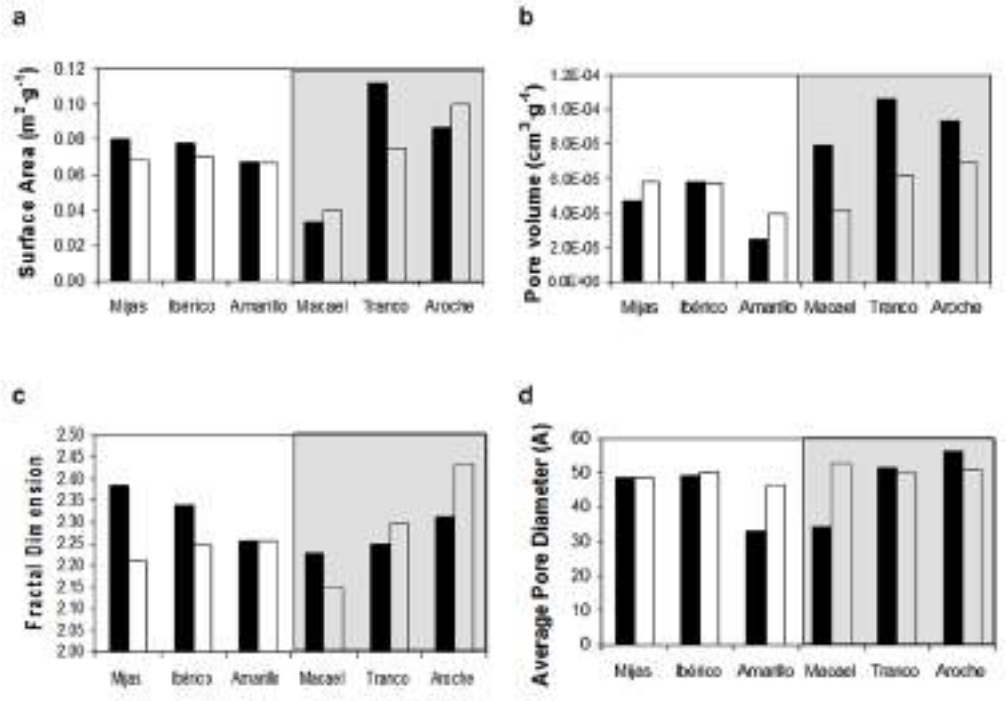


Figure 1.- *Characterization of the pore system of studied dolomitic and calcitic (shadowed background) marbles: (a) surface area, (b) pore volume, (c)fractal dimension and (d)average pore diameter. Filled bars correspond to fresh samples, while empty bars correspond to samples after salt decay tests.*

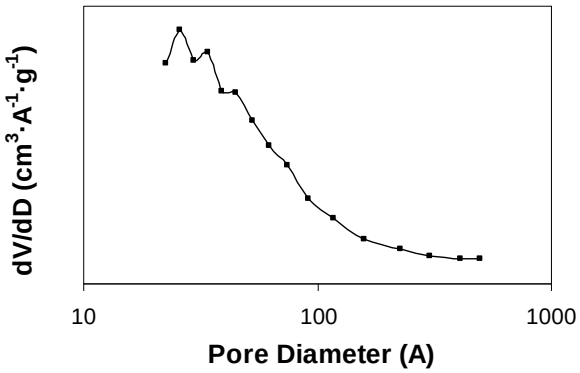


Figure 2.- *Typical pore size distribution curve for the studied marbles (this example corresponds to Tranco marble).*

Dolomitic marbles

These marbles were found to be more resistant towards salt decay tests than calcitic ones. In general, the surface area of the studied dolomitic marbles remains unaltered or shows a slight reduction after salt decay tests. The mean pore size of Mijas and Ibérico marbles was constant before and after salt crystallization experiments, but the pore volume of Mijas samples increased after the tests. In the case of Amarillo Triana a significant increase in both pore volume and mean pore diameter was observed. Amarillo Triana samples suffered the highest weight loss (83%) during the salt tests. Their alteration degree (which was visually detected) was the highest of all tested dolomitic marbles. On the other hand, Mijas and Ibérico suffered minimal damage during the tests (incipient sanding and scaling, respectively; weight loss: Mijas, 6 %; Ibérico 0%). In these marbles, it seems that physical processes (i.e. crystallization within stone pores and disintegration due to crystallization pressure exerted by crystals growing within them) are dominant in the overall process of salt weathering. It is expected that crystallization

will take place within cracks, pores and grain boundaries resulting in a widening of these spaces which is in agreement with the observed increase in the pore volume. However, and due to the low pore volume of these samples, the amount of saline solution that can access the stone pore network is very limited in comparison with the calcitic marbles studied. Therefore, less damage to the stone induced by physical salt crystallization processes will occur.

The mean pore size in the case of Amarillo Triana is considerably lower than that of Mijas and Ibérico; therefore, it is expected (according to Everett's equation, which relates the crystallization pressure, P, the crystal-solution interfacial energy γ_{c-l} and the pore radius r as follows: $P=-2\ \gamma_{c-l}/r$; [10]) that the crystallization pressure exerted by salt crystals growing within such pores will be higher than in the other two dolomitic marbles. This may explain the higher damage and weight loss observed in this marble after the crystallization tests. It should be considered, however, that the rise in temperature above 100 ºC indicated by the normative may also contribute to the widening of cracks due to thermal expansion of the material [11].

During salt weathering, two processes control the change in fractal dimension. The formation of new pores on mineral surfaces increases the rugosity of the surfaces and therefore the value of D_S. Additionally, both thermal expansion and crystallization within cracks opens fresh, flat surfaces. This second process (i.e. crack opening and widening) decreases the fractal dimension and increases the pore volume. In this case, little contribution (although non-negligible, particularly after long-term exposure to saline solutions) of chemical weathering (dissolution) is expected, due to the lower solubility of dolomite in the sodium sulfate solution if compared with calcite; this is in agreement with the observed reduction in the fractal dimension.

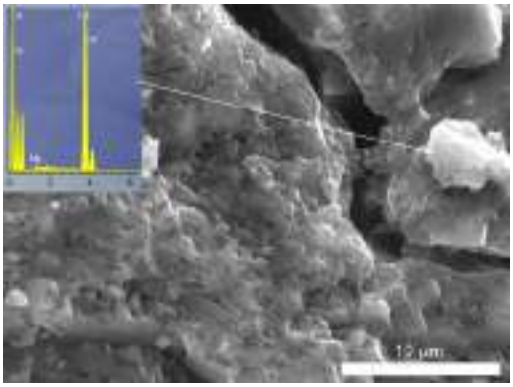


Figure 3.- *SEM image of calcitic marble after salt decay tests showing precipitation of a Mg-bearing phase, determined by EDX (inset).*

Calcitic marbles

Fractal dimension increases in both Tranco and Aroche marbles. This indicates an increase in the complexity of pore surfaces [1], which is in agreement with the formation of pits and new pores due to dissolution of calcite. The occurrence of dissolution processes (chemical weathering), which are less important in the case of dolomitic marbles, may explain the highest weight loss of calcitic marbles subjected to salt weathering (Blanco Macael, 100%; Tranco 89%; Aroche 72%). However, the pore volume and the average pore diameter decrease in both samples after the decay tests. The formation of a Mg-bearing phase was detected by SEM-EDX (Figure 3); this newly-formed phase may have contributed to the filling of the pores of these stones, thus reducing their pore volume. It must be considered that immersion of both calcitic and dolomitic marbles on the saline solution was carried out at the same time in the same container. Therefore, limited dolomite dissolution may have been the source of magnesium which precipitates most probably as magnesian calcite on the calcitic marbles. It appears that this phase has also contributed to the observed increase in rugosity. Note that the dissimilarity between dolomite and Mg-calcite structures and the strong similarity between calcite and Mg-calcite [12] may help explain why the newly-formed phase only precipitates heterogeneously on the calcitic marbles, but not on the dolomitic ones where such a pore filling and development of rough surfaces were not detected.

Blanco Macael was the marble with the highest degree of alteration after the decay tests as shown by weight loss measurements and visual observations. Again, precipitation of a Mg-bearing phase may be the responsible of the observed decrease in pore volume. The

decrease in the fractal dimension in combination with the rise in the average pore size suggest that physical phenomena are predominant during weathering tests, which can be explained considering the lower pore size and surface area of the fresh sample.



Figure 4.- *Sample of Blanco Macael marble of the Hospital Real columns: (a) location of the sample; (b) SEM image of a sample from the columns base showing dissolution pits and the presence of magnesium sulfate, determined by EDX (inset).*

In situ weathering: an example from the Hospital Real (Granada)

The sample was located in a column base where white Macael marble sugary chips and flakes were detected. Although in general the state of conservation of the marble in the columns is good, our results show that the stone is in fact heavily weathered. The presence of magnesium sulphate (which was also found affecting different materials in other areas of the building) was detected by SEM-EDX, particularly at grain contacts (Figure 4). Surface area and fractal dimension is higher than that of fresh and even laboratory-weathered material (Table 1). This indicates, together with the occurrence of dissolutional features (pits with regular morphologies) that chemical phenomena are important in the weathering of the stone. The pore volume shows again a decrease which may be the result of precipitation of Mg-bearing phases within pores; on the contrary, the mean pore diameter increase in weathered sample (Table 1). In this case GA analyses were complemented by mercury intrusion porosimetry (MIP). These measurements showed and increase in the overall porosity of the sample from 0.12 % in fresh samples to 5.76 %. All in all, these results suggest a high weathering degree of the marble most probably due to the detected presence of salts, which are the responsible of mineral dissolution and precipitation processes (as shown by the increase in D_s and surface area and the decrease in pore volume as well as SEM images) and physical disintegration (increase in mean pore size).

Surface area ($m^2 \cdot g^{-1}$)	0.0484
D_s	2.27
Pore volume ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	0.000039
Average Pore Diameter (Å)	49.863

Table 1. *Pore system of Blanco Macael marble in Hospital Real.*

Conclusions

Our study shows that both calcitic and dolomitic marbles are susceptible to salt decay, in spite of their low porosity. Calcitic marbles (Macael, Tranco and Aroche) showed a higher weight loss during salt decay tests, which may be the result of their higher pore volume (which enables the access of a higher volume of saline solution to the stone pore network) and/or the higher solubility of calcite (if compared with dolomite), which increases the influence of mineral dissolution in the overall weathering process. During the weathering process, the pore system of both types of marbles changes considerably, although this change is more pronounced in the case of calcitic marbles, which were less resistant to decay tests. Marbles with the lower pore size (Amarillo Triana and Blanco Macael) are the samples which showed the highest variation in their pore system, as a consequence of their lowest resistance towards salt decay tests. However, it should be considered that intergranular decohesion in marbles due to thermal

expansion at high temperatures may also contribute to pore widening, introducing some uncertainty in the results of salt decay tests. The analysis of the fractal dimension may help overcome (at least, partially) such problem. A rise in this parameter suggests an increase in pore surface rugosity which is consequence of the formation of new pores as a result of mineral dissolution enhanced by the presence of salts. A decrease in fractal dimension is the result of crack widening which may be consequence of both intergranular decohesion due to thermal expansion or salt crystallization within cracks. Additional tests at lower temperatures should be performed to determine the influence of thermal expansion in the change of the pore system of the studied marbles and, as a consequence, their relative resistance towards salt decay.

In general, it can be said that not a single parameter (surface area, pore volume, mean pore diameter or fractal dimension) may be used to unambiguously characterize the alteration degree or the susceptibility of a marble towards salt weathering. However, an in-depth study of the stone pore system (particularly sub-micrometric pores) may give detailed information of the state of conservation of the material. Additionally, it allows us to predict the relative resistance of a set of stones towards salt decay tests. Finally, the mineralogical composition of the material (and specially the solubility of the rock-forming minerals) will determine the relative influence of chemical phenomena (i.e. dissolution enhanced by saline solutions) in the overall salt weathering process.

Acknowledgements

This work has been financially supported by the Spanish government under contract MAT2004-06804 and the Junta de Andalucía under contract FQM-1635 and Research Group RNM-179. SEM analyses were performed at the Centro de Instrumentación Científica of the Universidad de Granada.

References

[1] J.L. Pérez Bernal, M.A. Bello López, “The fractal dimension of stone pore surface as weathering descriptor” Applied Surface Science, 2000, 161, pp. 47-53.
[2] J.L. Pérez Bernal, M.A. Bello López, “Fractal geometry and mercury porosimetry. Comparison and application of proposed models on buildings stones” Applied Surface Science, 2001, 185, pp. 99-107.
[3] H. Xie, J. Wang, P. Qan, “Fractal characters of micropore evolution in marbles” Physics Letters A, 1996, 218, pp. 275-280.
[4] A.J. Katz, A.H. Thompson, “Fractal Sandstone Pores: Implications for Conductivity and Pore Formation” Physical Review Letters,1985, 54(12), pp. 1325-1328.
[5] X. Heping, C. Zhida, “Fractal geometry and fracture of rock” Acta Mechanica Sinica, 1988, 4(3), pp. 255-264.
[6] A. Moropoulou, E.T. Delegou, E. Karaviti, V. Vlahakis, “ Assesment of atmospheric pollution impact on the microstructure of marble surfaces”, Measuring, Monitoring and Modeling Concrete Properties, 2006, pp. 695-701.
[7] S. Brunauer, P.H. Emmett, E.J. Teller, “Adsorption of gases in multimolecular layers”, Journal of the American Chemical Society, 1938, 60, pp. 309-319.
[8] E. P. Barrett, L.S. Joyner, P.P.J. Halenda, “The Determination of Pore Volume and Area Distributions in Porous Substances. I. Computations from Nitrogen Isotherms” Journal of the American Chemical Society, 1951, 73, pp. 373-380.
[9] P. Tang, N. Y. K. Chew, H.-K. Chan, J. A. Raper, “Limitation of Determination of Surface Fractal Dimension Using N_2 Adsorption Isotherms and Modified Frenkel-Halsey-Hill Theory” Langmuir, 2003, 19, pp. 2632-2638.
[10] D.H. Everett, “The thermodynamics of frost damage to porous solids” Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions, 1961, 57, pp. 1541-1551.
[11] K. Malaga-Starzec, U. Akesson, J.E. Lindqvist, B. Schouenborg, “Microscopic and macroscopic characterization of the porosity of marble as a function of temperature and impregnation”, Construction and Building Materials, 2006, 20, pp. 939-947.
[12] F. Lippmann, Sedimentary Carbonate Minerals. Springer-Verlag, Berlin, 1973.

RHEOLOGY AND MICROSTRUCTURE OF LIME PUTTY: IMPLICATIONS IN THE DESIGN OF MORTARS FOR CONSERVATION PURPOSES

E. Ruiz-Agudo[(1)], C. Rodríguez-Navarro[(2)]
Dpto. de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Fuentenueva s/n 18002 Granada, España

encaruiz@ugr.es[(1)] carlosrn@ugr.es[(2)]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

Abstract

In the last decades, the need of compatible repair materials for the conservation of cultural heritage has resulted in the resurgence of lime as the binder of choice in restoration mortars. One of the most well-known rheological properties of lime putty is its excellent plasticity. This is the most desirable property of a binder in the fresh state and has a decisive effect on its performance. Therefore, the rheological characterization of lime putties is crucial, not only from a scientific but also from a conservation-oriented point of view. Here the rheological properties of traditional slaked lime putty and their evolution upon aging have been fully characterized. The results of the rheological study have been interpreted in terms of the structural characteristics of the $Ca(OH)_2$ suspension. This study may aid in the selection of the most suitable putty (i.e., with the best rheological properties) to be used in mortar preparation as well as the optimal aging time for its application in architectural conservation.

Keywords: lime, rheology

Introduction

Lime has been used as a building material in architecture and decorative arts during thousands of years [1,2]. However, over the last two centuries it has been gradually replaced by hydraulic binders, Portland cement in particular. However, the lack of compatibility between Portland cement and ancient masonry has led to the revival of lime mortars in the conservation of the built heritage [2]. $Ca(OH)_2$ is synthesized heterogeneously through the hydration of CaO with the addition of either the stoichiometric amount of water (dry hydrate) or an excess of water (slaked lime putty) [3]. The most desirable property on a binder in the fresh state is plasticity (or workability), as it has a decisive effect on its performance; plastic binders are easily-moulded and give rise to consistent and well-bonded mortars [4]. However, the term plasticity is generally quite subjective. The measurement of rheological properties seems to be the only means which can give quantitative information regarding the plasticity of a lime putty; additionally, it enables the comparison among different lime binders and the assessment of the influence of burning and slaking conditions as well as the effect of impurities or additives on the performance of lime as a binder. It is well-known that properties of slaked lime putty undergo a significant improvement during its storage under excess water for long periods of time (aging) [5]. However, and despite the vast traditional knowledge regarding the influence of rheological properties of lime on the performance of mortars, very few studies have focussed on the rheological characterization of lime putties. Atzeni et al. (2004) [4] modelled lime putty flow behaviour as a Bingham fluid. These authors used “commercial lime putties”, although no clear mention to the type of lime used for the preparation of the aged putties (i.e. dry hydrate or slaked lime) was made. The low number of data points as well as the low value of the correlation coefficient (as an indication of the goodness of the experimental data fit to the model) suggest that the Bingham model does not adequately represent the real rheological

behaviour of lime putty. Vávrová and Kotlík (2003) [6] compared the rheological properties of fresh, "matured" and "mechanically activated" lime putties prepared from dry hydrate, and tested also the influence of salts in lime putty rheology. They concluded that by vigorous mechanical stirring of the water during the slaking process, an improvement in the rheological properties of fresh putties was achieved, reaching the values obtained after long-term aging of the lime putties. Surprisingly, no study on the rheology of slaked lime putties has been carried out, although it is well-known that slaked lime putties show higher plasticity and workability than putties prepared with dry hydrate.

In general, a comprehensive study of the rheological properties of slaked lime putties, their evolution with aging time and their relationship with the nanostructure of the putty is lacking. It is the aim of this work to fill this knowledge gap, which is crucial for the selection of the optimal lime to be used for the preparation of conservation lime mortars.

Materials and methods

Lime putty was prepared by hand mixing, using a traditionally calcined lime (Francisco Gordillo lime from Morón, Seville –Spain-) and deionized water in a 1:3 volume ratio. The percentage of solids in the putty was 33.7 ± 2.0. Such a solid content was kept constant over the entire course of rheological measurements. These measurements were performed using a rotating coaxial cylinder rheometer (Brookfield). The tests consisted in the determination of the flow curve of the putty at different times after the slaking. This was done by measuring shear stress (ζ, Pa) in three steps: (i) a first stage of lineal increase of the rotating speed from 0 to 193.65 rpm (0 to 250 s^{-1} strain gradient) in 180 s; (ii) a second period of constant rotating speed (193.65 rpm, D -shear rate- = 250 s^{-1}) and (iii) a final step of lineal decrease of the rotating speed from 193.65 to 0 rpm (250 to 0 s^{-1} strain gradient) in 180 s. This curve enables the calculation of thyxotropy (as the area between shear increasing rate and shear decreasing rate curves), yield point and viscosity at D=250 s^{-1}. Temperature of the measurement apparatus, lime putty samples, and the laboratory were kept constant at 25 (±0.5) °C. Due to the highly exothermic nature of the slaking process, it was necessary to make the first rheological test after 3 hours in order to ensure that the measurements were made at constant ambient temperature. Measurements were also performed after 6 h, 9 h, 12 h, 1 day, 2 days, 5 days, 1 week, 2 weeks, 3 weeks, 1 month, 2 months, 4 months, 6 months and 8 months. Following measurement, wet samples were dried in oven at 110 ºC overnight in order to quantify the percentage of solids. Dried samples were kept under N_2 atmosphere to prevent carbonation before microstructural characterization. This was performed by means of X-ray diffraction (XRD, Philips PW-1710 diffractometer with an automatic slit; measurement parameters: Cu K_α radiation -λ = 1.5405 Å-, exploration range from 15° to 35° 2θ, steps of 0.028° 2 θ, goniometer speed of 0.01° 2 $\theta \cdot s^{-1}$), field emission electron microscopy, (FESEM, Leo Gemini 1530) and transmission electron microscopy (TEM, Philips CM20, 200 kV acceleration voltage).

Results and discussion

Rheology and nanostructure of lime

Lime putties are concentrated suspensions of portlandite ($Ca(OH)_2$) crystals in water. $Ca(OH)_2$ particles are hexagonal, either prismatic or plate-like. Their rheological behaviour depends on the strain gradient range considered, and can be explained in terms of the structure of the suspension. It should be considered that the putty has a structure at rest and a different structure under shearing. Previous work has shown that lime putties typically present a polymodal (nearly bimodal) particle size distribution, with two main particle sizes [7]. One relative maximum is placed under 1 μm and the absolute maximum of the distribution is located at around 5 μm. It is expected that the bigger particles will control lime rheology, and therefore the interpretation of the rheological measurements will be done in terms of such particles. The flow curve of the putty is shown in Fig. 1. Two shear-thinning (low and high shear rates) and a shear-thickening (intermediate shear rates) stage can be distinguished. Therefore, and in contrast to Atzeni et al. [4] suggestion, a single model cannot fit the whole set of experimental data.

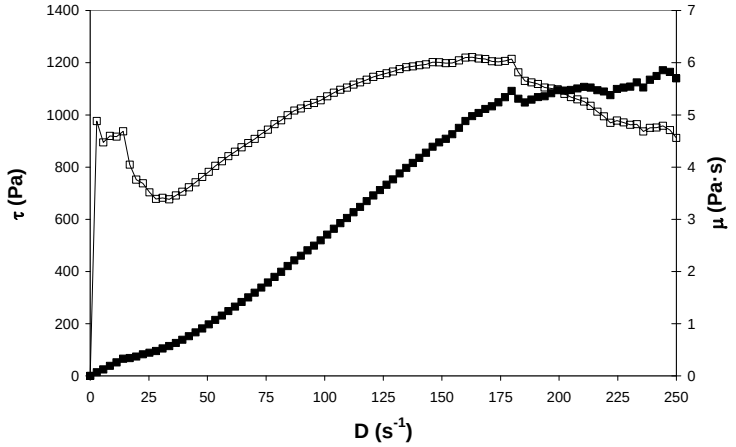


Figure 1.- *Flow curve of slaked lime putty after 3 hours aging (increasing shear rate). Filled squares: shear stress (τ); empty squares: viscosity (μ).*

Initially, the bigger particles in the suspension are hexagonal plate like ($Ca(OH)_2$) crystals, as shown by FESEM and TEM images (Figure 2). The shape factor of the particles determined by XRD analyses of dried putty is 2.34 and is in agreement with this platelet morphology. The shear thickening behaviour is typical of concentrated suspensions of plate like particles. During rest, the platelets form an ordered structure with their longest axes horizontal and parallel to each other. Due to this ordered structure, the flow is initially hampered. When the structure at rest breaks, the flow is easier and therefore the viscosity decreases. Once the particles are in motion, they attain a disordered configuration, which is stabilized by electrostatic interactions between positively charged basal faces and more negative prism faces (Figure 3). This leads to the formation of a structure known as “card house” [8]. This structure hinders lime putty flow, increasing the viscosity as the shear rate increases. When the shear rate increases above a certain critical value, shear forces overcome electrostatic forces, and the structure breaks; the particles align with the flow, which is now favoured, decreasing the viscosity of the suspension. The putty behaves then as shear thinning fluid.

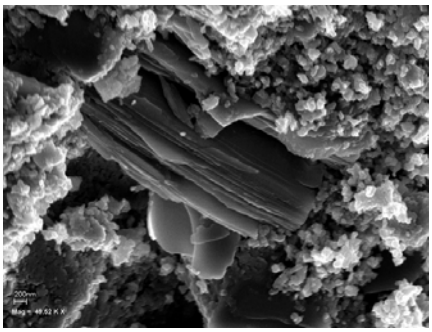


Figure 2.- *FESEM image of plate like particles in slaked lime putty after 3 hours aging.*

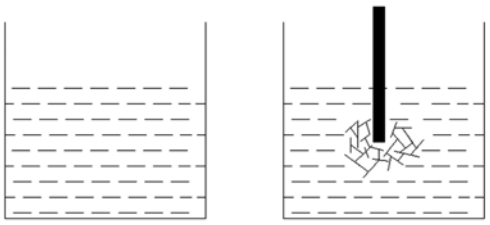


Figure 3.- *Structure of lime putty (a) at rest and (b) during application of shearing (modified from Moreno [8]]).*

In all measurements performed, it was observed a hystheresis loop in the flow curve (i.e. the decreasing shear rate branch of the flow curve did not overlap the increasing shear rate one). This behaviour is known as *thyxotropy*. Moreover, in most cases, the decreasing shear rate curve cut the increasing part of the curve, which indicates that the thyxotropic behaviour is also different at low and high shear rates. The lime putty behaves as an anti-thyxotropic (or rheopectic) fluid at low shear rates (i.e. a fluid whose structure develops with flow) and as a thyxotropic fluid (i.e. a fluid whose structure breaks with motion) when the shear rate increases. It should be taken into account that rheopexy is normally associated to shear thickening behaviour and thyxotropy is related with shear thinning. This may be explained if we consider that the initial structure (i.e., the structure at rest, with platelets parallel and horizontal) breaks once the shearing stars, leading to a stable, disordered structure which is reversibly destroyed at high shear rates; when shear rate decreases, the particles tend to recover this "card house" structure, not the original rest structure.

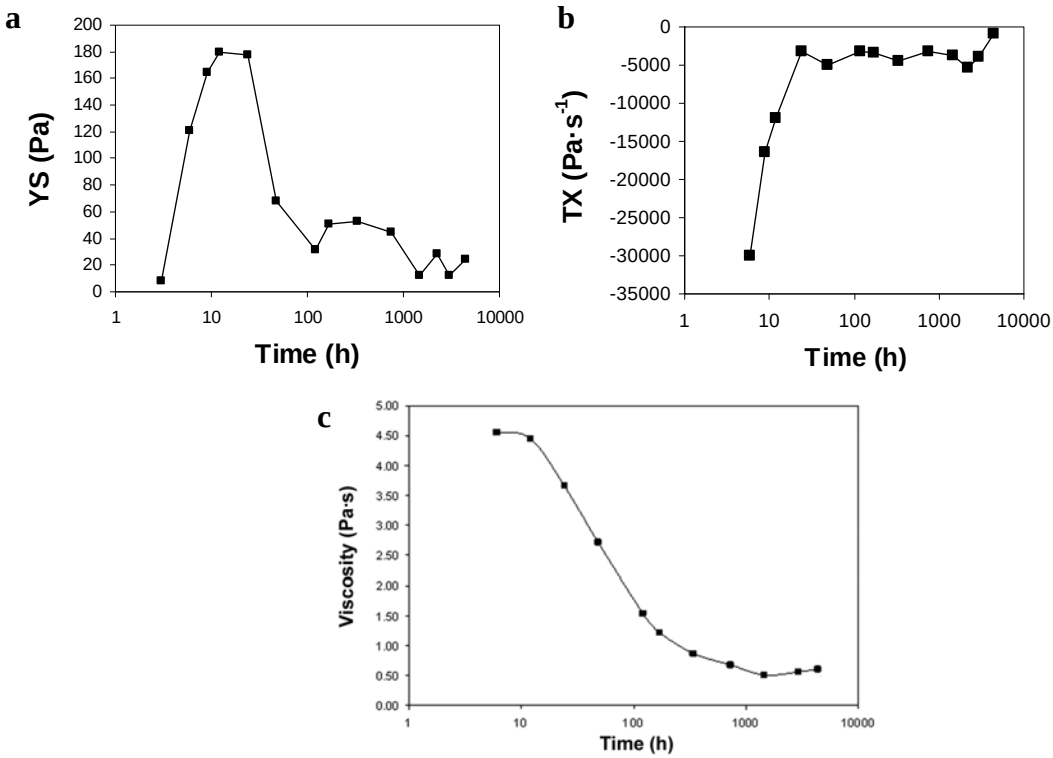


Figure 4.- *Evolution of rheological parameters of slaked lime putty with time: (a) yield stress, YS; (b) thyxotropy, Th and (c) viscosity at D= 250 s^{-1}*

Evolution of lime rheology upon aging

Figure 4 shows the evolution of yield stress, thyxotropy and viscosity at D= 250 s^{-1} with aging time. Yield stress is a measurement of attractive forces between particles. The stability of colloidal suspensions is determined by the relation between van der Waals forces (attractive) and electrostatic forces (repulsive). When van der Waals forces dominate, concentrated suspensions flocculate and the yield stress reaches a maximum. Therefore, yield stress characterizes the suspension stability. In the lime putty studied here, the yield point reaches a maximum 2 days after the slaking and subsequently decreases continuously (Figure 4a). The structure of $Ca(OH)_2$ suspension at rest, which is initially stable due to the repulsion between plate-like particles, is destabilized possibly due to the preferential development of prismatic faces which gives rise to an increase in the aspect ratio of the portlandite particles. Crystal morphology changes from plate-like to equidimensional or even prismatic shape which is in fact the equilibrium morphology of portlandite determined using the algorithm BFDH [9] (Figure 5). At this point, rheopexy reaches a minimum (Figure 4b). When particles in the suspension are equidimensional or rounded, the formation of a disordered structure stabilized by electrostatic forces does not occur, and therefore stirring the suspension does not result in the development of a 3-D structure but in the alignment of portlandite particles with the flow.

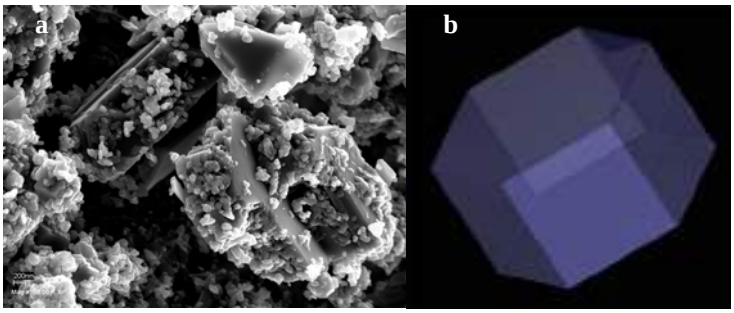


Figure 5.- *(a) FESEM image of portlandite particles in lime putty after 1 month aging.(b) Simulation of portlandite equilibrium morphology using BFDH algorithm.*

The viscosity at D=250 s^{-1} decreases with time from 4.56 Pa·s to 0.51 Pa·s (after 2 month aging). From that point a rise is observed. Viscosity is directly related with lime plasticity. For a constant solid content, a suspension with bigger particles will be less viscous and therefore less convenient (in terms of plasticity) for its use in conservation mortars. The decrease in viscosity suggests an increment in particle size. These results were further confirmed by XRD analyses of dry lime powders. This technique enables the determination of D_{001} and the shape factor by applying the Scherer method [5,7]. Both parameters suggest an evolution of the particle shape and size that is in agreement with the observed rheological behaviour (Figure 6). After two months, the aging process will start to reduce particle size resulting in a new increase in viscosity and plasticity of the putty [5]. Shape and size analyses of particles exposed to longer aging periods (up to 3 years) will be performed in order to confirm this hypothesis.

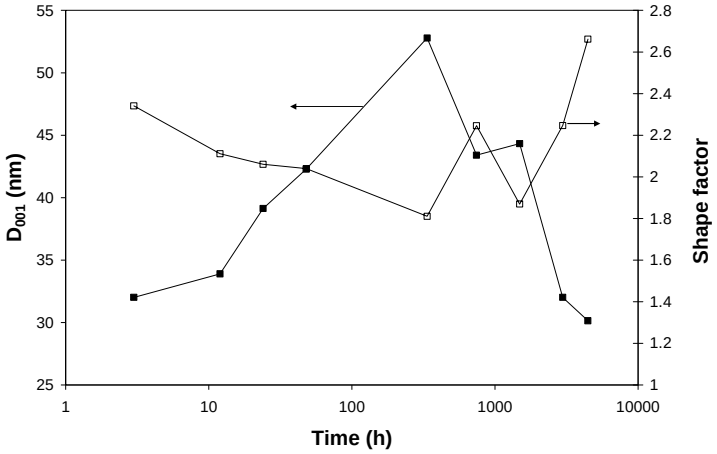


Figure 6.- *D_{001} and shape factor of portlandite crystals determined by XRD as a function of time.*

Conclusions

Our rheological study has revealed that lime putties behave as non-Newtonian fluids. The putty presents a complex behaviour that depends on the strain gradient considered; they behave as shear thickening and shear thinning fluids depending on the shear rate range considered. These results are interpreted in terms of the structural characteristics of the $Ca(OH)_2$ suspension, formed by hexagonal particles that initially are plate-like shaped and whose morphology evolve to give rise to prismatic, equidimensional crystals and finally, upon long term aging, become plate-like again. At rest, plate-like crystals align parallel to each other; when shearing is introduced, the structure breaks and the contact between basal and prismatic faces results in the formation of a “card house” structure which is responsible for the shear thickening behaviour. XRD, FESEM and TEM data confirm the evolution of particle size and shape factor deduced from rheological measurements. All in all, this work represents a comprehensive study of lime putty rheology with implications in the preparation of conservation mortars; our results suggest that, in the case of the studied lime, the best rheological properties are achieved immediately after slaking, when the particle size is smaller and the crystals are platelet-shaped. These positive effects last up to two days after slaking. Otherwise, the lime putty requires a long

term aging to regain such initial optimal properties. The plasticity (inferred by the temporal evolution of viscosity) is maximum right after slaking, which is the most desired property for mortar application. On the other hand, the minimum particle size makes lime putty more reactive towards carbonation. These optimal properties change quickly with time, although they can be newly recovered after long periods of aging. Further research on lime putties prepared using oxides obtained under different burning conditions and with different reactivity and microstructure will enable a better rheological characterization of slaked limes for the design of mortar for conservation purposes.

Acknowledgements

This work has been financially supported by the Spanish government under contract MAT2006-00578 and the Junta de Andalucía Research Group RNM-179. FESEM and TEM analyses were performed at the Centro de Instrumentación Científica of the Universidad de Granada.

References

[1] A.D. Cowper, “Lime and Lime Mortars”, Building Research Station Special Report 9, Her Majesty Stationary Office, London, 1927.
[2] K. Elert, C. Rodriguez-Navarro, E. Sebastián, E. Hansen, O. Cazalla, “Lime Mortars for the Conservation of Historic Buildings”, Studies in Conservation, 2002, 47, pp. 62-75.
[3] R.S. Boynton, “Chemistry and Technology of Lime and Limestone”, John Wiley & Sons, New York, 1980.
[4] C. Atzeni, A. Farci, D. Floris, P. Meloni, “Effect of Aging on Rheological Properties of Lime Putty”, Journal of the American Ceramic Society, 2004, 87(9), pp. 1764–1766.
[5] C. Rodriguez-Navarro, E. Hansen, W.S. Ginell, “Calcium hydroxide crystal evolution upon aging of lime putty”, Journal of the American Ceramic Society, 1998, 81(11), pp. 3032–3034.
[6] P. Vávrová, P. Kotlík, “Study of lime putty’s characteristics” Meteriály Pro Stavbu, 2003, 3, pp. 26-34.
[7] C. Rodriguez-Navarro, E. Ruiz-Agudo, M. Ortega-Huertas, E. Hansen, “Nanostructure and irreversible colloidal behavior of $Ca(OH)_2$: implications in cultural heritage conservation”, Langmuir, 2005, 21, pp. 10948-10957.
[8] R. Moreno Botella, “Reología de Suspensiones Cerámicas”, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Biblioteca de Ciencias, Madrid, 2005, 17.
[9] J.D.H. Donnay, D., Harker, “A new law of crystal morphology extending the law of Bravais”, American Mineralogist, 1937, 22, pp. 446-467.

LA NUEVA NORMATIVA ESTATAL DE GESTION DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION, SU APLICACIÓN A LAS OBRAS DE REHABILITACION.

Antonio Ruiz Sánchez [(1)], Jaime Solís Guzmán [(2)]

Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad de Granada. Campus de Fuentenueva. 18071. Granada. España. antonioruiz@ugr.es [(1)]

Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes, s/n. 41012. Sevilla. España. jaimesolis@us.es [(2)]

ÁREA 1. GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES.

Resumen.

La ponencia tiene por objeto el análisis de la reciente normativa estatal de regulación y gestión de residuos de la construcción y demolición, el Real Decreto 105/2008, en lo que afecta a las obras de rehabilitación. Dicho examen es importante por cuanto se imponen nuevas obligaciones tanto al productor de los residuos como al poseedor de los mismos, alterando el proceso edificatorio en sus diferentes etapas de elaboración del proyecto y ejecución del mismo.

Como cuestión práctica y que nos facilitará la compresión y estudio propuesto, se expondrá el proceso de sistematización seguido en los procedimientos de evaluación de las obras de rehabilitación situadas en la Mancomunidad de Los Alcores de la provincia de Sevilla.

Palabras clave.

Gestión de residuos, Obras de rehabilitación, Legislación, Presupuestación, Construcción, Los Alcores.

Introducción.

La potestad normativa que posee la Administración faculta a ésta para crear y desarrollar leyes que permitan legislar de manera sectorial y temporal, en definitiva, lo que podemos entender de manera general como una adecuación de las particularidades de la sociedad a su entorno. De esta forma, los principios medio ambientales que se han ido desplegando y extendiendo en los últimos años a los diferentes campos tecnológicos y científicos, han recalado en el sector de la Construcción y en su amplio abanico tipológico de obras y profesionales.

El desarrollo normativo.

La normativa que a nivel comunitario regula la producción y gestión de los residuos es la Directiva 2006/12/CE[1] del Parlamento y del Consejo, de 5 de abril de 2006 relativa a los residuos, creada como codificación de su predecesora varias veces modificada y de forma sustancial, la Directiva 75/442/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1975.

A partir de la misma, se realizó un salto cualitativo importante mediante otra legislación, la Directiva Comunitaria 91/156/CEE del Consejo[2], de 18 de marzo de 1991, al establecer una clasificación de los residuos por categorías.

La trasposición a España de esta Directiva se realizó a través de la Ley de Residuos[3], Ley 10/98 de 21 de abril, que avanza en la necesidad de una regulación específica para cada tipo de residuo, lo cual facilita la correcta gestión de los mismos.

Hasta una década después no se ha redactado una legislación específica para los residuos de construcción y demolición, aunque ya desde el año 2001 se aprobó el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006, que reclamaba la necesaria elaboración de un corpus legislativo de control del flujo de residuos expuesto en el Plan. A esto responde la promulgación del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición[4].

Según el artículo 2 del Real Decreto, se considera como obra de construcción o demolición <<la actividad consistente en: 1º La construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva.... >>

Los agentes intervinientes principales en dicha actividad son el productor y el poseedor de residuos de construcción y demolición. En el primer caso y según el mismo artículo del Real Decreto, el productor será la persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; el poseedor será la persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de gestor de residuos.

Igualmente es de relevancia la figura del gestor, responsable de recibir en las plantas de tratamiento los residuos procedentes de las obras de construcción.

Definidos los agentes participantes, se determinan sus obligaciones, y es aquí donde las estipulaciones normativas son novedosas y, en el caso de obras de rehabilitación, complejas de llevar a la práctica.

Lo dicho se argumenta en el art. 4.1.a), donde se establece la obligatoriedad al productor de incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición que contendrá como mínimo una serie de requisitos, entre los que se encuentra una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metro cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la Lista Europea de Residuos (LER)[5].

Ahora bien, para las obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma, el art. 4.1.b) estipula que además de la citada estimación, también habrá que hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, prever su retirada selectiva y asegurar su envío a los gestores de residuos peligrosos.

Por estimación se entiende en la práctica presupuestaria la confección de un presupuesto a través de la redacción y cálculo de los precios de los residuos resultantes, así como de la elaboración de la medición detallada de los mismos.

Para este apartado, se aconseja seguir el innovador método de presupuestación[6] del Dr. D. Antonio Ramírez de Arellano Agudo, basado en los coeficientes de transformación, cuya finalidad es medir el porcentaje de pérdidas, transformar las características geométricas de la medición origen y transformar unidades de medida.

Un caso particular de investigación.

Desde el año 2005, en la Mancomunidad de Los Alcores de la provincia de Sevilla se está implantando un modelo de gestión de residuos. Dicha Mancomunidad la forman los siguientes núcleos de población: Sevilla capital, Dos Hermanas, Alcalá de Guadaira, Mairena

del Alcor, El Viso del Alcor y Carmona. El marco legislativo de referencia es la Ordenanza Marco de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) de la Mancomunidad de Los Alcores aprobada en el año 2003.

La Ordenanza Marco de RCD de la Mancomunidad de los Alcores en su art.4º define al <<productor>> del RCD como cualquier persona física o jurídica propietaria del inmueble que lo origina.

El promotor es el dueño de la propiedad que genera los residuos, pero el que los controla (el poseedor, según la normativa) es el constructor.

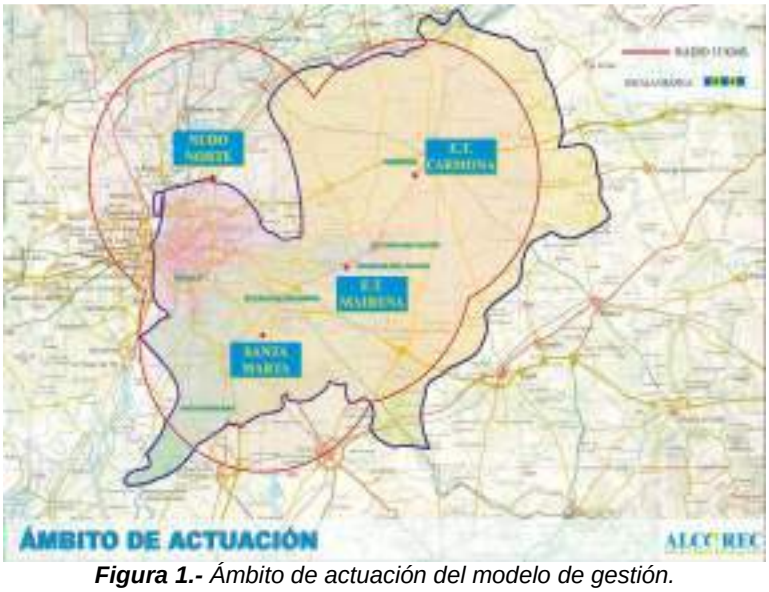


Figura 1.- *Ámbito de actuación del modelo de gestión.*

La novedad principal de esta ordenanza era que exigía una fianza previa a la concesión de la licencia de obra. Dicha fianza se fijaba en función de los RCD que se iban a generar la obra, y es responsabilidad del promotor hacerla efectiva.

Para llevar a cabo la gestión de los RCD en la Mancomunidad de los Alcores se realizó un concurso público donde se aprobó la concesión de dicha gestión a la unión temporal de empresas UTE Alcores Recicla (Alcorec), la cual apostó por un modelo de gestión integral inédito a nivel nacional.

El Modelo de Gestión, denominado en adelante “Modelo Alcores”, se basa en el principio de quien contamina paga, y establecido también por el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006. Dicho principio establece la idoneidad de fijar una fianza que garantice que el productor de los RCD gestione de forma adecuada los residuos que son de su propiedad. La figura del productor del RCD se define en la legislación aplicable como “cualquier persona física o jurídica propietaria del inmueble, estructura o infraestructura que lo origina”.

Según lo expuesto anteriormente es el promotor de la obra de nueva construcción o demolición el dueño del residuo que se generará en la misma como consecuencia de la actividad.

El modelo de gestión que se implantó comenzó a funcionar con el establecimiento de una fianza que constituía el promotor de la obra de nueva construcción o demolición antes que se concediera la Licencia de Obras. El importe de dicha fianza está relacionado con la tipología de obra que se pretenda acometer.

Para ello, Alcorec contactó en el año 2004 con la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Sevilla para desarrollar un software que fijara el importe de la fianza que el promotor de la obra debía depositar.

Dicha aplicación informática selecciona varios parámetros propios de la obra que se va a ejecutar, tales como tipología de la obra, tipo de cimentación, número de plantas de la edificación, superficie construida, etc., en base a los cuales obtiene de forma muy aproximada la cantidad de RCD que se generarán en dicha nueva obra.

Igualmente se desarrollaron, y aún siguen en marcha, metodologías que permitan sistematizar la cuantificación de residuos de construcción y demolición en los procedimientos de evaluación de las obras de rehabilitación situadas en la Mancomunidad de Los Alcores de la provincia de Sevilla.

Esa sistematización sigue la siguiente estructura:

1. Selección de la tipología de obra.
2. Selección de las partes del edificio en las que se interviene: la estructura, las particiones, la cubierta o el cerramiento. Se considerará intervención elemental si la rehabilitación afecta únicamente a una de las partes, y compleja si las partes afectadas del edificio son más de una.
3. Establecer aproximadamente la superficie afectada, ya sea total o de cada parte afectada.
4. Establecer el ratio superficie afectada/superficie construida.
5. Cálculo del volumen de residuos de construcción generados.

Este planteamiento desde el punto de vista exclusivamente estadístico, sin profundizar en exceso en el alcance de las actuaciones realizadas, tiene una serie de ventajas que han hecho que se adopte como modelo para la determinación de los residuos generados en las obras de rehabilitación.

Entre dichas ventajas está la que es un modelo que permite, mediante un análisis rápido de la obra, la determinación del volumen de residuos generados, lo que implicará una mejora en el procedimiento de control de ejecución.

Además de la estimación presupuestaria, la cuestión del inventario de residuos peligrosos correrá una suerte paralela. La realización de un estudio de campo minucioso, apoyado con la documentación existente, determinará que la confección del inventario sea lo más ajustada posible.

Conclusiones.

A pesar de que el marco normativo ha avanzado desde conceptos y ámbitos generales, lo cierto es que existen cuestiones prácticas que requerirán un tiempo de rodaje, para que el sector plantee los desajustes en los encuentros entre teoría y práctica.

Así, y partiendo de la propia Ley de Residuos, la indefinición de <<Residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria>>, habida en su artículo 3. b), no se aborda en el RD 105/2008, ni cualitativa ni cuantitativamente, pues en su artículo 2.d) nos remite a la sencillez técnica y escasa entidad constructiva y económica, que no suponga alteración del volumen y, por último, que no precisa de proyecto firmado por profesionales titulados[7]. Esto nos aboca automáticamente a la infinidad de obras realizadas en edificios residenciales y que se escapan en la mayoría de los casos al control de la Administración municipal.

La adecuación normativa de residuos a la realidad edificatoria es precisa desde el punto de vista de las obras de nueva planta, donde el proceso está determinado previamente por un proyecto realizado ex-novo.

Cuestión diferente son las obras de rehabilitación, reparación o reforma, donde las características de estos proyectos van a condicionar los resultados previstos, y podremos hablar, en grado sumo, de *estimaciones*.

Referencias.

[1] Directiva 2006/12/CE del Parlamento y del Consejo de 5 de abril de 2006 relativa a los Residuos. DOUE, Nº 114 de 27/04/2006. pp. 9-21.

[2] Directiva 91/156/CEE del Consejo de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los Residuos. Diario Oficial, N° L 078 de 26/03/1991. pp. 0032 – 0037.

[3] Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. Boletín Oficial del Estado, Nº 96 de 22/04/1998. pp. 13372-13384.

[4] Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Boletín Oficial del Estado, Nº 38 de 13/02/2008. pp. 7724-7730.

[5] Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Boletín Oficial del Estado, Nº 43 de 19/02/2002. pp. 6494-6515.

[6] Antonio Ramírez de Arellano Agudo. “Retirada selectiva de residuos: Modelo de Presupuestación”. Fundación Cultural del COAAT de Sevilla, 2002.

[7] Esto nos lleva a las determinaciones profesionales existentes en la Ley de Ordenación de la Edificación, Ley 38/1999, de 5 de noviembre. Boletín Oficial del Estado, n° 266 de 06/11/1999. pp. 38925-38934

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS Y PETROFÍSICAS DE ROCAS ORNAMENTALES DE GRANADA

Maja Urosevic [(1)], Carolina Cardell [(2)] y Eduardo Sebastián-Pardo [(3)]

Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, Departamento de Mineralogía y Petrología, Avda. Fuentenueva s/n, 18002 Granada (España)
maja@ugr.es[(1)]; cardell@ugr.es[(2)]; rolando@ugr.es[(3)]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

Abstract

Two groups of calcareous stones (porous and crystalline) used extensively in the architectural heritage of Granada (Spain) were studied to establish their compositional and petrophysical characteristics. The first group includes two types of very porous rocks, namely Santa Pudia bioclastic calcarenite (SP calcarenite) and Albox travertine (AL travertine); the second group comprises two types of crystalline rocks, i.e. Macael marble (MB marble) and Sierra Elvira limestone (SE limestone). An approach combining multiple analytical techniques was applied for this purpose.

Keywords: *calcareous stones, Granada architectural heritage, colorimetry, ultrasonic tests, hydric tests, porosimetric analyses, XRD, optical microscopy.*

1. Introducción

Una gran mayoría del patrimonio arquitectónico de Granada está construido con materiales carbonatados [1,2,3]. El estudio de los distintos procesos de alteración que sufre este patrimonio requiere como punto de partida la caracterización de los materiales pétreos no alterados ubicados en canteras históricas. Este procedimiento posibilita evaluar el grado de alteración sufrido por dichos materiales colocados en los monumentos y expuestos a los diferentes agentes de degradación urbanos. En este trabajo se presenta un estudio detallado de las características composicionales, texturales y petrofísicas de cuatro tipos de rocas calcáreas ampliamente utilizadas en la construcción de monumentos de Granada, estos son calcarenitas, calizas, mármoles y travertinos.

2. Materiales y métodos

2.1. Muestreo

Se han seleccionado dos grupos pétreos con características texturales muy distintas. Uno de ellos incluye rocas muy porosas como son la calcarenita de Santa Pudia (SP) y el travertino ibérico de Albox (AL), mientras que el otro grupo lo integran materiales cristalinos tales como el mármol blanco de Macael (MB) y la caliza de Sierra Elvira (SE).

2.2. Técnicas analíticas

La composición mineralógica de las muestras fue determinada mediante difracción de rayos X (DRX). Las muestras fueron molidas en un mortero de ágata y el polvo resultante, con un tamaño inferior a 50μm se estudió utilizando un difractómetro modelo Philips PW-1710 equipado con rendija automática. Las condiciones de trabajo fueron: radiación CuKα (λ :1.5405 Å), 40 kV de voltaje y 40 mA de intensidad de corriente. El ángulo de barrido estuvo comprendido entre 3º y 60º 2θ siendo la velocidad del goniómetro 0.01º 2θ/s. El análisis cualitativo y cuantitativo de las distintas fases minerales se hizo con el programa *XPowder* [4].

El estudio petrográfico y mineralógico se realizó sobre láminas delgadas mediante microscopía óptica de luz transmitida, empleando un equipo Olympus BX-60.

Para caracterizar el sistema poroso y conocer la dinámica de los fluidos en el interior de los distintos tipos pétreos se aplicaron varias técnicas analíticas, en concreto la porosimetría de inyección de mercurio (PIM) y diversos ensayos hídricos, tales fueron: saturación de agua en vacío, pesada hidrostática, desorción, ascenso y succión capilar. Para los análisis de porosimetría de mercurio se cortaron muestras de 2 cm^3 de volumen, se secaron en horno a 100ºC durante 24 h y se analizaron con un equipo Micromeritics Autopore 2500 MIP. Los ensayos hídricos se realizaron siguiendo las normas UNE [5,6] y RILEM [7]. Para los ensayos de absorción y desorción se elaboraron cubos de 5x5x5cm y para los ensayos de ascenso y succión capilar se fabricaron probetas cilíndricas de 2x2x10 cm para cada tipo de material.

Los análisis de pulsos ultrasónicos fueron realizados usando un equipo Panametrics HV Pulser/ Receiver 5058 PR acoplado a un osciloscopio Tektronix TDS 3012B. Se prepararon cubos de 5 cm de lado y se midieron las ondas P y las ondas S mediante transductores con frecuencias de 0,5 MHz (ondas S) y 1 MHz (ondas P). La velocidad de los pulsos ultrasónicos fue determinada bajo las siguientes condiciones termohigrométricas: T = 25ºC y H.R.= 50%. A partir del análisis digital de las señales transmitidas se calcularon varios parámetros: velocidad comprensiva y de cizalla, coeficiente de Poisson, módulo de Young, anisotropía total y relativa. Las características cromáticas de los materiales pétreos se estudiaron mediante colorimetría utilizando un colorímetro Minolta CR 210 con 0º de ángulo de visión y diámetro 50 mm. Los datos obtenidos se expresaron mediante un código alfanumérico del sistema de color CIE L*a*b*.

3. Resultados

3.1. DRX

Esta técnica puso de manifiesto la homogeneidad mineralógica entre los dos grupos pétreos establecidos. La calcita es el principal constituyente de todas las muestras estudiadas. En SE además de la calcita aparece la dolomita en una proporción significativa (Fig.1).

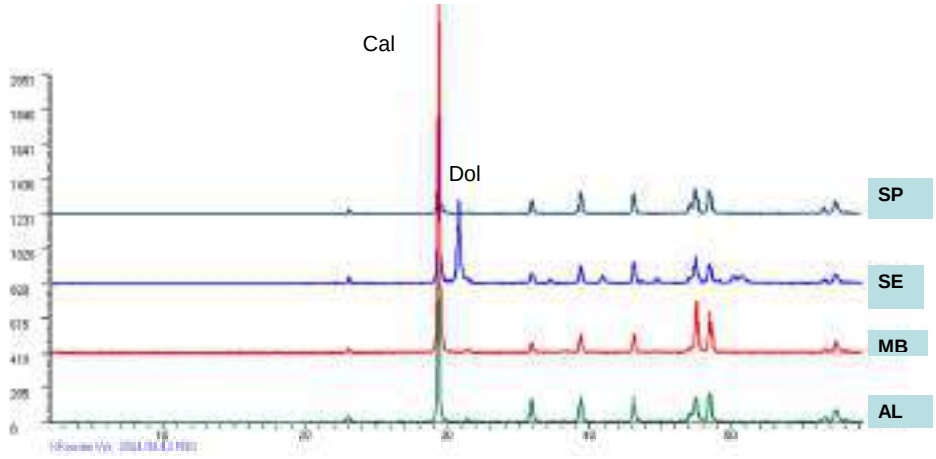


Figura 1. *Difractograma de los distintos materiales pétreos estudiados. SP: Calcarenita de Santa Pudia; AL: Travertino ibérico de Albox; SE: Caliza de Sierra Elvira; MB: mármol blanco de Macael. Cal: Calcita; Dol: Dolomita.*

3.2. Microscopía óptica

Los resultados del estudio petrográfico mostraron que existen evidentes diferencias texturales entre los principales grupos pétreos en relación al tamaño, hábito y forma de granos. La microscopía óptica permitió además detectar la presencia de otros constituyentes muy minoritarios como el cuarzo, que no han podido ser determinados mediante DRX. A continuación se describen los cuatro tipos de rocas calcáreas analizadas:

(A) *Calcarenita de Santa Pudia (SP):* calcarenita bioclástica de matriz clastosoportada constituida por fragmentos de algas rojas, briozoos, foraminíferos bentónicos, bivalvos y extraclastos (principalmente micaesquistos). Se pueden observar dos tipos de porosidad primaria: (1) una de pequeño tamaño parcialmente cementada (porosidad intraclasto en foraminíferos y briozoos) y (2) una porosidad interclástica irregular y no cementada (Fig. 2a).

(B) *Caliza de Sierra Elvira (SE):* caliza esparítica de crinoides. Se puede observar una abundante recristalización en la que los cristales de calcita crecen en continuidad óptica con los artejos de los crinoides (Fig. 2b). Además de calcita, la caliza presenta dolomita neoformada y escasos aloquímicos (glauconita, cuarzo y minerales opacos).

(C) *Travertino ibérico de Albox (AL):* presenta un bandeado composicional definido por la presencia de óxidos/hidróxidos de hierro y manganeso que dan lugar a una alternancia de bandas claras y marrones. Las texturas biogénicas son aún observables y son las causantes de la porosidad primaria. Las paredes de algunos poros están tapizadas por cristales secundarios de esparita (Fig. 2c).

(D) *Mármol blanco de Macael (MB):* roca granoblástica con tamaño de grano medio (>500 µm), hábito subidiomorfo (forma angulosa a subredondeada) con distribución homogénea de los cristales. Contiene menos de 1% de moscovita y grafito.

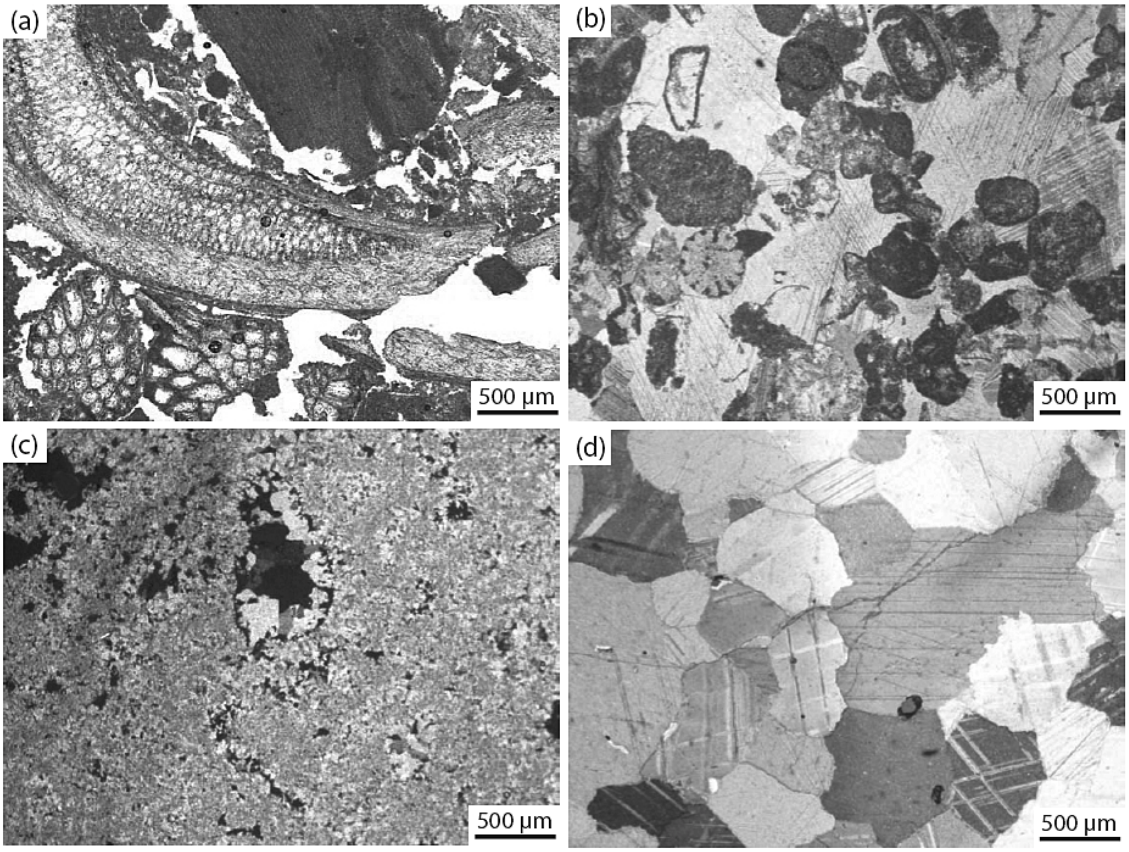


Figura 2. *Microfotografías de láminas delgadas.* ***(a)*** *Calcarenita de Santa Pudia, nícoles paralelos* ***(b)*** *Caliza de Sierra Elvira, nícoles cruzados* ***(c)*** *Travertino de Albox, nícoles cruzados* ***(d)*** *Mármol blanco de Macael, nícoles cruzados.*

3.2. Ensayos hídricos

El estudio de las propiedades hídricas (absorción, desorción, succión capilar) puso de manifiesto importantes diferencias entre las calcarenitas (SP) y el resto de los materiales pétreos. En SP se alcanzaron valores de absorción muy por encima del resto de las muestras ($\Delta M/M$= 0.15 y 0.20 para absorción libre y forzada respectivamente, Fig. 3). Las muestras que absorbieron menos agua fueron las de MB ($\Delta M/M$ menor de 0.003). La saturación al vacío se llevó a cabo cuando se alcanzó el máximo valor de absorción libre de agua para poder estimar la conectividad entre los poros del material. Cuando los poros están bien conectados la diferencia entre la absorción libre y forzada es mínima [8]. La ganancia de peso durante este

ensayo para SP indica una baja interconectividad de su sistema poroso (Fig.3). El tiempo de secado fue mucho más prolongado para SP (ca. 100 h) en comparación con el resto de los materiales calcáreos (< 40 h). En cuanto a la capilaridad, SP es la que absorbió agua a mayor velocidad, alcanzando la altura de la probeta (10 cm) en tan sólo 24 horas. Por el contrario, en los restantes tipos pétreos el agua apenas ascendió para exposición de una semana.

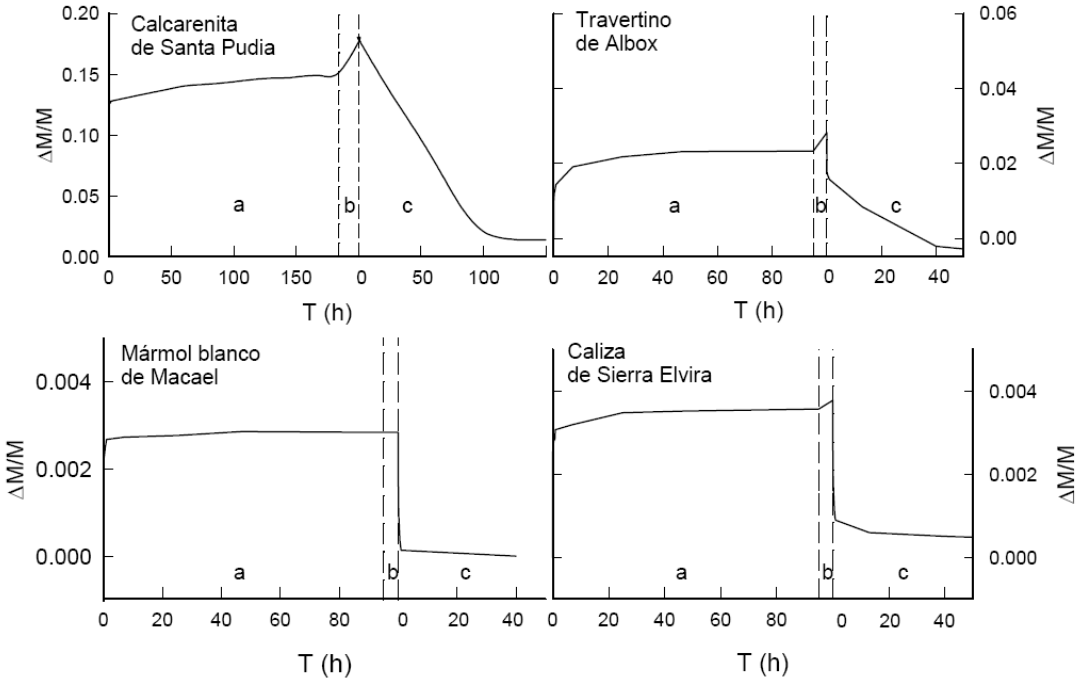


***Figura 3**. Curvas promedio de absorción-desorción en función del tiempo (en horas) para las muestras estudiadas. Leyenda: a = curva de absorción de agua; b = curva de absorción de agua forzada; c: curva de desorción (media de tres valores).* $\Delta M/M = M_t - M_0/M_0$; M_0 *= masa inicial (peso seco);* M_t *= masa en el instante t.*

3.4. Porosimetría de inyección de mercurio (PIM)

Los resultados del análisis PIM revelaron que de todas las rocas estudiadas la calcarenita (SP) es la más porosa, así como la que presenta una menor densidad aparente (2,52 ± 0,25 g cm^{-3}, Tabla 1). Su porosidad abierta media determinada fue de 29,3 ± 7,6 %. La distribución de los tamaños de poros inferiores a 200 µm determinada en los cuatro tipos pétreos estudiados se muestra en la Fig. 4. En el travertino (AL) dado que la mayoría de sus poros tiene un diámetro mayor de 200 µm, no pueden ser estudiados con esta técnica. La distribución bimodal más evidente se presenta en SP con un máximo absoluto a 0.3 µm y otro relativo más difuso entre 3 y 100 µm. Los tamaños de poros accesibles al PIM revelan un máximo a 0.06 µm en AL que posiblemente está relacionado con la microporosidad intraclasto (Fig. 4). La baja porosidad de SE y MB (rocas cristalinas) imposibilita una interpretación sencilla de la distribución de sus tamaños de poros.

***Tabla 1.** Parámetros MIP: Pt = Porosidad total (%);* ρ_A *= densidad aparente (g* cm^{-3}*);* ρ_R *= densidad real (g* cm^{-3}*).*

	Pt	ρ_R	ρ_A
SP	29,30 ± 7,60	2,52 ± 0,25	1,96 ± 0,39
AL	8,16 ± 1,21	2,65 ± 0,04	2,43 ± 0,04
SE	1,64 ± 0,67	2,71 ± 0,04	2,67 ± 0,02
MB	0,26 ± 0,11	2,66 ± 0,05	2,65 ± 0,05

SP: Calcarenita de Santa Pudia; AL: Travertino de Albox; SE: caliza de Sierra Elvira; MB: mármol blanco de Macael.

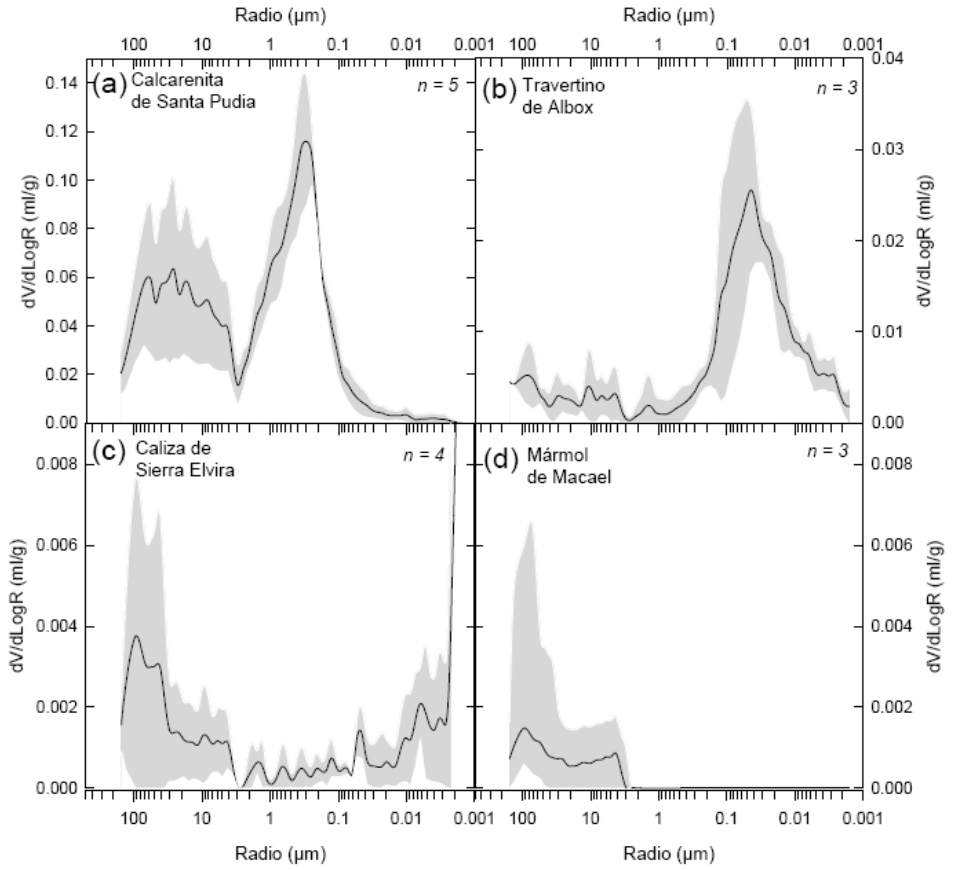


Figura 4. *Distribución del tamaño de poros obtenidos mediante PIM (línea continua = valor medio de n medidas) en calcarenita de Santa Pudia* ***(a)****, travertino de Albox* ***(b)****, caliza de Sierra Elvira* ***(c)*** *y mármol blanco de Macael* ***(d)****. El área sombreada indica la desviación estándar para el número n de muestras utilizadas en el promedio.*

3.5 Ultrasonidos

Se han estudiado los siguientes parámetros ultrasónicos en los cuatros tipos de rocas calcáreas: velocidad de la onda compresiva (V_p); de cizalla (V_s), ratio V_p/V_s, constante de elasticidad dinámica o módulo de Young (E_d), coeficiente dinámico de Poisson (v_d) [9], anisotropía total (ΔM) y relativa (Δm). La Tabla 2 muestra los valores medios (de tres medidas para cada tipo calcáreo) junto con la desviación estándar (1σ) de V_p y V_s, así como los parámetros ultrasónicos calculados siguiendo tres direcciones ortogonales (*x, y, z*).

La alta heterogeneidad de SP y AL se traduce en altos valores para la desviación estándar en V_p y V_s medidas en cada una de las direcciones x, y z (Tabla 2). Los valores obtenidos para las distintas direcciones revelan una alta anisotropía, tanto total como relativa de MB (19.7% y 5.1% respectivamente). Por el contrario SE muestra una mínima anisotropía en la propagación de la ondas ultrasónicas (2.4% y 0.7%, total y relativa), propiedad que ha sido resaltada en estudios previos [10]. SE se caracteriza, además, por altos valores del módulo de Young (E_d > 44 GPa), por encima de MB.

Tabla 2. *Parámetros ultrasónicos (V_p, V_s) y constantes de elasticidad dinámica (E_d, v_d) según los tres ejes considerados (x, y, z)*

		V_p (m/s)		V_s (m/s)		V_p/V_s	E_d (GPa)	v_d	ΔM_p (%)	Δm_p (%)
		media	*(± 1σ)*	*media*	*(± 1σ)*					
	x	4459	*613*	2083	*114*	2.14	22	0.36		
	y	3994	*692*	2028	*76*	1.97	20.3	0.33		
SP	*z*	4342	*454*	2072	*78*	2.1	21.6	0.35	9.2	2.7
	x	5551	*183*	2848	*74*	1.95	39.9	0.32		
	y	5962	*198*	3021	*14*	1.97	45.1	0.33		
AL	*z*	5901	*198*	3009	*97*	1.96	44.6	0.32	6.4	1
	x	5627	*95*	3035	*29*	1.85	44.4	0.29		
	y	5787	*54*	3100	*61*	1.87	46.4	0.3		
SE	*z*	5746	*87*	3083	*3*	1.86	45.9	0.3	2.4	0.7
	x	4311	*83*	2666	*32*	1.62	31.5	0.19		
	y	5502	*57*	2917	*30*	1.89	41.3	0.3		
MB	*z*	5229	*54*	2744	*29*	1.91	36.7	0.31	19.7	5.1

SP: Calcarenita de Santa Pudia; AL: Travertino de Albox; SE: caliza de Sierra Elvira; MB: mármol blanco de Macael. Media (n = 3). Vp: velocidad de la onda compresiva, Vs: velocidad de la onda de cizalla, E_d: módulo de Young, v_d:coeficiente dinámico de Poisson, ΔM_p : anisotropía total, Δm_p= anisotropía relativa

3.6. Colorimetría

Los análisis colorimétricos revelaron los siguientes valores para el espacio de color CIE L*a*b* (Tabla 3). Entre los dos grupos calcáreos establecidos no se observan grandes diferencias en las características cromáticas. Sin embargo se pone de manifiesto que en las muestras pulidas se produce una importante disminución de la luminosidad (L*) y un aumento en los valores de a* y b* respecto a las correspondientes muestras no pulidas.

Tabla 3. *Coordenadas cromáticas (a* y b*) y luminosidad (L*).*

		L*		a*		b*	
	n	media	*(±1σ)*	media	*(±1σ)*	media	*(±1σ)*
SP	3	90.34	*0.74*	-0.60	*0.01*	5.42	*0.07*
MB	3	81.06	*0.24*	-1.00	*0.02*	-0.70	*0.15*
SE	3	72.67	*0.69*	-0.24	*0.03*	1.47	*0.13*
SE PUL[#]	3	53.12	*0.33*	1.24	*0.02*	8.61	*0.19*
ALBOX	3	69.78	*2.18*	1.83	*0.30*	7.58	*0.39*
ALBOX PUL[#]	3	62.00	*0.68*	5.52	*0.13*	15.69	*0.17*

[#]PUL indica que las medidas se realizaron en una superficie pulida.

4. Conclusiones

Los resultados de este estudio revelan que, a pesar de la homogeneidad composicional de los distintos materiales pétreos investigados, existen importantes diferencias petrofísicas que tienen efecto significativo en su comportamiento hídrico y mecánico. Se ha constatado que las diferencias texturales y del sistema poroso son claves en la contrastada conducta de estos materiales carbonatados en su utilización como materiales de construcción y en ornamentación. La caracterización de las propiedades petrofísicas de los materiales pétreos

constructivos y ornamentales es un paso previo esencial para avanzar en el conocimiento de su conservación/degradación. Dichas características controlan, por ejemplo, la resistencia de los materiales ante la acción agresiva de aerosoles urbanos y marinos. Así, el efecto sobre distintos tipos de materiales de agentes atmosféricos como son los aerosoles (gases y partículas) y los contaminantes, puede ser estudiado de forma comparada mediante ensayos de envejecimiento acelerado en el laboratorio y, también en su proceso de deterioro natural por exposición en condiciones reales agresivas a corto y medio plazo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Grupo de Investigación RNM179 de la Junta de Andalucía y los proyectos de investigación MEC MAT 2004-06804 y FTQ-1633 de la Junta de Andalucía.

Referencias

[1] C. Rodriguez Navarro, “Causas y mecanismos de alteración de los materials calcáreos de las Catedrales de Granada y Jaén”, Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 1994.

[2] C. Cardell Fernández, “Cristalización de sales en calcarenitas: aplicación al Monasterio de San Jerónimo, Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 1998.

[3] M.P. Sáez Pérez, “Estudio de elementos arquitectónicos y composición de materiales del Patio de los Leones. Interacciones en sus causas de deterioro”, Universidad de Granada, 2003.

[4] J.D. Martín Ramos, “XPowder. A software package for powder X-ray diffraction analysis”, Lgl. Dep. GR 1001/04, 2004.

[5] UNE-EN 1925, “Método de ensayo para piedra natural. Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad”. AENOR, Madrid, 1999.

[6] UNE-EN 13755, “Método de ensayo para piedra natural. Determinación de la absorción de agua a presión atmosférica”. AENOR, Madrid, 2002.

[7] RILEM, “Recommeded test to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods”, Commision 25-pem: Protection et Erosion des Monuments, 1980, pp.175-253.

[8] G. Cultrone, E. Sebastián Pardo, K. Elert, M.J. de la Torre, O. Cazalla, C. Rodriguez Navarro, “Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks”, Journal of the European Ceramic Society 24, 2004, pp. 547-564.

[9] J. Martínez-Martínez, D. Benavente, S. Ordoñez, M.A. García-del-Cura, “Multivariate statistical techniques for evaluating the effects of brecciated rock fabric on ultrasonic waves propagation”, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 45, 2008, pp. 609-620.

[10] E. Sebastián Pardo, G. Cultrone, V. Garibaldi, C. Rodriguez Navarro, M.J. de la Torre, I. Valverde, “La Caliza de Sierra Elvira: comportamiento petrofísico de una piedra significativa del Patrimonio Arquitectónico Andaluz,” Materiales de construcción 58, 2008 (en prensa).

CONSOLIDACIÓN DE UN MURO DE TAPIAL MEDIANTE LA TÉCNICA DE PROYECCIÓN. "TIERRA PROYECTADA", UBICADO EN LAS HUERTAS DEL GENERALIFE (DENTRO DEL CONJUNTO MONUMENTAL DE LA ALHAMBRA, EN GRANADA, ESPAÑA)

I. Valverde [(1)], R. Fuentes [(2)] I. Valverde [(3)]

Dpto. de Construcciones Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Granada. Granada, España

valverde@ugr.es [(1)] rfuentes@ugr.es [(2)] nachoval@ugr.es [(3)]

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

RESUMEN.- Esta intervención forma parte del las actuaciones llevadas a cabo en el Proyecto «Estudios previos para la Conservación de los muros de Tapial de las Huertas del Generalife» realizado bajo la Dirección del Patronato de la Alhambra y del Generalife con la colaboración The Getty Conservation Institute. Según se recoge en la Documentación del Proyecto: El Conjunto Monumental de la Alhambra está situado en lo alto de la colina del mismo nombre, constituida por la "Formación Alhambra" que está representada por suelos de gran resistencia y estabilidad. La Alhambra define claramente su perímetro gracias al conjunto de murallas que otrora sirvió como línea de defensa. Por encima de ella y relacionada física y visualmente se encuentra el conjunto del Generalife. La intervención se realizó en un tramo de un muro de tapial, con importante pérdida de masa en su base. Esta intervención se llevó a cabo aportando tierra extraída de esta zona, de similares características a las del tapial a restaurar, mediante la técnica de proyección utilizando una máquina de proyectar y bombear mortero de cemento. Este sistema de puesta en obra, que se encuentra bajo patente de los autores de esta comunicación, se ha desarrollado bajo un Proyecto de Investigación I+D del Plan Nacional (convocatoria 2004) y una Tesis Doctoral.

PALABRAS CLAVES.- Tierra Proyectada, Conservación Arquitectura de Tierra, Consolidación muro en paratas Generalife-Alhambra.

Tras un largo periodo de investigación que iniciamos en el año 1989 sobre las construcciones de tierra en la arquitectura granadina, durante el cual hemos obtenido amplia información al respecto, y dado el alto grado de deterioro de la mayoría de los restos de lienzos de murallas existentes en esta localidad y los resultados con escaso éxito de las restauraciones acometidas (baja durabilidad, colores y texturas inadecuadas,..), la problemática de los taludes carreteros sobre suelos tanto en lo referente a su degradación como al impacto visual que generan, así como las posibilidades de la tierra como material alternativo englobado en la arquitectura sostenible, nos llevaron a investigar sobre un nuevo sistema de puesta en obra preparando un material de tierra totalmente compatible con el soporte. Por tanto, los objetivos de la Investigación se centraron en:

1.- Con carácter general, estudiar la tierra (en este caso procedente de la Formación Alhambra) como material de construcción a fin de dotarla de unas propiedades físicas, químicas y mecánicas para conseguir la durabilidad deseada mediante una masa de textura y color muy similar a las del soporte y adecuarla para ser puesta en obra mediante proyección (tierra proyectada), como una nueva alternativa para la consolidación y/o protección de los elementos arquitectónicos construidos con la técnica del tapial (tapias y viviendas, así como los de carácter monumental).

2.-Extrapolar esta sistemática a la protección y restauración de los taludes carreteros lo que supondría un gran logro desde el punto de vista de la ingeniería en el campo de la ciencia de

los materiales y una mejora del impacto visual que estas obras generan.

3.- Presentar también este sistema como una alternativa constructiva englobada en la arquitectura sostenible.

El objeto de la comunicación es dar a conocer la sistemática seguida en el proceso de consolidación de un muro de tapial muy deteriorado y con alto grado de inestabilidad debida a la gran pérdida de masa en su base, así como los resultados obtenidos.

En primer lugar se procedió al reconocimiento del tapial a intervenir con la finalidad de establecer la naturaleza del material, el sistema constructivo y analizar el grado de estabilidad en base a la patología que presentaba. Seguidamente, se procedió, en la Formación Alhambra, y dentro del recinto del Generalife, a la búsqueda del yacimiento adecuado en el que fuera posible la extracción de la materia prima a proyectar para restituir la masa en la base del muro, como método de consolidación del mismo.

Posteriormente, con el material madre (MM) que se nos facilitó, se procedió, según el protocolo ya establecido, a la realización de ensayos previos de identificación en laboratorio (análisis granulométrico, límites de Atterberg, carbonatos, sulfatos e hinchamiento Lambe) a fin de caracterizarlo. Los resultados obtenidos manifestaron que el suelo en cuestión no respondía a las características de aquellos, pertenecientes a la Formación Alhambra, con los que fueron construidos la mayor parte de los tapiales que conforman murallas, muros de contención, etc., existentes en las colinas donde se ubican el recito monumental de la Alhambra y el barrio del Albayzín; así mismo, también presentaba dispersiones importantes respecto a la tierra caracterizada y preparada para ser proyectada, según nuestras investigaciones anteriores. En concreto, los resultados con dispersiones más significativas afectaban fundamentalmente a la textura, pues el material presentaba elevado contenido en finos, del orden del 50% frente a un 20-30% de aquellos que conforman los tapiales y que han sido utilizados en otras aportaciones de masa mediante proyección; por otra parte, de ellos un 30%, aproximadamente, eran arcillosos de plasticidad media frente a un 15% con plasticidad baja-media. Por tanto, se procedió a adecuar la textura mediante la eliminación de finos (hasta un 30%) en la muestra total, siendo sustituidos por una gravilla dolomítica de tonalidad blanquecina y tamaño máximo 10.

Tras la corrección del material, se fijó el protocolo de laboratorio para la determinación de propiedades físico-mecánicas a través de la preparación de probetas siguiendo la normativa del molde proctor normal.

Las probetas se prepararon con las mezclas ya establecidas de acuerdo con los resultados del proyecto base de investigación, es decir adicionando aglomerantes en proporciones de un 8% de cal (CL90S) y 2% de cemento (BL22,5X), en ambos casos, respecto al peso de la MM seca. Posteriormente se determinaron parámetros de densidad y resistencia mecánica a compresión, ésta última a edades de 7, 14 y 28 días con distintos grados de carbonatación, forzando o no la misma, alcanzándose en los primeros resultados entre 1,81-2,01 g/cm^3 y en los segundos en torno a 40 Kg/cm^2. En cuanto a las probetas con carbonatación forzada, esta resistencia llegó a elevarse a 50 Kg/cm^2 a edades de 7 y 14 días, mientras que las de 28 días mostraron todas ellas una disminución entre 5-10 Kg/cm^2. Debe añadirse que la total carbonatación se lograba cuando ésta era forzada a la edad de 14 días sin producirse alguna cuando las probetas no fueron introducidas en cámara.



Foto 1.- *Probeta tras su rotura a compresión.*

Tras considerarse satisfactorios los resultados obtenidos en laboratorio procedimos a ejecutar la obra de consolidación mediante el siguiente protocolo:

- Limpieza del soporte mediante aire comprimido.



Foto 2.- *Vista del soporte tras su preparación.*

- Disposición de tacos de poliestireno expandido en los huecos originados en la ejecución del tapial original por las agujas sustentadoras de los tapiales, a fin de que éstos siguieran significados en la superficie de la masa aportada.

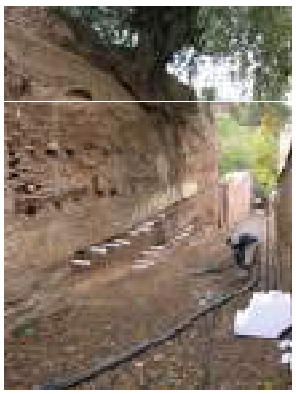


Foto 3.- *Vista de los tacos de poliestireno dispuestos en el soporte.*

- Proyección por vía húmeda de la tierra preparada, amasada en hormigonera con adición de agua y aditivo (fluidificante), mediante maquinaria con sistema de impulso a través de tornillo sin fin y aire comprimido.





Fotos 4 y 5.- *Vista del inicio de la proyección.*

Respecto a la cantidad de agua aportada, hemos de indicar que la obtenida como óptima en las probetas proctor (humedades entre 10-12%, algo inferiores a la media del límite plástico de la tierra preparada, que establece una consistencia entre plástica y semisólida), constituye un porcentaje muy inferior al necesario para que sea posible el lanzamiento de la masa (humedades en

torno al 18-20%, lo que nos permite establecer una consistencia plástica, que se logra llevar a fluida a través de fluidificante, aditivo imprescindible ya que mayores cantidades de agua dan lugar a segregaciones durante el lanzamiento y retracciones importantes después del secado de la masa aportada).

- Durante el sistema de puesta en obra se intercalaron mallazos de plástico fino a fin de paliar retracciones en el conjunto de la masa.



Foto 6.- *Vista del mallazo intercalado en distintas fases de la proyección.*



Foto 7.- *Vista de la última fase de la proyección.*

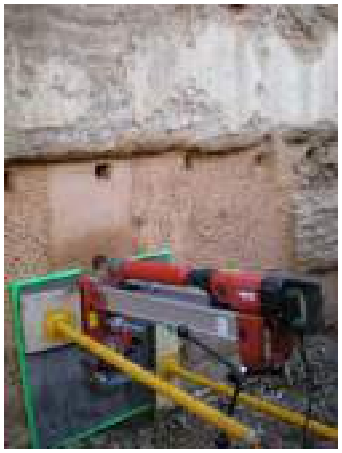
Trascurridos dos años, se ha procedido a la extracción de muestras mediante máquina rotativa con corona de diamante de diversos diámetros que nos han permitido comprobar que los resultados, tanto referentes a propiedades físicas como mecánicas, han sido muy satisfactorios, ya que, tanto la densidad (1,83-2,02 g/cm^3) como la resistencia mecánica a compresión (33,7-38,2 Kg/cm^2), han sido muy similares a las obtenidas con probetas en laboratorio, debiéndose destacar así mismo la magnífica adherencia al soporte, así como la textura y el color logrados en la masa aportada, tal y como puede observarse en la documentación gráfica que se adjunta.





Fotos 8 y 9.- *Vista y detalle del muro donde se ha intervenido trascurridos dos años.*





Fotos 10 y 11.- *Vista y detalle de la extracción de probetas en el muro donde se ha intervenido, trascurridos dos años.*

Conclusiones

Los resultados de la investigación ponen de manifiesto que la técnica de "Tierra Proyectada" es una alternativa eficaz para aportar masa, de similar textura y color, a los tapiales degradados. Tal aseveración no solamente está avalada por los resultados experimentales de laboratorio sino también por los obtenidos a través de la transferencia inmediata que ha tenido el sistema con aplicación en un muro existente en el Conjunto Monumental de La Alhambra.

También debe destacarse el interés despertado en ingeniería civil como alternativa de restauración de taludes que además paliaría el impacto visual producido por la gunita en éstos.

Además abogamos para presentar este sistema como una alternativa constructiva englobada en la arquitectura sostenible.

Referencias

[1] ALCESE SEGARRA, M. "Arquitecturas de tierra: tapial y adobe". Ed. Colegio de Arquitectos Técnicos de Valladolid.
[2]ARREDONDO Y VERDU et al. "Compactación de terrenos. Terraplenes y pedraplenes". Ed. Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona (1977).
[3]BARDOU, P y ARZOUMANIAN, V. "Arquitecturas de adobe. Tecnología y Arquitectura". 2ª edición. Ed. Gustavo Gili S.A., Barcelona (1981).
[4]BAZZANA, A "Elementes ḍarcheologi musulmana dans al_Andalus. Caracteres especifiques de ḷarchitecture militare arabe de la region Valenciane". Ed. Alcantera, Madrid 1980.
[5]BISH, D. L. & POST,J.E. "Modern Powder Diffraction". Rev. in Miner. 20. (1989) p. 369.
[6]BRINLEY, G.H. & BROWN, G. "Crystal Structures of clay minerals and Their X_Ray Identification". Mineralogical Society, London. (1980) p. 495.
[7]CAZALLA VÁZQUEZ, et al. "Control de la evolución de la carbonatación en morteros de cal". Ed. Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio. CICOP. España. 1998.
[8]CAZALLA VÁZQUEZ.O. tesis doctoral. "Morteros de Cal. Aplicación en el Patrimonio Histórico". Universidad de Granada.
[9]CENTRE GEORGES POMPIDOU. « Des architectures de Terre ou l' avenir d'une tradition millénaire ». Ed. Centre Georges Pompidou /CCI. Lion, Paris (1982).
[10]CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE NAVAPALOS : "Arquitectura de tierra : encuentros internacionales". Ed. Centro de Investigación Navapalos (Soria).
[11]CRAterre. Construir con tierra.
[12]DOAT, P. HAYS, A. HOUBEN, H. MATUK, S. y VITOUX, F. « Construire en terre ». Ed. Éditions Alternatives. Paris (1979).
[13]FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. "Hormigón Proyectado". E.T.S. de Ingenieros de

Caminos, Canales y Puertos. Madrid.
[14]GARRALÓN JORBA, J. “Ensayos no destructivos en el hormigón”. (1981).
[15]GONZALEZ GARCIA, F. y SANCHEZ CAMAZANO, M. “Differentiation of kaolinite fron chlorite by treatment with dymetylsulfoxide”. Clay minerals **7**. (1968) p. 447.
[16]HERNÁNDEZ RUÍZ, L.E. Y MÁRQUEZ LUNA, J.A. “Cartilla de pruebas de campo para la selección de tierras en la fabricación de adobes”. Ed. Conescal, A.C.Mexico (1983).
[17]HOUBEN, H et GUILLAUD, H. CRATerre. « Traité de construction en Terre. Ļencyclopedie de la Construction en Terre ». Vol. 1. Ed. Parenthèses. (1989).
[18]IBÁÑEZ, F. “En torno a los libros des Architectures de Terre” Rev. Arquitectura Andalucía Oriental. nº 1. C.O.A.A.O. (1984).
[19]IGME. “Mapa geológico de España” a escala 1:50.000, hoja 1009, Granada. (1988).
J.C.P.D.S.(Joins Committe on Powder Diffraction Standards). “Powder diffraction file, search manual and alphabetical index”. International Center of Diffraction Data. (1978_79) pp. 1146 y 973.
[20]LUIS MALDONADO ET AL. “Arquitectura y Construcción con tierra. Tradición e innovación”. Ed. Mairea.
[21]MARIANO OLCESE SEGARRA. “Arquitecturas de Tierra: Tapial y Adobe”. Ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid. Valladolid (1993).
[22]MARTIN VIVALDI, J.L. y RODRÍGUEZ GALLEG, M. “Some problems in the identificaton of clays minerals in mixtures by X_Ray diffraction photographs”. Part I. Chlorite_Kaolinite mixtures. Part II. Chlorite, swelling chlorite and montmorillonite. Clay Miner. Bull. 4. (1961) pp. 288_292.
[23]MENDOÇA DE OLIVEIRA, M. el al. “The study of accelerated carbonation of lime_stabilized soils. Adobe 90” Preprints: proceedings of the 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture. Ed. Getty Conservation Institute, CA. (1990).
[24]MONTORO GARCÍA, M.R. y LÓPEZ OSORIO, J.M. “La tierra. Material de construcción”. Trabajo Monográfico Fin de Carrera. E.U.A.T. Universidad de Granada (1990).
[25]MOPU. “Pliego General de Carreteras (PG_3)”. Ed. MOPU. Madrid, (1975).
[26]OLCESE SEGARRA, M.” Arquitecturas de tierra : tapial y adobe”. COAV 1993.
[27]ONTIVEROS ORTEGA, E. VALVERDE ESPINOSA, I. y SEBASTIÁN PARDO E. “Técnicas de análisis aplicadas al estudio de los tapiales en las murallas de Granada”. Libro de comunicaciones del III Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación. Granada (1996). pp. 270_273.
[28]ONTIVEROS ORTEGA, E. “Estudio de los materiales empleados en la construcción de los tapiales de las murallas de Granada”. Tesis Doctoral. Universidad de Granada (1995).
[29]RODRÍGUEZ, R., INDIRA, R. “Taller escuela sobre técnicas de construcción con tierra”.
[30]VALVERDE ESPINOSA. I. “Caracterización de áridos en la Depresión de Granada”. Tesis Doctoral. Universidad de Granada (1992) pp.225_291.
[31]VAN DER MARES, M. “Cuantitativa Anagyris of clay minerals and Their admixtures”. Contrib. Mineral. Petrol. **12**. (1966) pp. 96_138.

EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTOS CONSOLIDANTES Y PROTECTORES PARA LA CALIZA ARRECIFAL DEL CERRO DE LAS MESAS: "TEATRO ROMANO DE ACINIPO"

J.Espinosa[(1)], R.Villegas[(2)]

[(1)]Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Junta de Andalucia.
Avda. de los descubrimientos S/N 41092 Sevilla
[(2)]Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental. Escuela Técnica Superior de Ingenieros.
Universidad de Sevilla, Camino de los Descubrimientos s/n. 41092 Sevilla, España

jesus.espinosa@juntadeandalucia.es[(1)] rvillegas@esi.us.es[(2)]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE.

Resumen: En este trabajo se recogen los estudios realizados para valorar la efectividad de varios tratamientos sobre la caliza del Cerro de las Mesas. Se han seleccionado seis productos (2 consolidantes, 2 protectores y 2 mixtos), y se han aplicado sobre probetas de ensayo. Para su valoración se han tenido en cuenta tres aspectos fundamentales: la compatibilidad con el sustrato (estudiando el color y modificación de la porosidad), la eficacia de los tratamientos (estudiando propiedades hídricas de absorción de agua y la compacidad, a través de la modificación de velocidad de ultrasonidos), y por último, la resistencia a los agentes de alteración, mediante el ensayo de cristalización de sales.

Palabras Clave: caliza arrecifal, tratamientos consolidantes, hidrófugos, compatibilidad, eficacia tratamientos, resistencia a la alteración

INTRODUCCIÓN

El yacimiento arqueológico de Acinipo, a unos 12 km al noroeste de Ronda, se ubica en una gran mesa geográfica de origen terciario, con una altitud media de 999 m sobre el nivel del mar. Su prominencia en la Depresión de Ronda (Málaga) le confiere un claro valor estratégico, que junto a otros factores económicos, propiciaron el enclave y prosperidad de la ciudad romana de Acinipo, hasta el siglo III d.C cuando comienza su decadencia [1].

El edificio mejor conservado y símbolo de la ciudad es su Teatro, que se asienta en el extremo oeste de Acinipo, la zona más alta del cerro de las Mesas, el cual presenta una apreciable inclinación estructural y fuerte basculamiento en sentido W-E. La cávea del teatro fue excavada en la propia ladera del macizo rocoso, y su vaciado suministró toda la piedra necesaria para la elevación del frente de escena que contiene dos pisos.



***Foto 1**. Teatro Acinipo, parte trasera.*



***Foto 2.** Imagen de la cávea del teatro*

Geológicamente el cerro corresponde a un tramo de materiales calizos alternados con bancos más arenosos, datados como del Mioceno Superior, concretamente del Messiniense Superior [2]. La formación de las Mesas, de unos 30 m de potencia, corresponde a facies de depósito marino poco profundo (<100 m), constituida por calizas de estructura arrecifal, *Biolitito* [3], compuestas fundamentalmente por algas rojas coralinas, que reposan sobre las margas y limos arenosos de la formación de la Mina. Además de algas, se han encontrado, restos de lamelibranquios litófagos, braquiópodos y escasos foraminíferos. Este depósito se vería posteriormente sometido a procesos de compactación y de relleno con material micrítico por la destrucción parcial de los organismos. El cemento secundario es escaso.

La porosidad de la roca es aproximadamente del 20%, distribución heterogénea, abundantes macroporos, y en gran parte, cerrada o poco comunicada; todo ello condicionado por la estructura originaria del sedimento y los organismos constituyentes. Esta distribución de la porosidad favorece la existencia de alteraciones diferenciales, observándose en el teatro sectores de la roca con aspecto masivo y en buen estado de conservación, frente a otras zonas en las que se han formado grandes oquedades. Por otro lado, también aparecen otras heterogeneidades como la presencia de cementaciones irregulares o zonas concretas enriquecidas en material fino arcilloso y yeso, ambos intrínsecos a la roca.

MATERIAL Y MÉTODO

Para llevar a cabo la selección de los tratamientos más adecuados se ha aplicado la metodología desarrollada en el IAPH [4], que se centra en valorar los siguientes aspectos:

- Compatibilidad de los Tratamientos con la piedra.
- Eficacia de los Tratamientos.
- Resistencia a los Agentes de Alteración

Estos parámetros se han cuantificado mediante la realización de una serie de ensayos sobre probetas cúbicas de 5 cm, obtenidas a partir de sillares descontextualizados en el yacimiento, a las que se le han aplicado los siguientes tratamientos: 2 consolidantes a base de silicato de etilo (C1, C2), 2 hidrofugantes organosilícicos (H1, H2), y 2 productos acrilsilicónicos de comportamiento mixto (M1, M2). Estos han sido aplicados por inmersión en las soluciones durante 10 minutos en las concentraciones recomendadas, y fue controlado su tiempo de secado mediante pesadas a intervalos regulares de tiempo.

Por **compatibilidad** se entiende la ausencia de efectos secundarios negativos debidos a la aplicación de los tratamientos. La valoración se centra en determinar si los cambios que tienen lugar en las propiedades de la piedra podrían causar futuras alteraciones o cambios estéticos importantes. Las propiedades que se han estudiado son el *color y la porosidad total*.

El *color* se ha determinado con un colorímetro Minolta 210-CR, usando la escala CIE Lab [5]. La *porosidad y la densidad* se han determinado mediante el ensayo de saturación al vacío y pesada hidrostática [6]. Estas propiedades se han determinado en todas las probetas antes y después de aplicarles los tratamientos para valorar su modificación.

Por **eficacia** se entiende el grado de mejora que se obtiene con cada tratamiento considerando el fin que se persigue. De los consolidantes se espera básicamente un aumento de la cohesión y de las propiedades mecánicas, mientras que de los hidrófugos que protejan del principal factor de alteración, el agua, y de los productos mixtos ambas cosas.

Para medir la eficacia de los tratamientos hidrófugos y mixtos se han realizado *ensayos de absorción de agua, por inmersión y por capilaridad* [6], que también se han determinado en productos consolidantes. La eficacia de los consolidantes y productos mixtos se realiza midiendo la mejora de sus propiedades mecánicas o relacionadas con el grado de compacidad que le confieren. En este caso se ha realizado una estimación indirecta a través de la medida de la *velocidad de propagación de ultrasonidos* [7] de las probetas antes y después de aplicarles los tratamientos. Para ello se ha empleado un equipo Ultrasonic Tester BP5 de Neurtek. Adicionalmente estas medidas también se han realizado sobre productos hidrófugos.

La **resistencia a los agentes de alteración** tiene por objeto valorar la durabilidad que ofrece el sistema piedra-tratamiento frente a los agentes de alteración, llevándolo a cabo a través de ensayos de envejecimiento acelerado. Se ha realizado el *ensayo de cristalización de sales* [8], muy representativo en la evaluación de la resistencia a la alteración, y además extrapolable, en cierto modo, al ensayo de gelifracción, ya que reproducen mecanismos de alteración muy similares (esfuerzos de tracción en los poros). Se han completado un total de 30 ciclos, utilizando una solución de sulfato sódico al 10%, que cristaliza con 10 moléculas de agua. Cada ciclo consta de 24h de inmersión en la solución salina, 22 h en estufa a 65ºC, 2 horas de enfriamiento, y pesada.

RESULTADOS

Compatibilidad con el sustrato.

1. Porosidad

El valor medio de la porosidad de la piedra antes de ser tratada, calculado sobre 65 probetas, es de 19,60%, con una desviación típica de 2,20, y una densidad aparente de 2,15 gr/cm^3.

En la figura 1 se representa la porosidad frente a la densidad de probetas con consolidantes, productos mixtos, y las probetas sin tratar. Se observa como los tratamientos aumentan la densidad y disminuyen la porosidad, indicativo de la cantidad de producto que queda en la capa más superficial tratada. Se ha determinado el grado de reducción de la porosidad (%) tras la aplicación de los productos, realizándose una estimación media por tratamiento (figura 2). Las disminuciones no son muy elevadas lo cual sería negativo ya que podrían taponar en exceso los poros, disminuyendo la capacidad de transferencia de la humedad de la piedra.

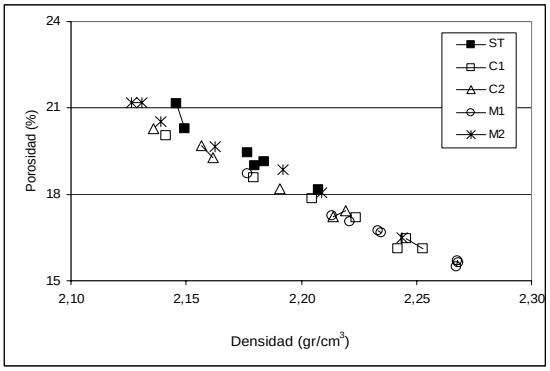


***Figura 1**. Porosidad vs Densidad (Consolidantes)*

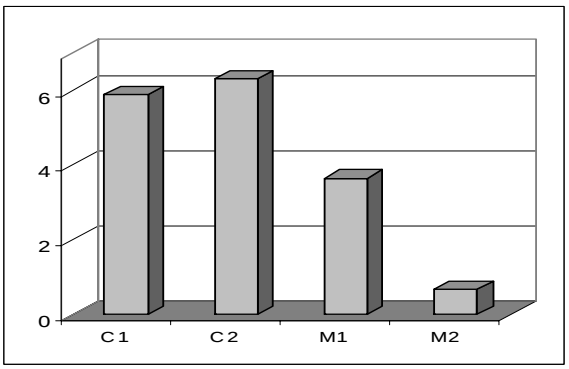


***Figura 2.** Disminución Porosidad consolidantes (%)*

2. Color

Los resultados obtenidos en la determinación del color (parámetros L, a y b) aparecen en las figuras 3 y 4. La figura 3 recoge los valores de "L" que representa el índice de luminosidad que varía desde 0 (más oscuro) a 100 (más claro). En el gráfico aparecen los valores medios y la desviación típica de los valores "L", determinados en las probetas antes y después de tratar.

Se observa que los consolidantes (C1, C2) modifican ligeramente este parámetro, sin embargo la diferencia entre ellos no es sustancial. De los hidrófugos, H2 destaca por su mejor comportamiento, siendo el producto que menor modificación presenta.

En la figura 4 aparecen los valores medios de "a" y "b" para cada grupo de probetas antes y después de ser tratadas. Estos valores identifican el tono; "a" varia de -120 (verde) a 120 (rojo), y "b" varia de -120 (azul) a 120 (amarillo). En los productos consolidantes existe una pequeña modificación hacia tonos rojos-amarillos, si bien se comporta mejor C2. De los productos hidrófugos destaca H2, ya que H1 sufre una variación considerable. De los mixtos, M1 sufre una importante modificación respecto a M2.

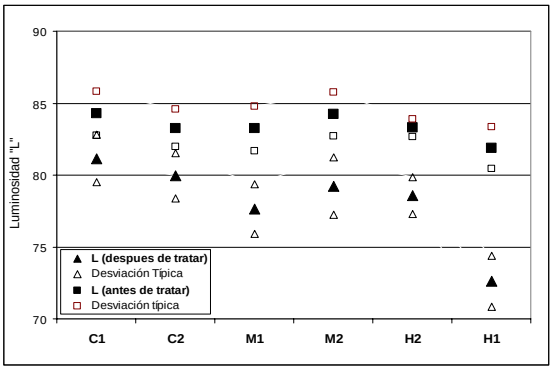


***Figura 3**. Luminosidad antes y tras el tratamiento*

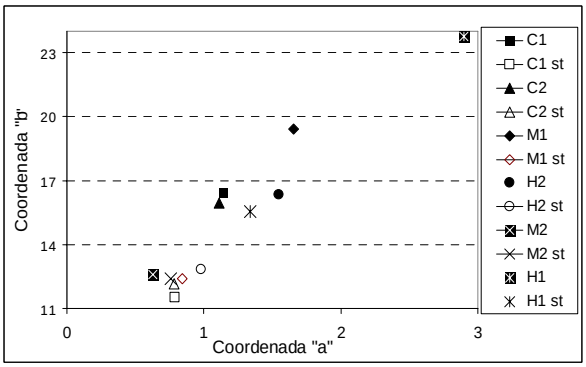


***Figura 4.** Modificación del Tono. "a" y "b"*

Eficacia de los tratamientos.

1. Absorción de agua.

En la figura 5 se representan las curvas de absorción de agua por inmersión, representando el incremento de peso (%) frente a la raíz cuadrada del tiempo. Los productos hidrófugos presentan buen comportamiento, reduciendo significativamente la absorción en todo el ensayo. La capacidad de absorción es menor con H1, aunque menos del 1% de diferencia con H2.

Los productos mixtos, a pesar de ser hidrófugos, no reducen la absorción de agua en absoluto, especialmente M2, con comportamiento similar al de la piedra sin tratar. El M1 tiene buen comportamiento sólo al comienzo del ensayo. C1 y C2 se comportan de forma similar a la piedra sin tratar ya que no impiden la entrada de agua, aunque producen una ligera disminución en la capacidad de absorción.

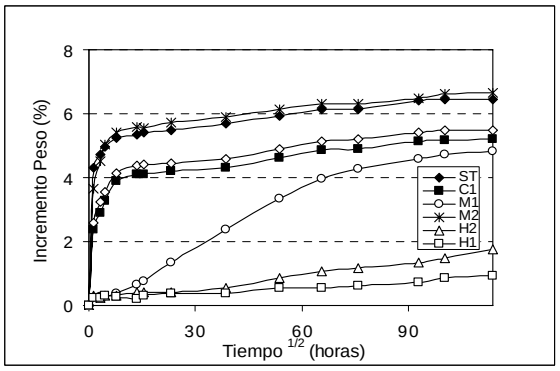


***Figura 5.** Curvas de absorción por inmersión*

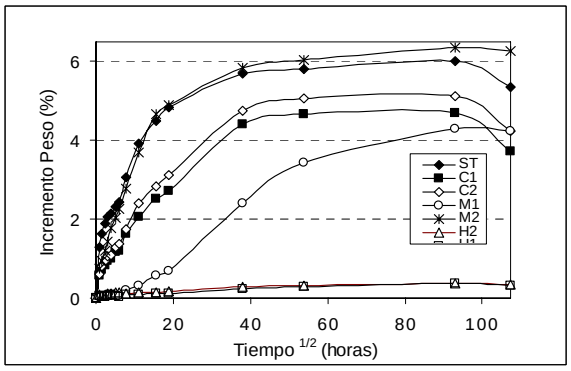


***Figura 6.** Curvas de absorción capilaridad*

En la figura 6 aparecen las curvas de absorción capilar en la que todos los tratamientos producen una disminución, salvo M2 que se comporta igual que la piedra sin tratar. El M1 es similar al ensayo anterior, transcurrido un tiempo pierde el efecto hidrorrepelente. Los hidrófugos (H1, H2) muestran muy buenos resultados, con un incremento de peso menor al 0,5%. Los consolidantes (C1,C2) muestran el mismo comportamiento que la piedra sin tratar, aunque disminuye en algo su capacidad de absorción, con una leve diferencia entre ambos.

2. Velocidad de Ultrasonidos

Se han realizado medidas de ultrasonidos de todas las probetas antes y después del aplicar el tratamiento mediante "método directo", situando los palpadores en caras paralelas. Se han realizado medidas en las tres direcciones perpendiculares para valorar la influencia de posibles anisotropías. En la figura 7 aparece la media de los valores de Vp antes y después de tratar, y en la figura 8 aparece la media del incremento de velocidad (%) para cada tratamiento

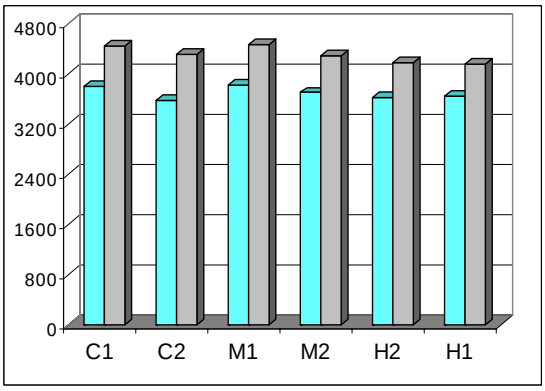


***Figura 7**. Incremento Medio Vp (m/sg)*

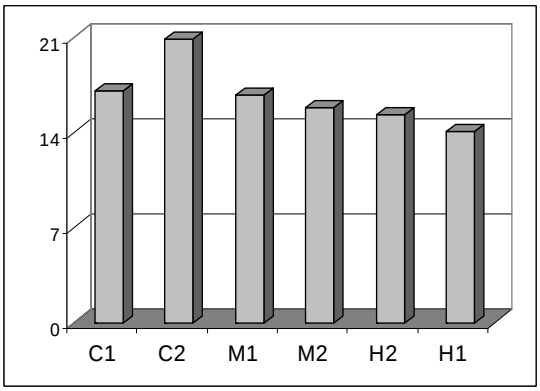


***Figura 8.** Incremento (%) de Vp por tratamiento*

Todos los tratamientos, incluso los hidrófugos, aumentan la velocidad de ultrasonidos, indicativo de la cantidad de producto que rellena parcialmente los poros aumentando su compacidad. De los productos consolidantes, que son los que confieren mayor compacidad, destaca C2 sobre C1. De los productos mixtos destaca M1, y de los hidrófugos H2.

Resistencia a los Agentes de Alteración (Cristalización de Sales)

En la figura 10 se representa la variación media de peso (%) por grupos de probetas a lo largo del ensayo. En todos los casos se produce un incremento del peso correspondiente a las sales que cristalizan en el interior, manteniéndose a lo largo de todo el ensayo. Tan sólo la piedra sin tratar comienza a perder algo de material tras un número elevado de ciclos.

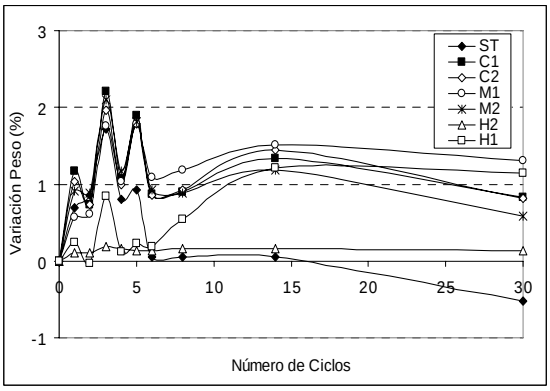


***Figura 9**. Evolución peso. Cristalización de sales*



***Foto 3.** Probetas sin tratar. 14 ciclos*

Todos los productos estudiados manifiestan buen comportamiento, puesto que la piedra no se altera en ningún caso, salvo M2 que presenta pérdidas leves de material, menores que la piedra sin tratar. Los consolidantes (C1, C2) tienen exactamente el mismo comportamiento a lo largo del ensayo, manteniéndose las probetas casi intactas al final del mismo. De los hidrófugos, aunque han funcionado muy bien, destaca el comportamiento de H2, ya que evita de forma eficaz la penetración de la solución salina al interior de la piedra a lo largo de todo el ensayo, mientras H1 a partir del octavo ciclo comienza a perder su efecto hidrófugo.

El buen comportamiento de la piedra frente al ensayo de cristalización de sales puede deberse al gran tamaño de los poros, que hace posible que las sales cristalicen sin producir tensiones que lleguen a fragmentar el material. Además, como la porosidad es poco comunicada la solución salina solo llegará a las zonas de más fácil acceso, hecho que también favorece la existencia de alteraciones diferenciales. En las probetas sin tratar (figura 10), las únicas con síntomas de alteración, aparecen pequeños desprendimientos de piedra aislados, junto a otras zonas que quedan intactas, reflejo de la heterogénea distribución de la porosidad, y por tanto, de la acción de la cristalización de sales.

CONCLUSIONES

En la tabla 1 aparece un resumen de la efectividad global de cada uno de los tratamientos estudiados, comparándolos con la piedra sin tratar

Tabla 1. *Resumen de la Efectividad de Productos Consolidantes y Protectores*

	Porosidad	Color	Inmersión	Capilaridad	Ultrasonidos	Crist. Sales
C1	+	+	++	++	+	++
C2	+	++	++	++	++	++
M1	++	+	-	-	++	++
M2	++	+	--	--	+	+
H2		+	++	++	++	++
H1		-	++	++	+	+

++ Muy bueno + Bueno - Negativo - - Muy Negativo

Se observa que los productos mixtos (M1, M2) presentan mal comportamiento en los ensayos de propiedades hídricas, y en el resto de ensayos tampoco ofrecen el mejor resultado. De los hidrófugos destaca el comportamiento del H2 en casi todos los ensayos respecto al H1, especialmente el ensayo de alteración y en el de color. Por último, los dos consolidantes tienen buen comportamiento en todos los ensayos, por lo que cualquiera de ellos sería aceptable, sin embargo C2 destaca en velocidad de ultrasonidos respecto a C1. Además en el caso de que se pretenda aplicar un consolidante y un protector en una misma zona sería más compatible la utilización de C2 y H2 puesto que ambos son del mismo fabricante.

REFERENCIAS

[1] M. del Amo de las Heras, "El teatro romano de Acinipo", *Teatros en la Hispania romana*, Badajoz, 1982, págs. 215-232. 1982

[2] Serrano Lozano, Fco, "Los Foraminíferos de la Cuenca de Ronda y otras áreas de las C. Béticas" Tesis Doctoral, 1979

[3] Folk, R. L. "Practical petrographic classification of limestone". Am Assoc. Petroleum Geologists Bull., 43, 1-38 (1959)

[4] Villegas, R. "Metodología para la evaluación y estudio previo de tratamientos". Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de los Edificios Históricos. Consejería de Cultura. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. 2003. pp. 194-207.

[5] Arroyo, F.; Alcalde, M.; Villegas, R; Robador, M. D. "Utilización de plantillas para adaptar la superficie de proyección de un colorímetro al tamaño de muestra". Materiales de Construcción. Aceptado

[6] Ontiveros, E.; Villegas, R. "Programa de normalización de estudios previos y control de calidad en las intervenciones: Propiedades Hídricas. 1ª Parte". PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 22, 45-49, 1998

[7] Sebastian, M, de la Torre, M.J, Cazalla, O., Cultrone, Rodriguez-Navarro, C. "Evaluation of treatments on biocalcarenites with ultrasound" The e-Journal of Nondestructive Testing & Ultrasonics. Vol 4, num 11- 1999

[8] Villegas, R. "Programa de normalización de estudios previos y control de calidad en las intervenciones: Ensayos de alteración de materiales pétreos". PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 31, 78-88, 2000

CATÁLOGO DE MATERIALES PÉTREOS EMPLEADOS EN EL PATRIMONIO INMUEBLE ANDALUZ. COLECCIÓN CUADERNOS TÉCNICOS DEL IAPH

R. Villegas [(1)], J. Espinosa [(2)] E. Sebastián [(3)]

(1) Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental. Escuela Técnica Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla, Camino de los Descubrimientos s/n. 41092 Sevilla, España

(2) Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Camino de los Descubrimientos s/n. 41071 Sevilla, España

(3) Dpto. de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Avda. Fuentenueva s/n, 18002 Granada, España

rvillegas@esi.us.es [(1)] jesus.espinosa@juntadeandalucia.es [(2)] rolando@ugr.es [(3)]

ÁREA TEMÁTICA: GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

Resumen

Cuando se acomete una intervención de conservación-restauración es imprescindible conocer los materiales sobre los que se va a actuar, sus propiedades, las alteraciones que presenta y su posible respuesta a los tratamientos que se vayan a realizar. La piedra de una determinada cantera o formación geológica mantiene similares características (dentro de ciertos límites) en todos los edificios donde se haya utilizado; estas características contribuyen a explicar, en gran medida, su comportamiento y el estado de conservación y los indicadores de alteración que presenta. El grado y tipo de alteraciones que presenta un edificio depende, por una parte, de las características de los materiales utilizados en su construcción, los denominados factores de alteración intrínsecos, además de los agentes ambientales externos y los de uso, los factores extrínsecos. Por ello, es posible utilizar los datos obtenidos en un edificio o en la propia cantera como información de partida para aquellos otros en los que se encuentren los mismos materiales.

Después de casi 30 años desde que empezaron las primeros estudios en este campo en Andalucía, en una buena parte de los edificios y monumentos de nuestra región se han caracterizado los materiales empleados e identificado las canteras de procedencia. Sin embargo, los resultados de estos estudios realizados por grupos andaluces se difunden en ámbitos científicos relativamente restringidos y muchas veces no llegan a los que deberían ser sus usuarios principales, los arquitectos y restauradores encargados de llevar a cabo intervenciones en edificios monumentales. Por esta causa, en algunas ocasiones se duplican los estudios analíticos de los materiales, por desconocimiento de la información existente, y otras veces no se llegan a realizar los ensayos necesarios, especialmente en el caso de edificios pequeños con presupuestos más limitados.

Para intentar paliar, al menos en parte, esta situación, se está preparando la publicación del libro que aquí se comenta, en el que se recogería una información sistematizada en forma de fichas sobre aquellos materiales pétreos más empleados en el Patrimonio Inmueble de nuestra comunidad, procedentes de canteras andaluzas.

Palabras claves

Catálogo, mineralogía, propiedades químicas, físicas, piedras, patrimonio inmueble, Andalucía

1. Introducción

Los diferentes tipos de piedra que se incluyen en el catálogo han sido estudiados por los diferentes grupos de investigación andaluces que trabajan en este campo, tanto incluidos en Tesis Doctorales como en proyectos de investigación o en estudios técnicos. Los grupos participantes pertenecen a las siguientes instituciones:

- Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada
- Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla
- Departamento de Análisis del IAPH
- Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla
- Departamento de Química Inorgánica e Ingeniería Química de la Universidad de Córdoba

Teniendo en cuenta que las características de las diferentes piedras están recogidas en trabajos de distinta naturaleza (tesis doctorales, informes técnicos, artículos, ponencias en congresos) ha sido necesario llevar a cabo una etapa previa de recogida y revisión de los estudios existentes. Posteriormente se ha realizado una fase de trabajo experimental para determinar los datos incompletos de cada piedra. Esto ha permitido homogeneizar y completar la información que se recoge en la ficha de cada piedra.

Además, con el objetivo de permitir que el profesional interesado pueda ampliar información, se ha incluido una relación exhaustiva de la bibliografía que incluye estudios sobre cada uno de los materiales pétreos, tanto referencias publicadas como informes técnicos no publicados, pero que podrían ser consultados en caso de interés.

Las piedras incluidas se recogen en la Tabla 1, agrupadas por provincias.

Almería	Calcarenita de la cantera de San José y Mármol de Macael
Cádiz	Calcarenitas de Puerto de Santa María (Cerro de San Cristóbal), Espera y Martelilla (Jerez), Arenisca de Tarifa
Córdoba	Calcarenitas de la Mezquita
Granada	Calcarenita de Santa Pudia, Calizas de Sierra Elvira, Calcarenita de Bácor (Guadix)
Huelva	Calcarenita de Niebla
Jaén	Calcarenita de Úbeda y Baeza (Viva/franca), calizas y dolomías de Jaén
Málaga	Caliza del Torcal de Antequera, Mármol de Mijas, Arenisca de Almayate, Calcarenita de Málaga, Caliza de Casares, caliza de Acinipo, calcarenitas de los Dólmenes de Antequera
Sevilla	Caliza de Estepa, caliza de Morón, calcarenita de Utrera, Arenisca de Constantina, calcarenita del Álcor (Carmona)

Tabla 1. *Tipos de piedras incluidas en el catálogo*

2. Características mineralógico-petrográficas

La descripción de las características mineralógio-petrográficas sigue la sistemática publicada en el Programa de Normalización de Estudios Previos [1]. A título de ejemplo se incluye la ficha correspondiente a la piedra utilizada en la ciudad romana de Acinipo (Ronda). Más información sobre este material se incluye en otra ponencia presentada en este congreso [2]. En la figura 1 aparece una fotografía al microscopia de este material.

ASPECTOS GENERALES	
NOMBRE TRADICIONAL O COMERCIAL	PIEDRA DE ACINIPO
NOMBRE Y SITUACIÓN DE LA CANTERA	Cerro de las Mesas (Cuenca de Ronda)
ORIGEN GEOLÓGICO DE LA ROCA	Sedimentaria. Roca Arrecifal. Depósito marino poco profundo.
EDAD GEOLÓGICA	Mioceno Superior, concretamente del Messiniense Superior.
EJEMPLOS EMPLEO EN PATRIMONIO	Teatro Romano de Acinipo, restos arqueológicos de la ciudad romana…
MORFOLOGÍAS DE ALTERACIÓN	Alveolización, Cavernización, condicionada por la configuración de la estructura de los fósiles que constituyen la piedra.
INFORMACIÓN ADICIONAL	La cantera es el mismo cerro en el que se asienta el Teatro Romano, la Cávea y los restos arqueológicos
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
COLOR	Beige claro
ESTRUCTURA DE LA ROCA	Estructura arrecifal. Esqueletos calcáreos de organismos creciendo interconectados, originariamente estructura muy porosa, posteriormente se rellenó de material micrítico de la destrucción parcial de los organismos, y cemento calcáreo de origen diverso.
TAMAÑO MEDIO DE GRANO.	Muy grueso Inequigranular
GRIETAS MACROSCÓPICAS	No observadas de forma natural
EVIDENCIAS DE METEORIZACIÓN	Formas relacionadas con un karst. Fenómenos de exokarst, grandes oquedades por disolución y evidencias de “microkarst”
PRESENCIA DE MACROFÓSILES	Presenta lamelibranquios y otros
PRESENCIA XENOLITOS-INTRUSIONES	No
OBSERVACIONES	
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	
TEXTURA	**Organógena**
CONSTITUYENTES	Calcita (95-100%), Cuarzo (0-5%). Resultados obtenidos mediante DRX y MOP
1. Minerales/Granos	
Aloquímicos	**95-100%** del total de los componentes. *Bioclastos*: casi en su totalidad algas rojas coralinas, también briozoos, y en menor proporción lamelibranquios litófagos, braquiópodos, y algunos microfósiles (foraminíferos).
Terrígenos	**<5%** del total de los componentes *Cuarzo* detrítico

Aspectos Texturales	*A. Granulometría* Bioclastos tamaño arena gruesa gruesa-grava fina. Terrígenos de tamaño arena media (0,25-0,50 mm). *B. Morfologías* Bioclastos formas alargadas, elongadas… Terrígenos (Cuarzo): redondeados y esféricos. *C. Empaquetamiento.* Flotantes los terrígenos; completo y tangentes los aloquímicos
2. Matriz/Cemento	
Ortoquímicos	Fracción fina carbonatada escasa, de distribución heterogénea, generalmente corresponde a micritra originada por reemplazamientos intragranulares o cemento esparítico secundario por recristalización, y de crecimiento radioaxial, en los poros originarios de la estructura.
DISCONTINUIDADES	**Poros** *Porosidad intermedia-alta<20%* (Saturación a Vacío, Microscopia) *Tipos morfológicos de poros*: Los poros, en su mayoría, son de tipo intragranular y móldicos, heredados de la estructura original de los organismos constituyentes de la roca que da lugar a porosidad cerrada, poco comunicada, que favorece las formas de alteración diferenciales, quedando menos afectadas las zonas menos porosas, o a las que el acceso del agua es más dificultosa. En menor proporción también aparecen poros intergranulares.
	Microfisuras: no observadas.
CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA	
FOLK	Roca arrecifal o **Biolitito**
DUNHAM	**Boundstone**

Tabla 2. *Descripción mineralógico-petrográfica de la caliza de Acinipo*

3. Composición química

La composición química se ha determinado en numerosas piedras por vía húmeda, siguiendo la recomendación publicada dentro del Programa de Normalización de Estudios Previos (3). En otros casos se han analizado por fluorescencia de rayos X o se ha obtenido la composición química semicuantitativa a partir de los datos de difracción de rayos X. Como ejemplo se incluye la información de la calcarenita de Almería, analizada por vía húmeda. Esta piedra, utilizada en edificios de la provincia, como la Catedral, se ha estudiado en profundidad en las tesis doctorales de Villegas [4], de Alcalde [5], así como en diferentes publicaciones [6, 7].

COMPOSICIÓN QUÍMICA MEDIA (%)							
SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	P.C.
6-9	28-30	16-19	0,8	0,4	0,8	0,3	42,5

Tabla 3. *Composición química de la calcarenita de Almería*

4. Características físico-mecánicas

Las propiedades físicas, hídricas y mecánicas se han determinado siguiendo las recomendaciones del Programa de Normalización de Estudios Previos [8,9,10,11] o diversas normas elaboradas por organismos internacionales. En la Tabla 4 se incluyen las características de la calcarenita del Cerro de San Cristóbal (Puerto de Santa María, Cádiz). Este material se ha empleado en un gran número de edificios de las provincias de Cádiz y Sevilla, como la Catedral de Sevilla o el Hospital de las Cinco Llagas, sede del Parlamento Andaluz. Esta piedra se ha caracterizado en numerosas publicaciones de los participantes en el catálogo, algunas de ellas se relacionan en la bibliografía [12, 13]. En la figura 2 aparece una imagen al SEM de la misma.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS			
ANÁLISIS DEL SISTEMA POROSO			
DENSIDAD (g/cm^3)	POROSIDAD Hg (%)	POROSIDAD H_20 (%)	ÁREA ESPECÍFICA (m^2/g)
1,46 – 1,72	29 (22% macroporos, 7% microporos)	32 - 39	
VELOCIDAD DE ULTRASONIDOS (Intervalo de variación y valor medio) m/s: 2500 ± 200			
RESISTENCIA MECÁNICA (Intervalo de variación y valor medio)			
Resistencia a la compresión kg/cm^2	Resistencia a la carga puntual (Point load) kg/cm^2	Dureza superficial (resistencia a la penetración, ensayo Brinnell)	
<200	4	< 0	
PROPIEDADES HÍDRICAS			
Velocidad de absorción (g/cm^3h)	Velocidad de desorción (mg/cm^2h)	Contenido crítico de agua (mg/cm^3)	Coeficiente de succión capilar ($mg/cm^2s^{1/2}$)
0,28	10	0	58,5

Tabla 4. *Propiedades físicas, hídricas y mecánicas de la calcarenita del Cerro de San Cristóbal (Puerto de Santa María)*



Figura 1. Microfotografía de la caliza de Acinipo

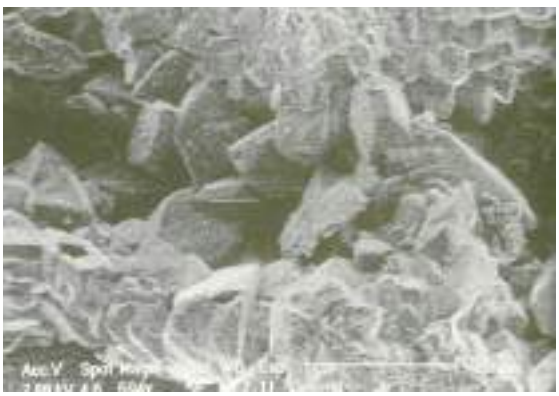


Figura 2. Fotografía al SEM de la calcarenita del Cerro de San Cristóbal

5. Referencias

[1] Espinosa Gaitán, J. "Propuesta para la Normalización de la Descripción Petrográfica de los Materiales Pétreos Ornamentales". Boletín PH, Nº 18, 77-81, 1997.

[2] Villegas Sánchez, R.; Espinosa Gaitán, J., "Efectividad de tratamientos consolidantes y protectores para la caliza arrecifal del Cerro de las Mesas: Teatro romano de Acinipo". IX Congreso Internacional (Cicop) de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación. Sevilla 2008.

[3] Bello,.A.; Martín, A. "Análisis de la composición química principal de materiales pétreos empleados en obras monumentales". PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 20, 46-51. 1997.

[4] Villegas Sánchez, R. "Estudio de la alterabilidad y respuesta a tratamientos de conservación de los principales tipos de piedra utilizados en Catedrales andaluzas". Universidad de Sevilla. Tesis Doctorales en Microfichas, nº 13. Sevilla 1990. *ISBN:* 84-7405-489-3.

[5] Alcalde Moreno, M. "Sintomatología de alteraciones de las Catedrales de Sevilla, Cádiz y Almería. Ed. Universidad de Sevilla. 1990. ISBN 84-7405-487-7. 376 pp.

[6] Villegas, R.; Martín, L.; Vale, J.F.; Bello, M.A.; Alcalde, M. "Characterization and conservation of the stone used in the Cathedral of Almería (Spain)". Proc. 8th Int. Cong on Deterioration and conservation of stone. 89-100, ISBN 3-00-000779-2. Berlín, 1996.

[7] Pérez, J.L.; Villegas, R.; Vale, J.F.; Bello, M.A.; Alcalde, M. "Effects of consolidant and water repellent treatments on the porosity and pore size distribution of limestones". Proc. Int. Col. Methods of evaluating products for the conservation of porous building materials in monuments. 203-211. Roma, 1995.

[8] Ontiveros, E.; Villegas, R. "Programa de normalización de estudios previos y control de calidad en las intervenciones: Propiedades Hídricas. 1ª Parte". PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 22, 45-49, 1998.

[9] Ontiveros, E.; Villegas, R. "Programa de normalización de estudios previos y control de calidad en las intervenciones: Propiedades Hídricas. 2ª Parte". PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 23, 40-45, 1998.

[10] Villegas, R.; Ontiveros, E. "Programa de normalización de estudios previos y control de calidad en las intervenciones: Propiedades mecánicas. 1ª Parte". PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 28, 73-78, 1999.

[11] Ontiveros M, E.; Villegas, R. "Programa de normalización de estudios previos y control de calidad en las intervenciones: Propiedades mecánicas. 2ª Parte". PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 32, 121-129, 2000.

[12] Martín, A.; Alcalde, M.; Vale, J.F.;Villegas, R.; Bello, M.A. "The Cathedral of Seville: Deterioration state and preliminary study of conservation". The 6th Meeting of the European Clay Group, 36-40. Sevilla, 1987.

[13] *:* Villegas, R.; Vale, J.; Alcalde, M. "Evaluación de tratamientos de hidrofugación aplicados a piedras calizas de Catedrales Andaluzas". Materiales de Construcción, 41, 223, 19-27, 1991.

IX

SEVILLA
9/10/11 JULIO 2008

AREA 2

CONGRESO INTERNACIONAL DE REHABILITACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO Y EDIFICACIÓN

PATRIMONIO CULTURAL E INNOVACIÓN

DOCUMENTACIÓN DEL PATRIMONIO MEDIANTE LÁSER ESCÁNER TERRESTRE

F. Buill [(1)], A. Núñez [(2)], A. de Mesa [(3)], J. Regot [(4)]

(1, 2) Dpto. de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Esc. Pol. Sup. Edificación de Barcelona.
(3, 4) Dpto. de Expresión Gráfica Arquitectónica I. Esc. Politécnica Superior de Arquitectura de Barcelona.
Universidad Politécnica de Cataluña, 08028 Barcelona, España

felipe.buil@upc.edu [(1)] m.amparo.nunez@upc.edu [(2)]
andres.de.mesa@upc.edu [(3)] joaquim.regot@upc.edu [(4)]

ÁREA TEMÁTICA: Innovación y nuevas tecnologías aplicadas a la documentación e información del patrimonio cultural.

Resumen

En el año 1986 la ciudad de Alepo fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, esta declaración fue el impulso necesario para las actuaciones de rehabilitación del centro histórico y de los monumentos que se encuentran en las inmediaciones. En este contexto y en colaboración con el proyecto REHABIMED (rehabilitación de la arquitectura tradicional mediterránea) y varios grupos de la ciudad de Alepo (Siria) se efectuaron los trabajos de levantamiento de la puerta de Antioquia de la muralla perimetral, efectuado con un sistema láser escáner terrestre de la casa Riegl.

Una de las etapas más importante previa a cualquier intervención de restauración es la determinación del estado actual del objeto de estudio, que permitirá documentar, estudiar y analizar de forma correcta el monumento o edificio.

Hoy la tecnología permite documentar de una manera rápida y exhaustiva la información espacial necesaria para las distintas actuaciones a efectuar en el patrimonio arquitectónico. Dentro de estas tecnologías se encuentran los sistemas de barrido con medidores láser (láser escáner), que además de capturar las coordenadas espaciales de miles de puntos por segundo también registran la intensidad de la señal láser devuelta y pueden almacenar el color de cada punto a partir de una captura fotográfica.

Para la obtención de la información tridimensional se ha empleado técnicas fotogramétricas digitales y de barrido láser. Siendo estos últimos trabajos los que se desarrollan en la presente comunicación.

Palabras claves

Láser escáner, rehabilitación, documentación

Introducción

El proyecto de rehabilitación de la antigua ciudad de Alepo surge como respuesta a los cambios urbanos acaecidos en los años sesenta, motivados por unas directivas de planificación que introdujeron anchas avenidas y edificios de gran altura. En el año 1986 la ciudad de Alepo fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, esta declaración fue el impulso necesario para las actuaciones de rehabilitación del centro histórico y de los monumentos que se encuentran en las inmediaciones. En 1992 comienza la colaboración técnica del gobierno alemán con la República árabe de Siria con el objetivo de reforzar las capacidades de gestión urbana de la municipalidad de Alepo. Siendo la rehabilitación de la Antigua ciudad de Alepo el objetivo último del proyecto. Las medidas de rehabilitación se concentran sobre todo en la infraestructura técnica, la vivienda, las condiciones ambientales y los servicios sociales. En este contexto, y en colaboración con el proyecto REHABIMED (rehabilitación de la arquitectura tradicional mediterránea) y varios grupos de la ciudad de Alepo (Siria), se efectuaron los trabajos de levantamiento de la puerta de Antioquia de la muralla perimetral efectuado con un sistema láser escáner terrestre de la casa Riegl.

En la actualidad se han desarrollado técnicas y métodos de captura masiva de información espacial que permiten en cortos periodos de trabajo en campo documentar el patrimonio cultural y explotar esta información de forma eficiente [1].

La ciudad de Alepo

La ciudad de Alepo (Siria) se encuentra situada en una encrucijada de las rutas de las caravanas, entre el Mediterráneo y la fértil llanura de Mesopotamia, entre los ríos Orontes y Éufrates, a 350km al norte de Damasco.

Es una de las ciudades con población continua documentada más antigua (al menos desde el 1800 AC según fuentes hititas). Fue capital del reino hitita, después fue asiría, persa, griega y en el siglo I perteneció al imperio romano. Más tarde pasó a ser parte del imperio bizantino, de los árabes, de los mongoles, del imperio otomano y por último pasó a la administración colonial francesa antes de pertenecer a la República Árabe de Siria.

La declaración de la ciudad vieja de Alepo como sitio de Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO incluye además del centro histórico, rodeado por una muralla con siete puertas, los barrios antiguos del norte, nordeste y este, y varios monumentos aislados más alejados del centro histórico. Es la puerta que conducía al camino de Antioquia la que fue objeto de los trabajos de levantamiento, en especial la parte exterior, así como el paso al interior del zoco y algunas dependencias internas.

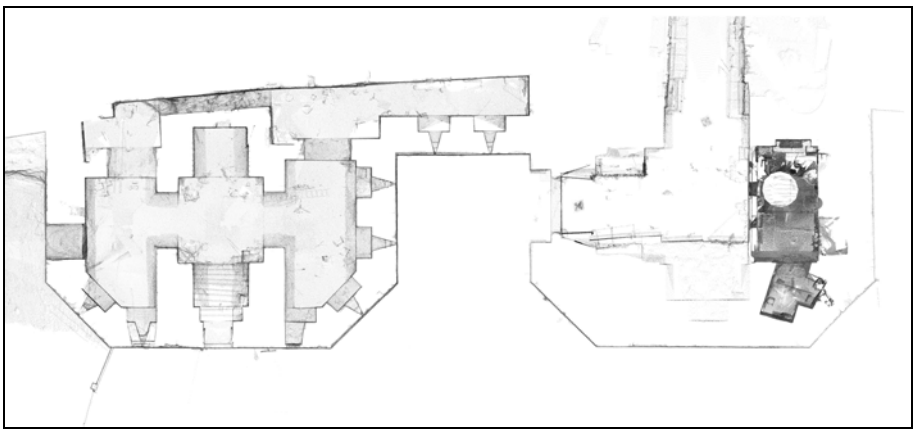


Imagen 1.- *Planta de la puerta de acceso.*

Instrumentación y metodología

Para el levantamiento tridimensional de la puerta se efectuaron trabajos topográficos y fotogramétricos al mismo tiempo, que permitieron completar al máximo el área del levantamiento y aseguraron la toma completa por al menos uno de los métodos [2]. El equipo estaba formado por dos grupos de trabajo de dos personas cada uno. El instrumental para la toma de datos formado por una estación topográfica láser modelo TCR705 de WILD, un láser escáner RIEGL modelo LMS-Z420i de medida por tiempo de vuelo [3] y de una cámara semimétrica ROLLEI modelo 6006, así como diverso material auxiliar y cámaras fotográficas digitales NIKON modelos D200 y D100.

Trabajos topográficos

La primera labor consistió en establecer un marco de referencia de coordenadas para todo el área, utilizando poligonales a distintas alturas (nivel de suelo y azotea en muralla, y calle posterior a cota superior) que permitieron tomar el entorno, así como dar coordenadas a los puntos de control situados sobre las diferentes fachadas, también se tomaron puntos en los diversos paños de la muralla para definir perímetros, detalles singulares y profundidades.

Trabajos fotogramétricos

Se planificó una cobertura fotográfica a escala media 1/150 que se fotografió con la cámara semimétrica Rollei con focal de 80mm para todas las fachadas exteriores excepto la zona central de la muralla que se fotografío con focal 40mm por motivos de distancia de trabajo, con una emulsión fotográfica color Kodak de sensibilidad 100 ISO, también se fotografió toda la fachada a diferentes escalas de detalle con una cámara digital Nikon modelo D200 a máxima resolución, así como los paños interiores y otros detalles. Para el apoyo de estas fotografías fue necesario establecer un marco de referencia formado por diferentes tipos de puntos de control, como detalles bien definidos y claramente identificables en los fotogramas y puntos preseñalizados con dianas situados en zonas a diferentes alturas y distribuidos homogéneamente siguiendo un patrón similar a los puntos de Gruber de un modelo fotogramétrico.



Fotografía 1.- *Toma de datos con láser escáner y estación total.*

Estas fotografías se efectuaron con un doble propósito, el primero para utilizarlas para colorear los puntos y conseguir modelos sintéticos de puntos con color y ortoimágenes en los casos que fuesen necesarios por una mala toma al efectuar el barrido láser, y en segundo lugar para

efectuar alzados de detalle de la muralla mediante rectificaciones fotográficas con los puntos de control topográfico.

Trabajos de captura con el sensor láser

Al mismo tiempo se efectuaron los trabajos de toma de datos espaciales con el láser escáner, tanto de la toma exterior como de las interiores. Para esta labor se había definido la forma de barrido (barrido parcial y completo en toma horizontal, y vertical completo alrededor de los ejes X e Y), la resolución de la malla de puntos a tomar (paso de la cuadrícula) y la definición de las tomas fotográficas a efectuar con la cámara acoplada al escáner para dar color a todos los puntos capturados posteriormente en los trabajos de gabinete. Para el paso de malla se estableció un valor de un punto cada centímetro para distancias medias de 10m, en el caso denso, y de 10cm en el caso general.



Fotografía 2.- *Distribución de dianas de apoyo.*

TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL ESCÁNER

Para completar todo el levantamiento se dividió el trabajo en cuatro proyectos, relacionados con las zonas en que se había dividido el trabajo (lado exterior e interior de muralla, e interiores de las torres izquierda y derecha). La distancia de captura entre el cabezal del escáner Riegl y los modelos estuvo comprendida entre los 2 y los 50m, aunque se obtuvieron datos espaciales del entorno hasta distancias de centenares de metros. En total se tomaron cerca de 60 barridos que suman más de 20 millones de puntos capturados.

Por ello, para poder trabajar con la información, es necesario efectuar un filtrado y limpieza de todos los puntos capturados no pertenecientes al objeto de estudio, que en el exterior y paso al zoco eran fundamentalmente peatones, mobiliario urbano y árboles, y en la parte interior diverso material de construcción y grandes cantidades de telarañas que daban lugar a ruido en la nube de puntos.

Todas las nubes capturadas estaban referidas al sistema de coordenadas propio del láser escáner, con una dirección de la terna de coordenadas arbitraria, de hecho en casi todos los casos cada posición de estacionamiento del láser se utilizó para efectuar tres barridos, uno con eje casi vertical, y otros dos perpendiculares entre sí (en eje X y en eje Y). En el primer caso además se efectuaba un barrido con paso no denso para efectuar una toma general que sirviera para unir las nubes de una forma más rápida [4].

A partir de la identificación de puntos de coordenadas conocidas obtenidas por topografía, ya sean dianas o detalles identificables, se georreferenciaron todas las nubes de puntos. Posteriormente se realizó una unión empleando la coincidencia de superficies mediante un ajuste mínimo cuadrático, mejorando de ese modo la precisión. El resultado fue un modelo completo de la puerta interior y exterior, así como de parte de la muralla anexa.



Imagen 2.- *Vista de la nube de puntos con color de la zona de actuación.*

Resultados

Como resultados finales se han obtenido una planta general a escala 1/200 del exterior, inmediaciones e interior de las murallas, los alzados en forma de ortoimagen de todos paramentos exteriores (un total de 11) a escala 1/100, los mismos alzados con las rectificaciones fotográficas a escala 1/50 en formato digital y vectorial, diversas secciones horizontales a diversas alturas y secciones arquitectónicas por diversos ejes (longitudinal y transversalmente), además de disponer del modelo espacial de puntos, que por comodidad se generalizó a una malla tridimensional de puntos cada 2cm [5].

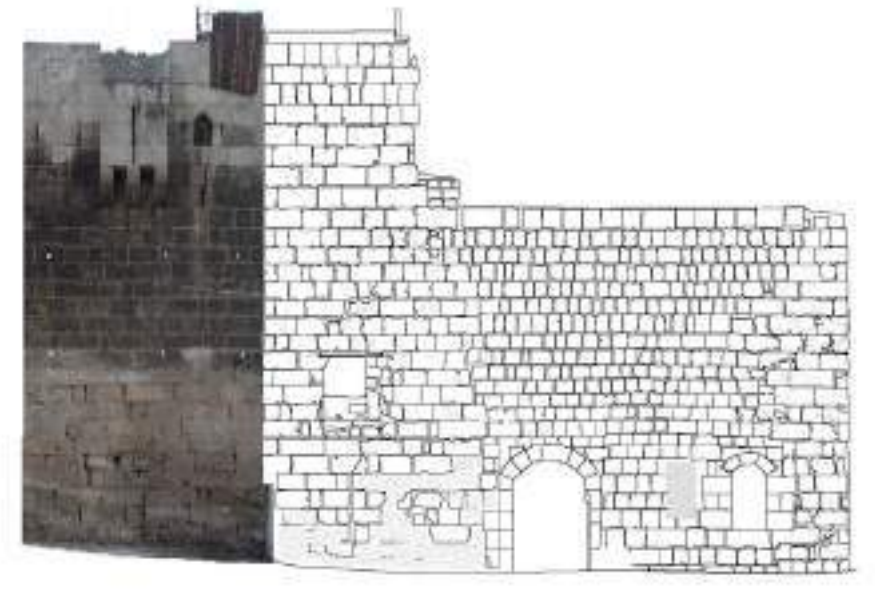


Imagen 3.- *Alzado digital - vectorial.*

Referencias

[1] Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Arnoutoglou, F., Tsioukas, V., & Chamzas, C. Methods for 3D digitization of Cultural Heritage. J. Cult. Herit., 8, 93-98, 2007.
[2] Behan, A., Moss, R. Close-Range Photogrammetric Measurement and 3D Modelling for Irish Medieval Architectural Studies, The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAS, 2006.
[3] Riegl, www.riegl.com. Página comercial de la empresa RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, acceso enero 2008.
[4] Pfeifer, N., Rottensteiner, G.: The Riegl Laser Scanner for the Survey of the Interiors of Schönbrunn Palace. En Proc. 5th Conference on Optical 3-D Measurement Technique, 2001. Viena (Austria).
[5] Pauly, M., Gross, M., and Kobbelt, L., Efficient simplification of point-sampled surfaces. En Proc. de Conference on Visualization ’02, pp. 163–170. IEEE Computer Society, 2002. Boston, Massachussets.

INTERVENTION TECHNIQUES TO IMPROVE SEISMIC RESPONSE OF NEAPOLITAN HISTORICAL STAIRS IN RELATION TO THE NEW NATIONAL SEISMIC REGULATIONS.

Agostino Catalano
Università degli Studi del Molise
Facoltà di Ingegneria
Via Duca degli Abruzzi – 86039 Termoli (CB) – Italia

agostino.catalano@unimol.it

AREA TEMATICA: 3

The historical centre of Naples is considered by UNESCO "heritage of humanity" because of its high historical and architectural value. The city, founded by the Greeks of nearby Cumae, was among the most important of Magna Greece for its ability to host a cultured and refined community that rivalled with the farthest Velia, in Campania, in art philosophy and constructed. Its agora housed buildings of great value that were the pride of the city.
In Roman times, this value was maintained and increased being considered a vacation retreat for the nobility and by the Roman emperors themselves that stayed in the city periodically considering the region a place of wonders and nature, giving the region the nickname "Campania Felix." The Roman city superimposed vertically the Greek as witnessed by the excavations carried out in the area of the agorà, the current "Largo San Gaetano" with the findings of the buildings of both Greek and Roman times, maintain the layout of the roads , Cardi and Decumani, that they overlooked. On this urban plant the city has developed over the centuries that followed, always upright, with the Medieval and Renaissance stratification until the 1700 and 1800 with buildings that have always overlapped the previous centre, making the ancient Naples a unique historical site as it has retained the original installation of ancient Neapolis in a succession of constructive eras.
Around the urban perimeter, yet perfectly identifiable, the city has seen the growth of an extra-moenia chaotic and devoid of any constructive character with spontaneous residences inhabited by a desperate social class, on the margins of society, which saw mainly the band territory close to the coast occupied by dilapidated buildings devoid of any characteristic of hygiene and health and which saw the culmination of its negative effects with the infection of cholera at the end of 1800 so virulent as to cause the Government of the Italian young nation to launch a dramatic intervention of demolition and reconstruction, entrusted to "Company for Rehabilitation of Naples", which in little more than a decade saw the conversion of a wide urban range near the port area with the creation of decent buildings and sewerage systems that completely changed the previous housing situation. Ultimately, the current city plant sees a basically eighteenth century nucleus surrounded by a widening of the 1800-1900 and an speculative enlargement of post-war years developed along the Posillipo hill.
Of this constructive development the most pregnant sign is eighteenth century with both public and private architectures that achieve exceptional level that make this the golden age of the city. Beautiful buildings adorn the city and its surroundings. In particular, outside the urban perimeter of Naples the 112 vesuvian villas built around the palace of Portici, then small village of fishermen and peasants at the foot of Vesuvius, which with their facing on the road that started from the east periphery of Naples the so-called "Golden Mile" because of the magnificence of noble buildings. The constructive connotations are notable from the wooden floors to the vaulted surfaces, the second varied depending on the types to be covered, until the realization of monumental stairs that are the true strength of the techniques of construction of seven hundred in Naples. In fact, the stairs are now the most more challenging constructive element for the designer for both the composition and the structure technology. Indeed, often the stair is the true compositional element replacing even the composition of the facade. Indeed, as mentioned about the development of the city, the streets of Naples have always remained

dimensionally those of the greek original preserving the classic old ippodamean layout with roads that cross perpendicularly creating separate insulae in the unicum.
Such conditions have led to increasingly high buildings, in the various eras, arriving to considerable heights thanks to the ability of Neapolitan manufacturers that have exploited the local stone, tuff, originally lava, with outstanding resistance and static properties creating buildings more than seven storeys tall, with storey heights from 5.00 to 6.00 meters and with total height of about 40.00 meters greatly affecting cultured visitors on the European grand tour who saw the city of Naples as the New York skyscrapers of the eighteenth century.
The problem was that such tall buildings overlooking the streets dimensioned for the low buildings of the Greek and then Roman conception had lighting problems both domestic and effects on the composition of the facades damaging its main function with low visibility and perspective for the viewer. The solution was the creation of scenic stairs further in compared to entry, and then placed in the inner courtyard of the building, that with the strong constructive and static characterization are imposed from the compositional point of view being real facades visible in a free and suitable view.
This mode of building, as written, characterized both the public and private buildings, in particular thanks to two very large builders who worked in Naples from the first half of seven hundred during the reign of Charles de Bourbon, then King of Spain as Charles III : Ferdinando Sanfelice and Luigi Vanvitelli.
In particular, the first was the true architect of constructive genesis of Neapolitan stairs made famous on many private buildings in Naples. Vanvitelli, on the contrary, was the great designer of public borbonic buildings and was the undisputed and uncontested designer of King Charles building, inter alia, the famous palace of Caserta, a jewel of architecture in Naples in the seven hundreds.
Ferdinando Sanfelice was born in Naples in 1675 from an aristocratic family and disappeared in 1748. The architectural style in which he identified, although in an original way, was the baroque, as set out in Naples by its magnificent interpreter Cosimo Fanzago that created beautiful buildings for the nobility characterized by beautiful stairs. The most famous is without a doubt that completed in 1735 for the Palazzo Spangnoli, in the borgo dei Vergini, an extraordinary scenery, that consists of two ramps to hawk wings to separate the two courtyards that make up the inner courtyard giving structural unicum - a special compositional effect of virtual suspension.
Other important works are the Palazzo Serra of Cassano (currently seat of the Italian Institute for Philosophical Studies), the staircase added to the medieval church of San Giovanni a Carbonara, the church of Nunziatella and his palace in the Rione Sanità. Characteristic of his stairs were his technological drive and the slenderness of the resistant sections. Such was the refinement of design and of yard organization that the workers were always very timorous when the laggings were stripped. For that reason, he had the popular nickname of "get out from under there”



Fig.1 - Ferdinando Sanfelice: palazzo Sanfelice alla Sanità. View of the stairways.



Fig. 2 - Ferdinando Sanfelice: palazzo Sanfelice alla Sanità. Detail of the stair.

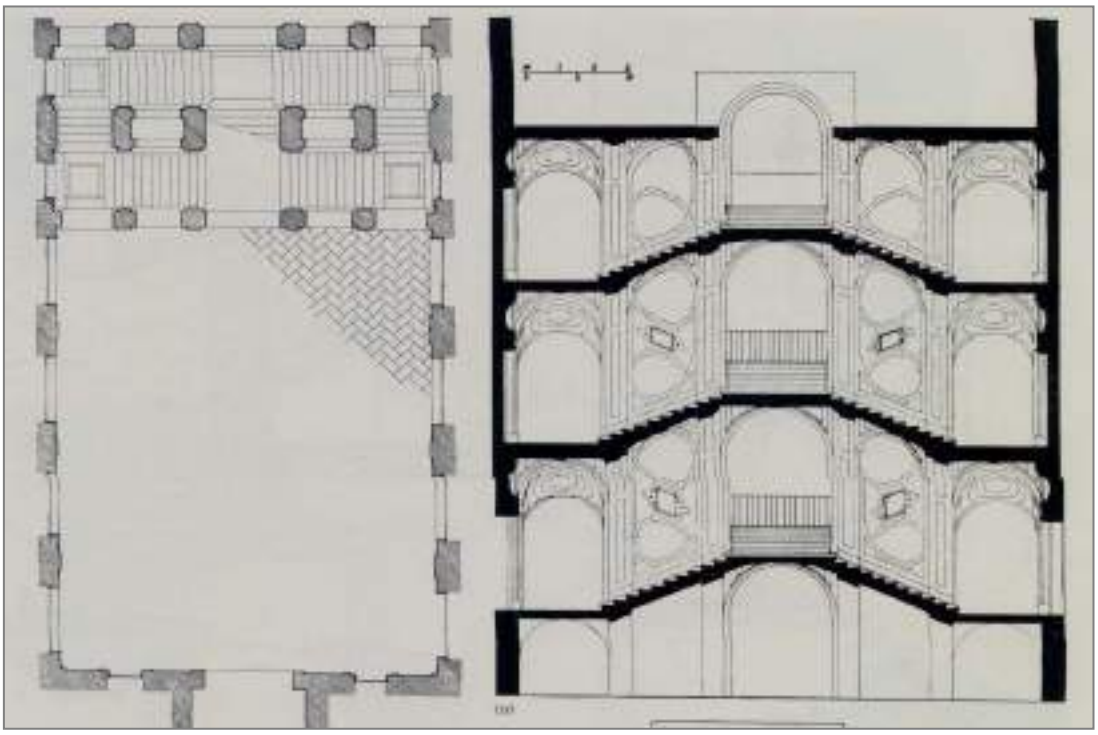


Fig. 3 - Ferdinando Sanfelice: palazzo Sanfelice alla Sanità. Plan and section view of the staircase.

The family of Luigi Vanvitelli was originally from Amersfoort (Netherlands), and the original surname was van Wittel Italianized in Vanvitelli. He began his artistic activity as a painter, following the example of his father, and then he started architecture to become one of the most important Italian manufacturers of the second half of seven hundreds. In Rome he got the job as architect of St. Peter's Basilica and drew up plans for San Giovanni in Laterano and the Trevi Fountain that were not made. He worked very well in Ancona and in 1750 Charles of Bourbon entrusted the project for the palace of Caserta along the lines of Versailles. This construction is certainly his most important and conceived divided into four monumental courtyards with a magnificent park. Among the things designed there is the monumental staircase that emphasizes the pomp of the palace.



Fig. 4 - Luigi Vanvitelli: stairway of the reggia of Caserta

Both the stairs of Vanvitelli and Sanfelice developed advanced techniques that were adopted by all the designers, junior and senior until the early decades of the twentieth century and the advent of techniques in reinforced concrete. They include the use of barrel vaults with tilted axis that developed from the perimeter walls of the stairwell produce cantilever ramps according to a minimum curvature perpendicular to its generators, the resulting effect is light weight and structural daring. This concept is still detectable in, instead of barrel vaults, sail or cruise axis tilted vaults discharging the weight and thrust actions on masonry pilasters characterized by reduced sections. This resistant design is made possible by equipment walls made of tuff stones often laid at "fish spine," as an alternative to masonry with stone elements parallel or perpendicular to the generators. The stones are tied with limited thicknesses of mortar for the static resistance is basically achieved through the geometric positioning of the elements. The constructive technique achieved absorbed the increase of loads arising from earthquakes and eruptions of Vesuvius with often considerable thrust values on such arched structures. Within the concept of containment of the resulting horizontal and vertical loads in the core of inertia of the resistant section of vertical elements we have to say that this balance is made possible by the use of a natural stones like tuff, it's specific weight ratio of 1700 kg / mc , which increases the stabilizing effect of its weight. This also explains the renunciation of the use of artificial, lighter stone elements. The resistance, ultimately, is entrusted to the geometric configuration for the walls.

If you analyze the conditions of conservation of these elements, they are in general amongst the less affected by time and seismic effects. Indeed, even with reference to the 1980 earthquake in Naples, masonry most affected were the vertical bearing because both the lack of stiffening action of the wooden floors, walls not well linked, excessive deformation and therefore have limited capacity distribution loads, and the excessive heights. The stairs are normally less affected by the actions because of a position central to the masses of the buildings with geometric centre of gravity closer to the torsion one with consequent reduction of torsion effect of the earthquake. Although there is such advantageous condition, tested over time historical Neapolitan stairs are not completely immune from damage, and thus we need to think about their consolidation. In this sense it is necessary to refer to the recent seismic Italian law that has redrawn the map of seismic risk. The legislation, strongly analytical and very attentive to the

construction details, has a necessary reference to existing buildings recognizing the need to intervene in accordance with the concept of "seismic improvement" as an alternative to that of "seismic adjustment" that would penalize historical architectures. In this sense, the legislation Annex 11.E – “Criteria for interventions consolidation of masonry buildings” for the stairs states as follows "For all the load-bearing masonry stairs reinforcement operations can be considered that do not alter the architectural features and their typological and formal value. The consideration, linked to the containment of push effects, leads to the possibility of increasing the thickness of the resistant sections of the pillars on which they discharge, but this would mean the loss of the construction characters of stairways of the seven-nineteenth century of the old centre of Naples. For this reason, it seems scarcely an applicable consolidation procedure of these elements that maintain then a resistance fundamentally linked to the form: exalting, even today, the extraordinary ability of the Neapolitan designers and craftsmen.



Fig. 5 – The stair of the palazzo Avati in via S. Nicola a Nilo

Bibliografia

1) Bernardo De Dominici, Vite de' pittori, scultori ed architetti napoletani, Napoli 1742-1745.
2) Giuseppe Ceci, Sanfelice Ferdinando, in U. Thieme, F. Becker, Allgemeines
3) Mario Capobianco, Scale settecentesche a Napoli, in "L'Architettura. Cronache e storia", n.° 84, 1962
4) Alfonso Gambardella, Ferdinando Sanfelice architetto, Napoli 1974.
5) Gaetana Cantone, Napoli barocca, Napoli 1992.
6) Rossana Muzi, I disegni di Ferdinando Sanfelice al Museo di Capodimonte, Napoli 1997.
7) Alfonso Gambardella (a cura di), Ferdinando Sanfelice. Napoli e l'Europa. Atti del convegno internazionale di studi (Napoli-Caserta 17-19 aprile 1997), Napoli 2004.
8) Renato De Fusco et al.. Luigi Vanvitelli. Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane, 1973.
9) AA.VV., Luigi Vanvitelli e il '700 europeo. Atti del congresso internazionale di studi, Napoli-Caserta, 5-10 novembre 1973, Napoli, Università degli Studi di Napoli, Istituto di Storia dell'Architettura, 1979 ("Celebrazioni vanvitelliane, 1973").

10) AA.VV., Luigi Vanvitelli. Napoli, Electa Napoli, 1998.
11) Cesare De Seta (a cura di). Luigi Vanvitelli e la sua cerchia. Catalogo della mostra di Caserta, Napoli, Electa Napoli, 2000.
12) Franca Varallo, Luigi Vanvitelli, Milano, Skira,2000
13) Alfonso Gambardella (a cura di). Luigi Vanvitelli: 1700-2000. Atti del Convegno internazionale di studi "Luigi Vanvitelli 1700-2000", Edizioni Saccone, 2005.
14) Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici allegate all'Ordinanza 3274 come modificato dall'OPCM 3431 del 3.5.2005.

HISTORIC HERITAGE AND COMPUTER SIMULATION RESOURCES: THE DANTE ALIGHIERI SQUARE CASE IN CAXIAS DO SUL, BRAZIL

A. Cattani [(1)], A. Antoniazzi [(2)] J.V.C. Pedone [(3)]

Architecture School of Federal University of Rio Grande do Sul – Brazil [(1)]

Architecture School of Caxias do Sul University – Brazil [(2)]

marcavisual@portoweb.com.br [(1)] antoniazzi@colunata.com.br [(2)]

jacqueline.pedone@terra.com.br [(3)]

Abstract: Raising the awareness of architecture students to the possibilities of recycling, re-qualification and re-architecture has been shown to be important in training future professionals for working in this area of the profession. In this sense, knowledge of the previous conditions of the site of intended intervention takes on greater importance, since it can offer important insights for preparing new proposals, whose references may be based on earlier aspects. Equally, recording the evolution and transformations undergone by a building or urban area can also raise the awareness of clients and other users to the importance not just of preserving heritage, but also of its importance in constructing a memory of the place. One of the approaches in the Architecture and Planning laboratory discipline on the Caxias do Sul University Architecture Course deals precisely with this question: raising students' awareness of the possibilities of intervention in historical places. The work focuses on defining the historical transformations undergone by Dante Alighieri Square in Caxias do Sul city centre. Since 2006, computer simulation resources have been used to develop research which seeks to recover the historical elements of this important urban space in the various stages of its transformation. The programmes used vary according to student preference and ability, concentrating on AutoCAD, Arqui3D, 3D Studio MAX 8, SketchUp and Blender. All these modelling systems provide results that can be brought together using 3D Studio Max 8. Having defined an historical timeframe, it is possible to create an animated virtual tour of the square, which allows the elements of this urban space to be observed from the period under consideration. Rapid prototype programmes are expected to be used for making models in the second semester of 2007. The results obtained so far indicate the viability of employing a variety of modelling programmes in this type of historical data recovery which, allied with resources such as interactive digital animation, contribute to raising the awareness both of future professionals for professional practice in the field of recycling and re-architecture, and also of clients and the general public to the relevance and viability of interventions in which original elements of pre-existing buildings or urban spaces can be taken into account.

Introduction

The application of three-dimensional digital models within the field of scientific investigation in architecture and town planning has only recently started to be structured theoretically. According to Dokonal, Martens and Plösch (2002),

…it can easily be understood that a standard pattern of how to produce an urban model does not exist. On the other hand the difficulties and barriers in its creation and use seem to be universal (…) This may enable establishment in the (near) future of a guide to the basic procedures for creating three-dimensional models of cities.

The virtual reconstruction of historic buildings has emerged as a new paradigm for the study and understanding of historic and architectural details of cities and urban evolution, enabling immersion into that context. In this form, interaction works to the benefit of virtual learning. The experience of simulating architectural and urban spaces has achieved innovative and educational results.

The COMPUTER SIMULATION OF HISTORIC BUILDINGS project was devised in an effort to contribute to more intensive use of digital technology resources by historical heritage studies. It aimed to produce a virtual reconstruction of the Dante Alighieri Square, one of the most important spaces in Caxias do Sul, Brazil, documenting the various modifications this urban space underwent in the 20th century.

Caxias do Sul is the second-largest city in Rio Grande do Sul, Brazil, 140 km from the state capital, Porto Alegre. Founded by Italian immigrants in 1890, it is a city of 360,000 inhabitants with its own particular architectural heritage: in little more than 100 years it has been transformed from an immigrant village to an important industrial and commercial hub. The absence of systematized knowledge about the historical heritage, and the constant risk of the loss of its features, make recording the historical evolution of the city an important object of research. This study presents some relevant aspects of the project and its initial results.



Figure 1 – Dante Alighieri Square in 1915 and 2005

Digital Graphics and Architecture

Vilas Boas (2007) says that in the field of Architecture and Planning, Digital Graphics means, "the methodological processes that jointly use a series of digital tools for graphic representation, with the aim of exploring and graphically producing knowledge about architecture and the city in general." Digital Graphics processes are already being practically applied in several academic research projects developed by groups such as LAURD (Vilas Boas, 2002) and Virtual Design-UFRGS (Aymone, 2004).

One of the LAURD researchers, Paraizo, has said of the software used for modelling and rendering in his research:

> Autocad had been used for the modelling itself, but as it wasn't the rendering software for the research, files were imported in 3D Studio Max, which were heavy and quite inflexible. To save on the modelling process this stage was then done directly in 3D Studio Max, making use of the software basics instead of the various surfaces imported from Autocad. SketchUp has recently become incorporated into our research process because of the quick and easy modelling it offers, even though it then has to be exported to 3D Studio Max, which continues to be the software for the final rendering.

This statement reinforces the main hypothesis of this study: SketchUp's modelling speed and simplicity make it possibly the best software for three-dimensional modelling, even though 3D Studio Max is used for the final rendering.

Methodological procedures

The buildings forming the corpus of this research are those surrounding the Dante Alighieri Square, bounded by Avenida Júlio de Castilhos and Rua Marquês do Herval, Rua Sinimbú and Rua Dr. Montaury.

The visual documentation used consists of historical records, photographic records and technical drawings, which form the basis for computer modelling of the examples and the public space. Investigation is carried out to recover and document information related to each of the buildings existing in the area during the 20th century.

The three-dimensional models are introduced at different stages of the process, with and without presentation, enabling future intervention in the group. They will also provide a basis for later interactive presentation of the results using animation resources.

Modelling and digital animation creation proceeds as follows: modelling in digital graphics, rendering and animating the model in modelling software and finalizing and producing the animation with specific software. As the research continues, the animations will be organized on a CD-Rom and interactive DVD.

Administrating the Digital Database

Personal Home Library software – PHL (Oliveira, 2007) is used to improve organisation of the documents generated during the research. PHL is a system especially developed for administrating collections, library services and information centres. It uses an intuitive interface, requiring no special training of its users. Any kind of file can be managed, including images, making it also possible insert a scaled-down version of each image, easing visualization with thumbnails. Information searches can be added to these facilities, such as keyword searches, search menus and hypertext searches.

The software

SketchUp (http://www.sketchup.com) is free software for creating 3D models. Developed for the conceptual stages of architectural design, this software simply and quickly allows creation of three-dimensional forms with different materials, effects and lighting. Several plug-ins were developed to facilitate data import and export. Once the model has been designed it is also possible to export it in other (2D and 3D) file formats, such as JPG, BMP, DWG, 3DS or VRML, where the presentation is made and it is linked to the other buildings in the Square.

Modelling Procedures

Visual sources and other data that specifically represent the object of study are used to make preliminary sketches which aim to simplify the object in its most generic form by simplifying its volume. As much detail as desired and as possible can be added to this generic model, to bring it closer to its specific form. The level of detail is directly related to the historical survey of the object, the more accurate the data, the closer will be the model to its specific form.

Three procedures are structured linearly according to the following steps:

-Volumetric Simplification – Developed from sketches that aim to reduce the complexity of the object by representing just its compositional elements and ignoring elements that do not structure its form. This produces the generic form of the object.

-Formal Interpretation – Sketches are also used to analyse and represent the architectural elements. This procedure, determined by the available documentation, defines the level of detail the model can achieve.

-Taking Dimensions – The dimensions and volumes of the represented elements are defined. In the absence of documentary information about these dimensions, simple deduction, digital photographic reconstruction or laser scanning are used, depending on the object.

-Constructing the Model – When the dimensions have been obtained, digital construction of the model begins. Starting from the generic form obtained at the Volumetric Simplification stage, the architectural elements analysed in the Formal Interpretation stage are added until the desired detailing is achieved.

-Gaps – In the case of information gaps, the model is completed using procedures based on Gestalt laws (seeking the best form) (Gomes Filho, 2000, p.19).

-Digital animation – When these stages have been completed, the model is ready for rendering using 3D Studio Max 8 software. It is important to note that the model structured in this way, from the generic to the specific, can always be revised if new documentation about the object is acquired or if a more refined model is needed.

Results obtained

Once the building has been defined as an object of study, there follows intense visual research to obtain as much information as possible about the appearance of this building over time. Based on this information, the modelling phase is begun according to the phases below:

Volumetric simplification. – The generic form of the object is initially represented, based on an image. All the elements not considered to be structural to the form are ignored.

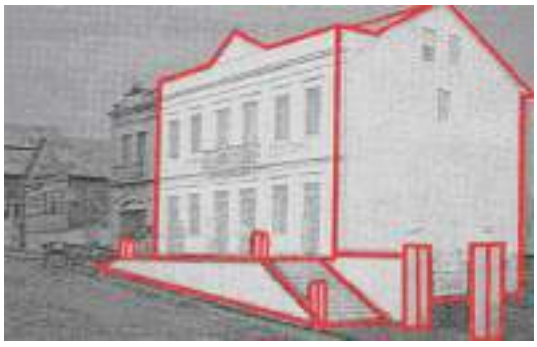


Figure 2: Volumetric simplification

Formal Interpretation – This building, characterised as eclectic, has a considerable amount of ornamentation. To better understand these elements each one is represented individually in sketches, to contribute to their modelling

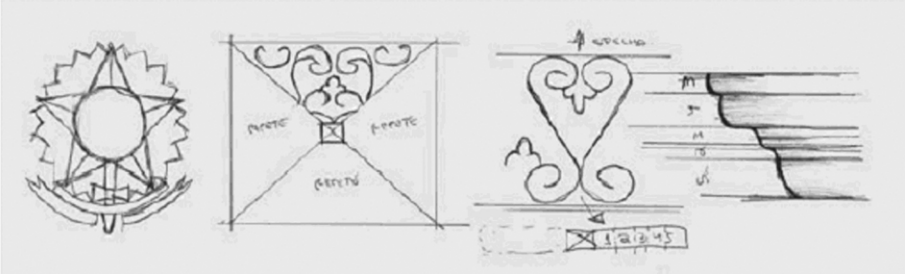


Figure 3: Formal identification with sketches

Taking Measurements – This phase uses mono-rectification with Photomodeler software (http://www.photomodeler.com), which generates a rectified image, correcting the distortions of photographic perspective. This image was imported into SketchUp software, being two-dimensionally vectored and adjusted to scale with the measurements obtained from the rectification.



Figure 4: Mono-rectification in Photomodeler and rectified and vectored image

Constructing the Model – After the dimensions have been obtained, a start is made on constructing the model generically, from its representation in the Volumetric Simplification stage.



Figure 5: Constructing the Model – Generic form

Filling Gaps – For the procedure proposed it is noticed that rectangular form best fills gaps (absence of information), to be able provide an overall feel of the object. Differentiation of texture, retaining the colour, is used to avoid falsification, as recommended by restoration theories.



Figure 6: Filling gaps

Detailed Modelling – After these procedures, the model is ready for rendering. It is important to notice the high level of detail in the model, which is restricted only by the resolution of the sources obtained when gathering data. According to the guidelines for the research, representation of the colours and textures in the models is based on the information in the visual data.

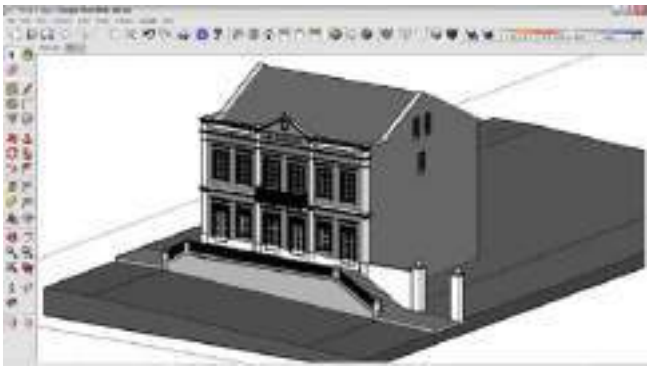


Figure 7: Detailed model

Rendering – The model is exported to 3D Studio Max 8 software, which unites all the digitally generated buildings using a unified finish pattern. The Lightracer plug-in is used to simulate refractions.



Figure 8: Rendered model

Digital Animation – This phase defines an historical timeframe and brings together the various buildings from the stipulated period to produce an animation.



Figure 9: Frame from the digital animation, showing Dante Alighieri Square in the 1920s

Final Considerations

This study shows a section of the Computer Simulation of Historical Spaces research, presenting the procedure for constructing and animating three-dimensional models of the object of study, and also investigating procedures for testing tools for constructing a standard and generic method for supporting the development of research.

In terms of the modelling tool investigated for this study, SketchUp software has been seen to be easily usable and have great modelling power. When applied to the proposed modelling procedures, from the generic to the specific, this software has advantages over CAD software since, unlike these, it uses a natural form of modelling. It starts by modelling basic forms, which are then "sculpted" until the specific form is reached. In terms of the level of detail that can be attained, it is noted that this is independent of the software, and is limited only by the quality of gathered data.

The results have great significance for education, since they allow recovery of the past and aspects of historical heritage, which are brought to the fore by digital models faithful to reality, constructing a chronological evolution of the historic site. A large database is being generated and will serve for preserving and publicising the urban evolution of the historic centre of Caxias do Sul. It will also serve to inform the public about the value of the city's historical heritage.

Computer simulation of historic spaces is still a new field of knowledge, but is being shown to be a powerful instrument for analysis and representation, as well as enabling valuable contributions for e-learning education.

References

Aymone, J. L. F. (2004) A realidade virtual na arquitetura. *Arqtexto*, PROPAR,/UFRGS, Porto Alegre, (5) 142-147

Dokonal, W. Martens, B.; Plösch, R. (2002) New expectations city modeling in the internet age. *Sigradi*, 2002 Proceedings of the 6th Iberoamerican Congress of Digital Graphics, Caracas, Venezuela, 97-100 <http://cumincades.scix.net/data/works/att/96bc.content.pdf>

Gomes Filho, J. (2000) Gestalt do objeto: sistema de leitura visual da forma. São Paulo: Escrituras.

Oliveira, E.M.S. (2007) Personal Home Library < http://www.elysio.com.br/>

Vilas Boas, N. (2007) A computação gráfica e a pesquisa acadêmica: representando os ícones da cidade. *Sigradi*, Proceedings of the 6th Iberoamerican Congress of Digital Graphics, Caracas, Venezuela, 84-86 <http://cumincades.scix.net/data/works/att/5db8.content.pdf>

METHODOLOGY FOR THE RESTORATION OF HERITAGE PROPERTIES

A. Čaušević MSc.[(1)], N. Rustempašić MSc.[(2)]
Faculty of Architecture of the University of Sarajevo

amirc@af.unsa.ba [(1)], nermanr@af.unsa.ba [(2)]

THEMATIC AREA: Studies, methodologies and diagnosis for the conservation and restoration of cultural heritage.

ABSTRACT

Successful realisation of any task assigned, including the reconstruction of damaged, or neglected buildings, requires methodical approach. If we are considering buildings of cultural-historical heritage, methodology of their reconstruction is set in more strict form than the one of ordinary buildings. Confirmation of this statement could be found within the legal regulations which, underlying the importance of cultural-historical heritage, specifically define what kinds of objects these are.
A number of specialists of specific professions should participate in the process of reconstruction, especially important being the following ones: investor, beneficiary, architects and town planners, civil construction engineers of different specialties, particularly specialists in the fields of structuring, soil mechanics, geodesist, geologists, conservators and restaurateurs, archaeologists and art historians.
This paper gives a framework methodological approach for realisation of reconstruction of buildings (or ensembles) of cultural-historical heritage. Furthermore, the paper gives orientation cell-chart of the order of above described activities – the levels of detection and diagnostics of object damages.
Starting from the assumption that a valid detection has been preformed, including the set definition of the causes of object damages, and considering buildings' function(s), it is possible to make a decision on measures to be taken in order to restore building's functions, or in other words on their future status. With this purpose a cell-chart will be given, outlining a number of actions to be undertaken within repair work and reinforcement of the damaged buildings.

Key words: Methodology, project documentation, *research*, survey, detection and diagnosis.

1. MULTIDISCIPLINARY APPROACH

The restoration of heritage properties is dictated by **need, use,** and **available resources.** Several people with a range of specializations must be involved, in particular: The investor or occupant/beneficiary, Architects and town planners, Civil engineers from various specialist backgrounds, primarily construction and geomechanics, Surveyors, Geologists, Conservers and restorers, Archaeologists and Art historians.
Each of these will have his or her own view of the solution, particularly as regards the priorities, extent and order of the necessary works.
The investor's aim is to achieve the desired objective at minimum cost, particularly when there is to be a change of use from the original use of the property, for example into a catering establishment, so as to recover the investment as quickly as possible and to make a profit thereafter.
The architect indubitably plays the leading role, particularly if also acting as project design and implementation coordinator. This means that he or she will be expected to have extensive and comprehensive knowledge of the wide range of problems involved, and will bear the greatest responsibility.
The role of civil engineers is also significant, since they will be expected to determine the precise

condition of the load-bearing structure and to suggest the possibility and modalities of new interventions.
Specialists in geomechanics need not only to diagnose the causes of damage to the properties arising from subsidence or the insufficient bearing capacity of the foundations, but also to decide to what extent further loads can be added or the existing foundations be reinforced.
Surveyors are essential in order to make an accurate survey of the site of the building and its various elements; they play an especially important part in determining the exact deviation from the vertical, if any, of walls and pillars, and in monitoring how accurately the works are being executed.
Geologists are required to identify the composition of the soil beneath and around the building and the presence or absence of subterranean waters, as well as their impact on the site in question as a whole.
By the nature of their work, conservers and restorers are involved as required once a detailed project has been drawn up. Art historians must also be involved in defining the project, since the artistic valorization of the building or ensemble depends on their professional opinion.

2. METHODOLOGICAL FRAMEWORK

There follows a framework methodological approach to the implementation of restoration works on heritage properties or groups, which will be developed in greater detail at a later stage.

***Table* 1. FRAMEWORK METHODOLOGY FOR RESTORATION**

1.	**INVESTOR/MANAGER OF THE PROPERTY- PROJECT TASK** ↓
2.	**DRAW UP PROJECT DOCUMENTATION (SELECTED DESIGN COMPANY)** ↓
3.	**REVIEW** ↓
4.	**SELECTION OF CONTRACTOR – GUARANTEE** ↓
5.	**IMPLEMENTATION** ↓
6.	**SUPERVISION** **INVESTOR** ↓ **PROJECT DESIGNER**
7.	**TECHNICAL INSPECTION OF COMPLETED WORKS**

Table 2. ANALOGY HEALTH AND STRUCTURE

HEALTH	**STRUCTURE**
prevention	properly designed project
pathology	structural damage
examination and diagnosis	detection and diagnosis
CURE:	**ELIMINATION:**
conservative,	repair
radical/aggressive,	reconstruction
none/no treatment	demolition

3. DEVELOPMENT OF OUTLINE PLAN

The Investor is responsible, in line with his needs, intentions and economic capacity, for drawing up a clear project task with a precise definition of the future use of the building to be restored.The investor is also responsible, within the context of the duly defined project task, for determining the cultural and historical valorization of the building – the **UNESCO categorization** – in a qualified and

professional manner, in consultation with relevant authorities and institutions and in line with the provisions of the law and conventions, since the categorization sets constraints on all works that may be carried out and prescribes the types and quality of the materials that may be used.
There are cases in the categorization of properties to which extremely strict measures must be applied as regards the options, methods and use of materials, so as to exclude any possibility of alteration to the original forms, bearing structures and building materials.

4. PROJECT DOCUMENTATION

Along with implementation, this is the fundamental and most complex task to do with the restoration of such properties. Compiling the project documentation entails a range of activities that underpin the concept on which it is based.

Research or preparatory activities form the starting point of this range of activities, the most important of which include:

- *Bibliographical research***,** an indispensable component of the preparatory activities, providing the project designer(s) with the initial data that enables them to create as true a picture as possible of the building or group and, if possible the historical background of the property up to the present day.

- *Observation of the current condition of the building and its surroundings.* **Several separate observations** must be carried out jointly with all major participants in the compilation of the project documentation and with each individual team member.

The purpose of preliminary observations is to arrive at an overall view of the current condition of the building, and to conduct a joint analysis of its defects and the potential for making adjustments to the project solution. As has been demonstrated in practice, this first impression may also be the final impression, and hence any omissions or oversights will have an adverse impact on the completion of the task.

It must therefore be comprehensive and thorough e.g. it must cover the following areas:

- Regardless of whether there are any earlier drawings of the building, a **detailed survey** of the entire building is essential, along with its immediate surroundings. These geometric data must be very accurate, to avoid the need for additional surveys at a later date. The surveys should record and describe not only the details of the site but also **all damage observed**, deviations, sagging of the interstorey structures etc.
- As a rule, this requires not only the removal of the outer cladding or even of parts of a wall to determine the depth of cracks but also, if there is any suggestion of subsidence, exacavations around the building or to the depth of the foundations.
- The **bearing structures of the building must also be accurately identified**.
- Even at this early stage of investigative works it may prove necessary to **secure** certain structural elements, or even the entire building, to **prevent it from collapsing**.
- The elements that need reinforcement or conservation can be identified during the initial visit, and provision can immediately be made to take the necessary **steps to relieve the load**.
- It is very important at this early stage of observation of the building to determine the type of **binders** (mortar) used in the masonry structures, together with other **connecting devices**.

It should be obvious that all this must be carried out with the greatest care, accurately and systematically, since the data, and any works carried out at this stage, form the basis for drawing up the project documentation. Once all relevant data have been collected, work may begin on designing a renovation project, which must conform to all current standards for the drafting of project documentation.Though it may at first glance appear to be unnecessary or insufficiently accurate, the preliminary level is in fact the most important.

The basic activities at this level are:

1. A review of the original project documentation, if available in order to gain familiarity with the building as a whole – which is not contrary to the notion of revision noted above.
2. A detailed visit of the building and its immediate surroundings so as to:
   - determine whether the building was built in line with the project documentation
   - determine whether any later interventions have been carried out
   - it is particularly important, when viewing the building, to make an accurate identification of the bearing construction and of the type of materials used to build it,
   - the above operations naturally include listing all damage, whether observed or indicated, particularly to the bearing structural elements, and to record them on appropriate drawings,
   - determine whether the building as a whole, or parts thereof, are stable, which is a prerequisite for reaching a final decision on how to eliminate the damage and the options for carrying out the works, as well as on its future status generally,
   - determine whether there is any visible damage to the service installations.

In order to achieve these objectives, and given that the observations and recordings serve as the basis for the project to repair, reinforce or reconstruct the building, a proper record of each visit should be maintained in writing, accompanied by appropriate drawings and noting the nature, extent and position of all instances of damage.The diversity and atypicality of the work of recording all visible and latent damage calls for multiple checks and accurate descriptions on the corresponding drawings.The most sensitive issue, without doubt, is determining the condition of the foundations. With the general opinion of the building's stability in mind, this should be addressed with the utmost care. Since the foundations are a crucial part of the building, it is vital to consult a specialist in geotechnics and foundations, particularly if there are signs that the foundations are damaged. These signs could consist of major cracks in the basement walls, particular at the corners, depressions or cracks in the soil beside the building, displacement of pier bearings, and such like.On completion of all these operations, the expert group either adopts an internal resolution on the need for further detection and diagnosis, or agrees that these preliminary findings are sufficient.If the latter, work can proceed on drafting the project documentation for the elimination of the damage.

This documentation should, as a rule, include:

- all the necessary drawings and plans of the condition of the building as found, with the position of each instance of damage marked and specified by type, along with a written description,
- the manner and methodology by which the damage will be eliminated
- a bill of quantities and cost estimate of the works to be carried out,

If thought necessary, the report should include a description and drawings of the measures to be taken to prevent loose material from falling, and of the manner in which the load is to be relieved on bearing elements being reinforced, removed or replaced.The first visit may be regarded as a **preliminary survey, the primary level of detection**, since it is very common for further inspections to be required, which also take one to a higher or **secondary level**, intended to obtain additional relevant information. This in itself means widening the range of specialists, as well as obtaining further information on the building materials used and the soil on which the building stands.Then again, as will become clear, the preliminary level may be regarded as the basis for conducting the next, secondary and tertiary investigations, if it should prove necessary.Common to both levels are additional detection and expert diagnosis of major damage.When seeking an appropriate response, as well as taking account of modern views on the design of seismic-resistant buildings, which programmes in yield points (non-elastic behaviour of certain elements at selected points), it is essential to identify the cause of the problems that have emerged, always supposing the project to have been properly designed.This is the reason for raising diagnosis to a higher level, all the more so since the preliminary level is clearly insufficiently comprehensive to provide all relevant information, including the most sensitive. If it should prove necessary, **additional data collection** is

undertaken, primarily relating to the **laboratory testing of materials**, and samples of basic materials are taken, including tests **in situ**, suggesting in practice that the process has moved onto the secondary level.Secondary diagnosis is more challenging than preliminary diagnosis, since it is based principally on accurately identifying the characteristics of the building materials and checking the quality of execution, particularly details of joints and connections.

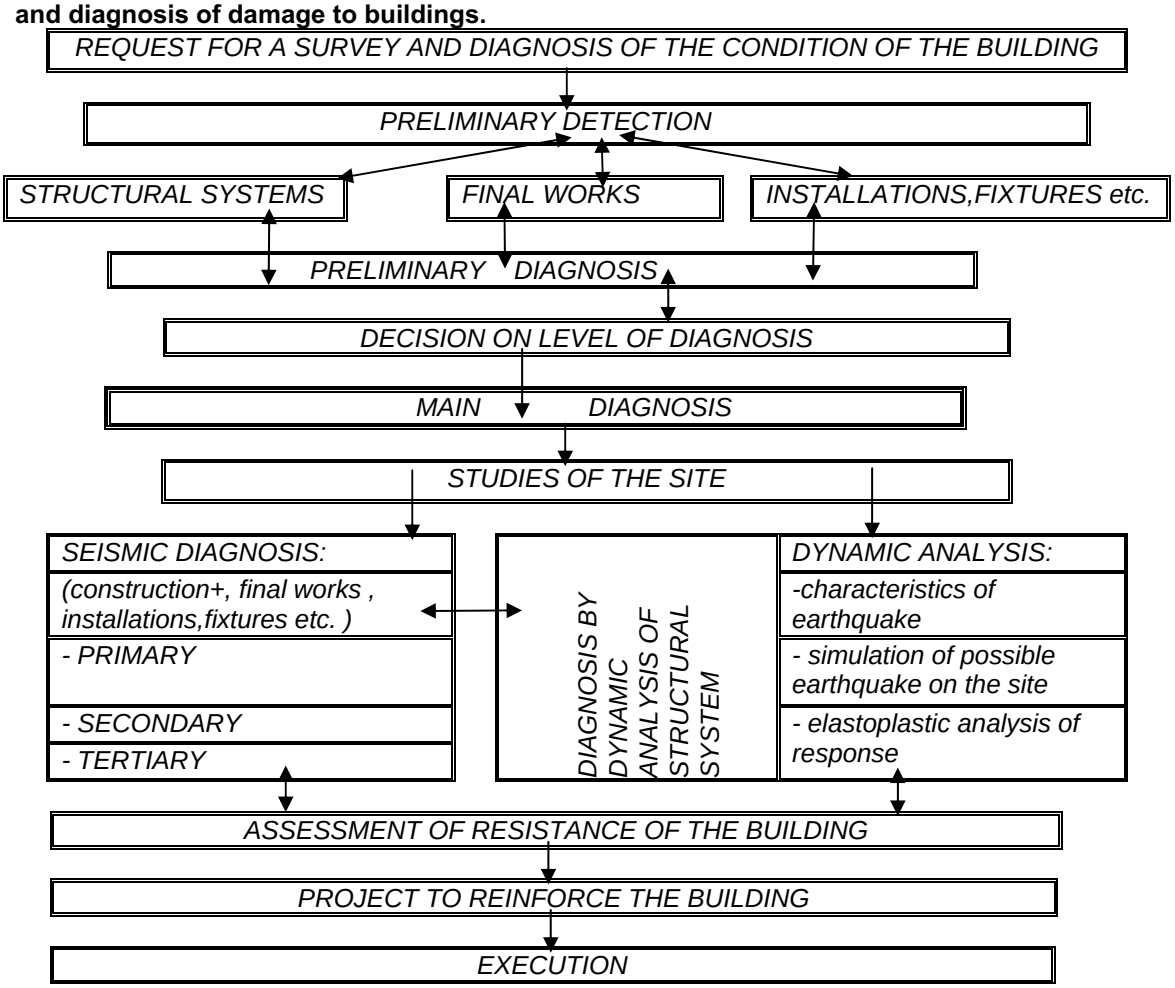
This type of diagnosis is particularly necessary in the following cases:

- large, wide cracks in the masonry, extending into the basic building material (e.g. brick),
- deviations from the vertical in the case of walls, pillars, piers etc.

All these and similar features suggest the need to take samples and conduct laboratory tests.Only once all these activities have been completed, including particularly all laboratory tests, can a proper judgment be formed of the causes of major damage, and thereby of the way to eliminate it. This is the place to draw attention to another serious problem that often accompanies major seismic action – the outbreak of fire.
It should be noted here that in some special cases, where particularly valuable properties are concerned, the secondary level too may prove inadequate, resulting in the need for the highest or **tertiary level** of detection, which naturally increases the costs of the entire process of detection on which the working project will be based. If all the activities listed above fail to produce satisfactory answers, the diagnostic process is raised to a higher level.
It should be said right away that the **tertiary level** is required only in exceptional cases of damage to outstanding buildings of which the stability has been undermined or which are sinking, as well as where there is serial major damage to a number of buildings on the same site. In addition to entailing the completion of the procedure of the previous two levels, additional monitoring and testing using sensitive apparatus is required, with the use of ultrasound and scanning of the places marked as of particular importance in identifying the cause(s) of the damage. Moving to the tertiary level is based on two assumptions: that the project documentation has been properly drawn up and that all activities pertaining to the first two levels have been completed without providing satisfactory answers.The procedures required at this level are so demanding that they can be carried out only by highly-qualified specialist institutions and individuals, making them very expensive to conduct. As will be seen, the procedure is in fact a **scientific study**, the purpose of which is primarily to identify with certainty the causes of collapse or major damage and thereby to determine whether and how the damage can be eliminated and the building reinforced, but also to serve as an expert contribution to potential corrections in the process of designing aseismic structures.The starting-point for the tertiary level of diagnosis is the view that the initial data for the project design were flawed, particularly as regards the key parameter – the maximum projected soil acceleration. To corroborate or negate this view, all significant data on the earthquake on the site that had a serious impact on the building under consideration need to be collected.To this end, the site of the epicentre is studied, along with the actual magnitude, seismoscopic records of the soil, the details of the accelerograms from which the predominent periods of soil vibration are extracted, possible acceleration amplifications from bedrock to surface, etc.In practice, a detailed dynamic analysis of the responses of the building is conducted in which a step-by-step system of the strong section of the accelerogram is used to track events in the building such as rigidity degradation, changes in the dissipation of internal energy, the opening of plastic joints or the discovery of plasticized zones in general, the redistribution of loads, and numerous other relevant indicators. **Interactions are taken into account, naturally: building-foundations, and building(with foundations)-soil.**
Only on the basis of such analysis is it possible to obtain reliable answers to the question of the causes of unfavourable responses and carry out the appropriate corrections.The next step is to draw up appropriate documentation in the form of a study or project to eliminate the damage, depending on the type and extent of the damage that is to be identified and the conclusions that this leads to. The insistence on accurate detection and diagnosis of the damage is justified in the light of the fact that there are almost always hidden damage points, usually revealed only after opening up, i.e. after the start of works. To reduce unforeseen circumstances to a minimum, a special methodology has been evolved in some countries, adjusted to various incident situations and

comprising forms or questionnaires for various types, to be accompanied by the requisite comments from the expert group.

CELL-CHART 1. organization chart of the activities described above – the levels of detection and diagnosis of damage to buildings.



5. CONCLUSIONS

Cultural monuments are immovable and movable objects and groups of objects of importance for society on account of their archaeological, historical, sociological, ethnographic, artistic, architectural, urbanistic, technical or other scientific or cultural values. The restoration of such properties is dictated by **need, use,** and **available resources.** Coordination is therefore vital, requiring a team leader. Given the nature of the problem and the need for the widest possible overview of all the needs and requirements involved, the team leader should be an architect, and must be able to make independent decisions.

Depending on the cause and extent of the damages, process of detection and diagnosis is implemented at three levels: preliminary and secondary, as well as tertiary in exceptional cases.

The entire process of drafting a study on renovation or restoration is not complete, of course, until the **causes of the building's deterioration** have been identified. **It is essential that these possible causes be carefully identified and analyzed in order to avoid, or prevent, a repetition of the mistakes that led to the present condition of the building. The repair and strengthening of historical monuments should be carried out without introducing any changes or strengthening of the main structural systems.**

CRITICAL ANALYSIS OF SEISMIC RESPONSE IMPROVEMENT METHODS OF HISTORICAL LIGHTENED VAULTED ELEMENTS IN THE KINGDOM OF THE TWO SICILIES IN RELATION TO THE NEW NATIONALSEISMIC REGULATIONS.

M. Cristiano
Università degli Studi del Molise
Facoltà di Ingegneria
Via Duca degli Abruzzi – 86039 Termoli (CB) – Italia

mcristia@unina.it

ÁREA TEMÁTICA: 3

Due to its geographical characteristics and historic events the architectural patrimony of the southern Italian regions is largely constituted of isolated farmsteads and rural dwellings.

Masonry structures built o site with local stone elements and abundant lime mortar. The mass volume ratio of the load baring walls and vaults is very high in the majority of the built environment, but some cases of traditional load reduction techniques can be found throughout the regions.

Incorporating hollow clay elements, in the mass of the vaults and walls, has been in use in many regions of Italy until very recently and dates back to the Roman empire.

The first large scale use of conglomerate systems in the Italian peninsula dates back to the Roman Republican age. From the end of the fourth century BC Romans began to explore the possibilities of cement walls. Within two external curtains of bricks or stone blocks a core of rubble and brick fragments was mixed with lime, with the result of exceptional reach that cohesion and strength that has allowed so much of Roman monuments to survive until today. In the early decades of the second century BC Romans had fully understood the extraordinary potential of lime mortar as a binder for walls and dominated this technique.

All the great Roman architecture, from that point onwards, can be represented as a series of variations on the theme of cement in times, lightened with the addition of pumice or empty terracotta pipes, in large infrastructure such as aqueducts; structures of support of large villas and sanctuaries.



Photo 1.- *Villa Gordiani*

For example many ancient Roman villas and thermal baths such as: villa Gordiani (photo 1), and the mausoleum of St. Elena known as Tor Pignattara in Rome (photo 2,3), had large arches to support the hemispherical domes, built with clay amphorae included in the masonry in order to ease the weight



Photo 2. *Tor Pignattara*



Photo 3.- *Tor Pignattara, amphorae in the vault*

Non archaeological evolutions of these techniques can be found in all the regions of southern Italy, both in the city and rural dwellings, all have in common the intent to reduce the mass of the vertical and horizontal elements of the buildings.

These clay elements can assume many shapes and sizes and have different names in the various regional dialects; in the Lazio region they are usually amphora shaped and called "*pignatte*", in Sicily they are hollow cylindrical bricks with a small hole on one end known as "*carusedi*", in Campania they were known as "*mummarelle*" a small clay amphora without handles, in Calabria "caruselli" empty cylindrical clay blocks, in Molise "*mummadielli*" hollow cylindrical bricks of about ten centimetres long and with an eight centimetre diameter.

These components were used both to empty the inert parts of walls and of the vaults and as structural components in varied installation methods.

In farm houses built in the Puglia region towards the end of 1700 characterized by walls over a meter thick and ceilings made with clay cylinders open towards the room: an ideal ceiling as it is lightweight, full of air to protect the rooms from the summer heat but also able to trap the hot air from the fireplace and release heat during cold nights (photo 4).



Photo 4.- *Vault with clay cylindrical blocks.*

In the Calabria region the church of Santa Maria del Mastro, built in the XVIIIth century, until the seventies when an earthquake destroyed it, had a big spherical shell dome built with pignatte, empty cylindrical blocks with clay to reduce the weight of the structure, known vulgarly as "caruselli."

In the Molise region rural dwellings used hollow cylindrical bricks (photo 6), both for non structural elements like staircase parapets, and within load bearing walls and vaults (photo 5).





Photo 5.- *Vault with "mummadielli",Molise .* ***Photo 6.-*** *Hollow clay element,Molise.*

The techniques used usually to consolidate masonry cannot be applied on this type without caution.

The seismic norms identifies an assortment of types of stonework masonry from the simplest to the more refined: a) stonework masonry in rock elements (pebbles, erratic and irregular stones), b) stonework masonry with more regular stones, c) stonework masonry with corners, or frames in squared stone or full bricks, d) stonework masonry hewed with good texture, e) masonry with squared block.

Never once does the norm contemplate the presence of load reducing elements, the only gaps and voids in the mass of the masonry considered are defects or damage resulting from earthquakes.

The norm recognizes specific goals to attain seismic response improvement and for each, depending on the characteristics of the structure, the appropriate intervention method.

Synthetically we can summarize that to reduce the deficiency of the structural connections, operating specifically on the masonry structure, it suggests the use of reinforcements with tie-rods, perforations with carbon-fibre rods, binding with reinforced fibres, and thickening the structural elements with new material.

To reduce the forces non contrasted of arches and vaults it suggests the use of reinforcements with tie-rods, perforations with carbon-fibre rods, and binding with reinforced fibres on the soffit side.

To reduce the undue deformability of the floors it suggests the use of reinforcements with tie-rods, perforations with carbon-fibre rods, creation of two-way slabs, composite slabs, and

bracings with beams of the same type as the floor.

To improve the distribution of the vertical resisting elements it suggests to circling openings with steel elements, partial demolition and reconstruction of masonry, reconstruction of damaged masonry, non cement based mortar injections, steel reinforced plaster.

To improve the resistance of the load bearing masonry it suggests partial demolition and reconstruction of masonry, creating connections with wall ties, insertion of tie rods in the plane of the wall, non cement based mortar injections, and reconstruction of damaged masonry.

Most of the operations proposed are impossible to use when the masonry presents voids or fragile components like the ones that are the object of this study.

Tie-rods cannot be threaded though the portion of masonry that isn't load bearing without damaging it's structure; mortar injections would flood the voids with heavy material that has tensile behaviour incompatible with the clay elements.

Of course tie-rods may be used to improve the seismic response of lightened vaults if its abutments are solid masonry and bindings with reinforced fibres can usually be applied with good results either on the soffit or the extrados of vaults and arches.

Mortar injections that are problematic with clay brick voids cloud still be used if a correct way to perforate the masonry, without destroying the clay bricks, cloud be found; the technology exists to eliminate the main problem when injecting in the presence of voids: waste of material and upsetting the structural behaviour of the injected masonry.

The injections can be made introducing in the prearranged perforation the rods with a sock in polyester fabric in which special, low pressure, mortars are injected, the sock ensures that the material is not dispersed in the voids and that it adapts to the conformation of the perforation ensuring the best possible bonding.

These techniques remain to be studied and confronted with real life applications to determine feasibility and the effective improvement to the seismic response that can be achieved.

Conclusions

In conclusion sudies have to be encuraged to develop best practice procedures for masonry or vaults with load reducing tecniques that, maybe due to their relativly scarse diffusion, have been overlooked at the moment by the regional and national seismic norms.

References

[1] Molise Regional norms "Protocollo di Progettazione per la Realizzazione degli Interventi di Ricostruzione Post-Sisma sugli Edifici Privati", Decreto n.10 del 25 gennaio 2006.
[2] A.Verderosa "Il recupero dell'architettura e del paesaggio dell'Irpinia" De Angelis Editore, Avellino, Italy.
[3] G.Carbonara "Atlante del Restauro" UTET editore, 2006, Italy.

PLAZAS Y JARDINES DEL OESTE PAULISTA: UN PATRIMONIO A SER PRESERVADO EN BRASIL

M. Enokibara

Departamento de Arquitectura, Urbanismo y Paisajismo. Facultad de Arquitectura, Artes y Comunicación. Universidad Estatal Paulista. Campus de Bauru. Bauru, São Paulo, Brasil.

marta@faac.unesp.br

ÁREA TEMÁTICA: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

Resumen

El presente trabajo expresa los resultados del primer año de la investigación intitulada "Plazas y jardines del Oeste Paulista: la transformación del espacio público con la introducción de la ferrovía". La investigación tiene como objetivo inventariar y analizar las plazas y jardines de las ciudades del oeste paulista dentro del contexto de transformaciones urbanas ocurridas con la introducción de los cuatro ramales ferroviarios que, trazaron la ocupación de esta parte del Estado de São Paulo (Brasil). El objetivo de la investigación es inventariar un repertorio paisajístico implantado con la introducción de las "frentes pioneras" de ocupación y mostrar la circulación de equipamientos profesionales y empresas que trabajaron con la transformación del espacio público. El levantamiento realizado en el primer año de investigación se mostró sorprendente por revelar un repertorio paisajístico que todavía no fue inventariado y estudiado, rico en referenciales históricos, testimonios de un período marcado por la apertura de nuevas tierras realizadas en función del café y de la ferrovía, así como a través de un nuevo régimen político en el país: la Republica. El levantamiento expresa también el riesgo de la pérdida de un patrimonio paisajístico que en algunos casos todavía no fue inventariado y ya se encuentra con la caracterización quitada y/o inexistente. A título de comparación, el presente texto propone expresar el estudio de cuatro plazas, cada una representando una ciudad de cada ramificación ferroviaria. Esta investigación está relacionada al Proyecto Temático
financiado por la Fundación de Amparo a la Pesquisa del Estado de São Paulo (FAPESP), intitulado "Saberes eruditos y técnicos en la configuración y reconfiguración del espacio urbano. Estado de São Paulo, siglos XIX y XX". Participan de esta investigación la Universidad Estatal de São Paulo - Campus de Bauru (UNESP), la Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP), la Pontificia Universidad Católica de Campinas (PUCCAMP) y el "Instituto Universitario di Architettura di Venezia (IUAV)".

Introducción

La investigación "Plazas y jardines del Oeste Paulista: la transformación del espacio público con la introducción de la ferrovía", está comprendida en el equipo del subtema 3 denominado "*Saberes teóricos y técnicos en la configuración y re-configuración de las ciudades formadas con la apertura de zonas pioneras en el Oeste del Estado de São Paulo*", del Proyecto Temático financiado por la Fundación del Amparo a la Pesquisa del Estado de São Paulo (FAPESP – Brasil) intitulado "*Saberes eruditos y técnicos en la configuración y re-configuración del espacio urbano. Estado de São Paulo, siglos XIX y XX*". El equipo del subtema 3 está bajo la responsabilidad de un grupo de profesores de la Facultad de Arquitectura, Artes y Comunicación de la Universidad Estatal Paulista, Campus de la ciudad de Bauru, Brasil y tiene como propósito de análisis las ciudades del "oeste paulista" constituidas con la apertura de las zonas pioneras a través de las ferrovías (1).

La expresión “Oeste Paulista” aquí utilizada corresponde a la regionalización geomorfológica adoptada por ALMEIDA (1964/1974) para caracterizar, de manera general, a la región de la meseta Occidental [Paulista] o como bien complementó LANGENBUCH (en la publicación), “la parte del estado de São Paulo localizada al Oeste de São José do Rio Preto, Bauru y Ourinhos, incluyendo esas ciudades”. Ya la expresión “zonas pioneras”, corresponde a la adoptada por MONBEIG (1952/1984), en su clásico estudio sobre el “Oeste Paulista”, para caracterizar las zonas que fueron siendo abiertas de manera pionera por las ferrovías. Vale acordarse, como bien recordó SALGUEIRO (2006), que “antes de las incursiones de pioneros, sucesivas en la historia brasileña del siglo XX, una buena parte del territorio nacional todavía era desconocida, los mapas de los años 1910/1912 mostraban espacios vacíos donde se leía aún, en el caso del Oeste Paulista y norte de Paraná, la inscripción: ‘territorio inexplorado, habitado por indios’”.

La conquista de ese universo desconocido, buscando nuevas tierras para la siembra del café (el principal producto de exportación de Brasil a partir de la mitad del siglo XIX), atendió a las condiciones naturales del relieve. Dispuestas paralelamente entre ellas, las ferrovías, y consecuentemente los núcleos de población y áreas plantadas, se fueron asentando en las zonas altas de cuencas fluviales. La Araquarense, se formó en la zona que está entre los ríos Grande y São José de los Dorados; al Noroeste, en la zona entre los ríos Tieté y Aguapeí; la Paulista, en la zona entre los ríos Aguapeí y del Pez y la Sorocabana, en la zona entre los ríos del Pez y Paranapanema (LANGENBUCH, en la publicación).

Metodología

El levantamiento geográfico de este primer año de estudio, se dio de forma sistemática a través de cuatro temas: la investigación de la conformación de la estructura agraria en la formación del tejido urbano; la legislación en el proceso de conformación y transformación del espacio urbano; el proceso de urbanización con la llegada de la ferrovía y la transformación del espacio público en este arco temporal. Cada tema listado arriba estuvo bajo la responsabilidad de un profesor, dentro de su conocimiento específico, que analizó, en este primer año de estudio, 4 ciudades emblemáticas de cada línea ferroviaria, totalizando, por lo tanto, 16 ciudades (Fig 1).

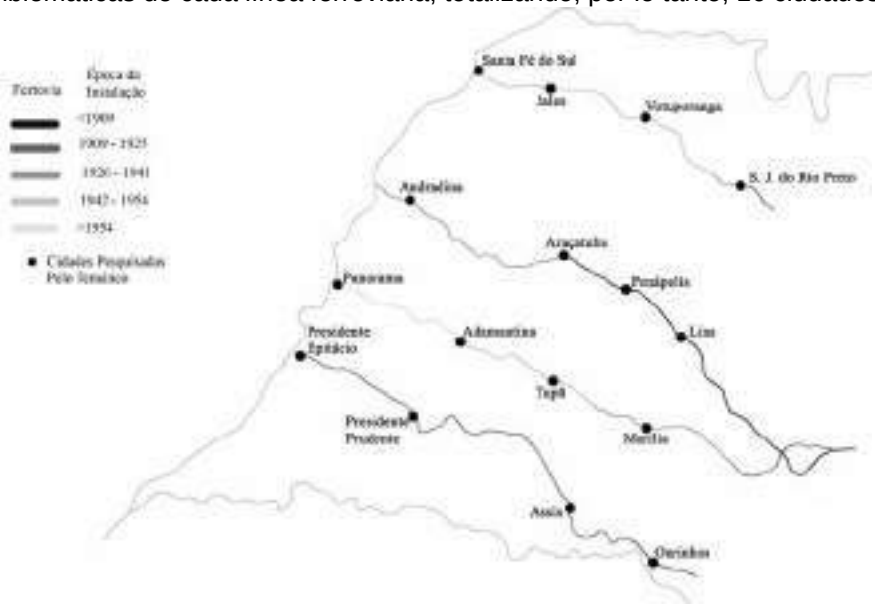


Figura 1. - Mapa de las ciudades estudiadas por el Grupo 3 – Unesp Bauru. De arriba para abajo: línea ferroviaria Araquarense, Noroeste, Paulista y Sorocabana. In: Relatorio Parcial Fapesp del Proyecto Iniciación Científica – La cuadrícula y sus variaciones en la ocupación extensiva del territorio del oeste paulista: estudio comparativo en los cuatro ramales ferroviarios. Orientando: Everton Pelegrini; orientador: Adalberto da Silva Retto Júnior.

Las ciudades fueron seleccionadas por dos procesos: primero por la importancia que asumen como nudos de articulación del tronco principal con los ramales ferroviarios o como expresivas en la articulación urbano-regional, basadas en el estudio pionero realizado por el geógrafo francés Pierre Mombeig (MOMBEIG, 1952/1984). Después de este proceso, estas ciudades

fueron organizadas por época de fundación y por diferentes décadas. Este proceso se basó en la sistematización de la secuencia de ciudades fundadas y/o reconfiguradas a lo largo de los 4 ramales ferroviarios expresadas en mapas elaborados por el Prof. Richard Langenbuch para subsidiar a los estudios del Grupo de la Unesp-Bauru (LANGENBUCH, en la publicación).

El recorte temporal de la investigación inicialmente fue definido de 1889 a 1930 (1ª República de Brasil), pero como las últimas ciudades en la ruta de la ferrovía son relativamente recientes, la investigación se extendió hasta la década de 1950. Específicamente con relación a las plazas y jardines, otro recorte fue definido a lo largo del estudio: sólo fueron levantadas la plazas y jardines definidas o que pertenecen al trazo urbano que dio origen al núcleo urbano. Tal resolución se debió a la necesidad de un recorte más preciso para establecer los niveles de comparación en los 4 ramales ferroviarios así como en el intercambio de informaciones con los estudios de otros profesores involucrados. La dificultad en encontrar la documentación sobre las ciudades en estudio fue grande y mayor aún que las plazas. Apenas en algunos casos se encontró el diseño de las plazas expreso en las cartografías disponibles sobre la ciudad. Por esta razón, fueron realizados diseños de casi todas las plazas a partir de mapas y fotos de la época y, cuando era posible, de la varias transformaciones de diseño ocurridas.

El trazo de las ciudades y la definición de sus espacios públicos

El trazo adoptado en la conformación de las 16 ciudades del oeste paulista estudiadas fue la cuadrícula regular, con variaciones de 80 x 80 m a 100 x 100 m. Del punto de vista agrario, se encuentran 3 diferentes situaciones: aquellas ciudades originadas de la creación de un patrimonio (núcleo urbano), algunas en honor a un santo de devoción (casos de São José del Río Preto y Assís); aquellas resultante de la creación de uno o más patrimonios, con la donación de tierras por parte de dos o más propietarios de haciendas (Penápolis y Marilia) y aquellas originadas de tierras vendidas por dueños de haciendas a las compañías de colonización (2).

A pesar de que la mayoría de las ciudades estudiadas no hayan sido originadas del patrimonio religioso, casi todas presentan un espacio reservado para la futura iglesia matriz de la ciudad. Otro espacio público que en casi todas las ciudades también aparece es aquél en frente a la estación ferroviaria. Ambos espacios (El espacio de la iglesia y de la estación) serán transformados en plazas y jardines públicos después de la introducción de la ferrovía (Tabla 1). Era a través de la ferrovía que circulaban no sólo nuevos productos, como también nuevas ideas, técnicas y profesionales.

Ciudad	Línea Ferroviaria	Fundación de la ciudad	Llegada de la ferrovía	Manzana (m)	Nombre de la plaza	Fecha creación de la plaza	Autor proyecto de la plaza
São José del Río Preto	Araquarense	1852	1912	88 x 88	Plaza Don José Marcondes	Década 1920	No encontrado
Penápolis	Noroeste	1908	1908	88 x 88	Plaza de los Capuchinos	Década 1930	Dierberger & Cia
Marília	Paulista	1923	1928	100x100	Plaza Maria Izabel	1935	Germano Zimber
Assis	Sorocabana	1907	1915	80 x 80	Plaza Don Pedro II	1928	No encontrado

Tabla 1 – Cuadro resumen de las plazas y ciudades presentadas en el presente texto.
Organizada por Marta Enokibara, 2008.

Plazas y Jardines del Oeste Paulista

De las 4 plazas presentadas en este trabajo (Figs 2 a 5), todas siguen la medida de la cuadra adoptada en el trazo urbano y ocupan una posición central en el núcleo urbano original. El programa del entorno generalmente concentra algunos de los principales edificios públicos de

la ciudad representados por la Iglesia, tribunal de justicia, Alcaldía y Cámara Municipal, Cine, Banco y Escuela. Este último, un elemento representativo del nuevo régimen político adoptado en Brasil a partir de 1889: la República. La autoría de los diseños raramente fue encontrada, pero de los ejemplos aquí presentes, tenemos el nombre de dos importantes paisajistas que actuaron al inicio del siglo XX en São Paulo y varias ciudades del interior: Reynaldo Dierberger (3), de la empresa *Dierberger & Cia* y Germano Zimber, de la empresa *Casa Flora*.

Las plazas diseñadas siguen un modelo simétrico, regular, donde se destaca generalmente uno o dos puntos importantes en el centro del trazo (Figs. 2 a 10). El equipamiento que ocupa este punto importante en varias plazas centrales del interior paulista es el quiosco. Presente en las plazas de São José do Río Preto (de hierro, proveniente de São Paulo), Penápolis (de hierro, proveniente de la empresa *Lidgerwood* de Campinas) y Assis (de construcción mixta), será escenario de las presentaciones de las famosas "bandas" de las ciudades. Juntamente con las lámparas, bancos, estatuas, fuentes y una vegetación disciplinada por la técnica de *topiaria* (4), forman un conjunto característico del oeste paulista que apenas empezó a ser estudiado en su conjunto y ya se encuentra quitado de la caracterización inexistente(5).

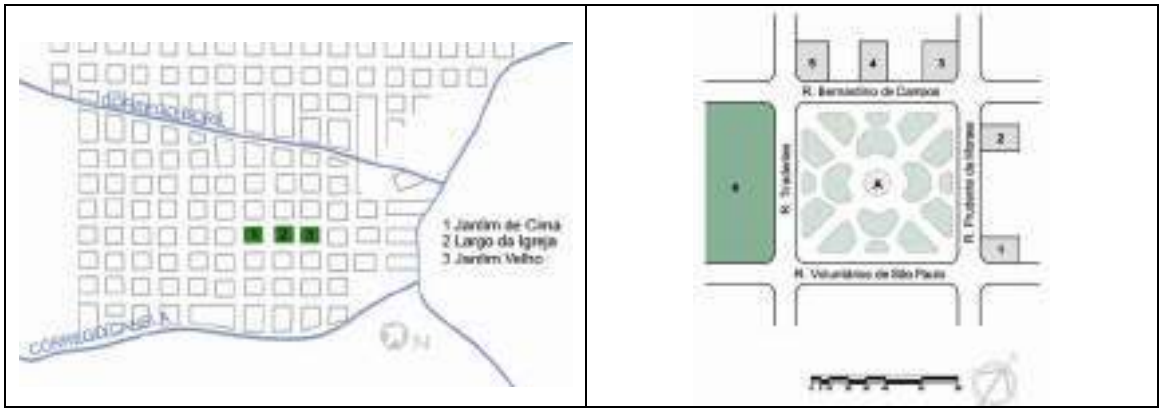


Fig.2 y 3 – Plano del trazo original de la ciudad de São José del Río Preto y plano de la Plaza Don José Marcos (antiguo Jardín Viejo). In: Informe Final FAPESP 2007 del Proyecto de Iniciación Científica de Aline Silva Santos. Orientadora: Profa. Dra. Marta Enokibara.

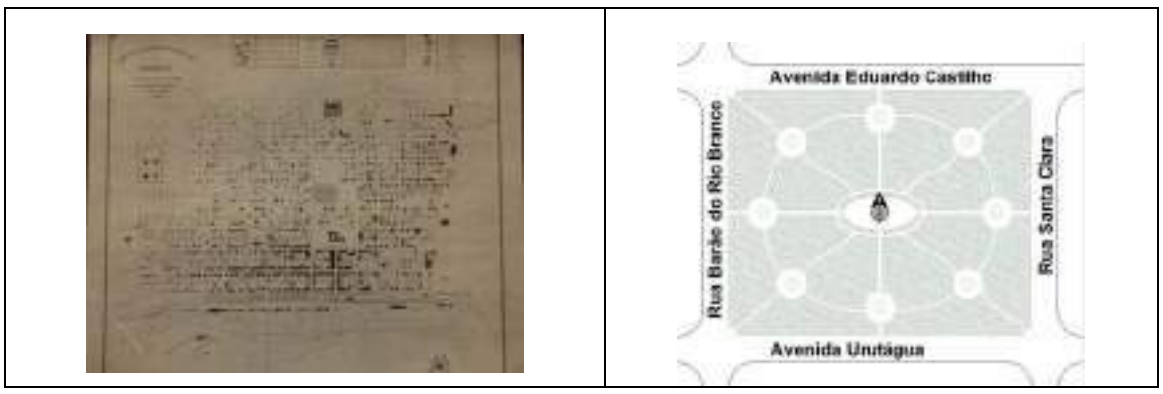


Fig.4 y 5 – Plano del trazo original de la ciudad de Penápolis y plano de la Plaza de los Capuchinos con quiosco central. In: Informe Final FAPESP 2007 del Proyecto de Iniciación Científica de Ana Beatriz Gasparotto. Orientadora: Profa. Dra. Marta Enokibara.

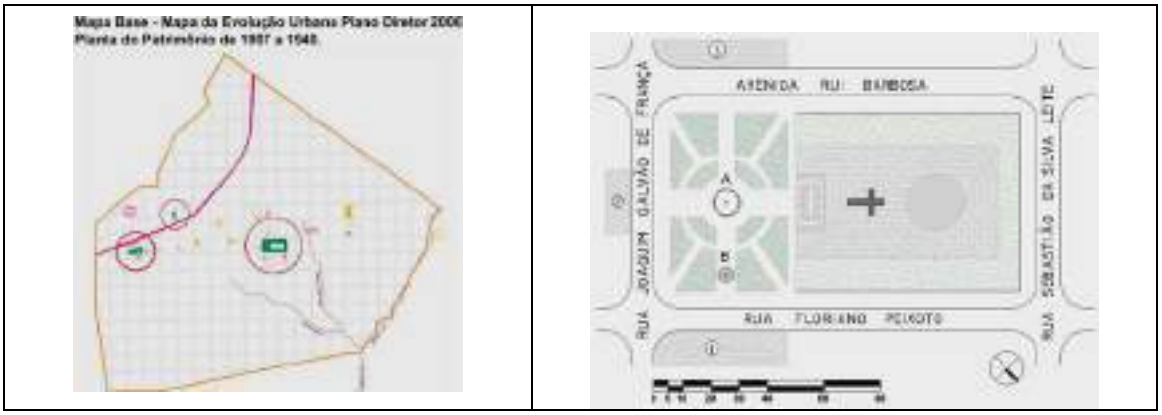


Fig.6 y 7 – Plano del trazo original de la ciudad de Assis y plano de la Plaza Don Pedro II - Fuente central (A) y Quiosco (B) . In: Informe Final FAPESP 2007 del Proyecto de Iniciación Científica de Rafael Tadeu Simabuko. Orientadora: Profa. Dra. Marta Enokibara.

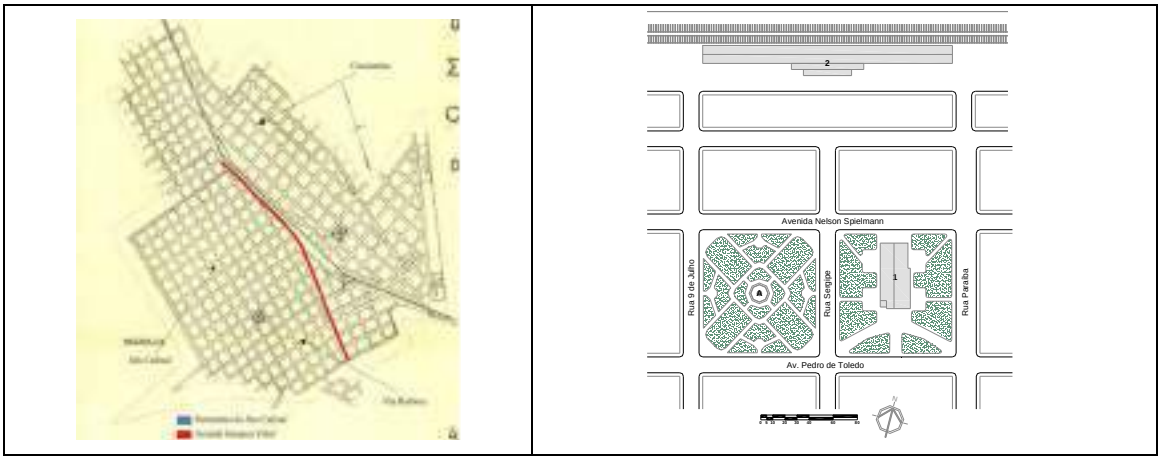


Fig.8 y 9 – Plano del trazo original de la ciudad de Marilia y plano de la Plaza Maria Izabel y la Iglesia Matriz São Benedito. In: Informe Final FAPESP 2007 del Proyecto de Iniciación Científica de Giovanna Carraro Maia. Orientadora: Profa. Dra. Marta Enokibara.



Fig. 10 – Foto de la Plaza Maria Izabel. In: Tarjeta Postal de la Ciudad de Marilia, década de 1960.

Conclusiones

El estudio “Plazas y Jardines del Oeste Paulista” se ha deparado con un repertorio paisajístico característico y representativo de un período marcado por las transformaciones urbanas

provenientes de las ganancias con la producción del café, de la expansión de la red ferroviaria y en un período político específico del país: la primera República. El conjunto urbanístico formado por algunas edificaciones y plazas forma un todo que da particularidad a una serie de ciudades a lo largo de las ferrovías que ocasionaron la ocupación del oeste paulista. Este conjunto, apenas tuvo su patrimonio inventariado y ya se encuentra alterado o inexistente. La sistematización de las informaciones que vienen siendo levantadas y organizadas en un banco de datos podrán, en su totalidad, dar subsidios para proyectos de recuperación o preservación de tales edificios, plazas o conjuntos. Infelizmente el poco espacio disponible de un texto no posibilita traer todo un conjunto de levantamientos de cada plaza, pero un pequeño muestreo tuvo la intención de divulgar el estudio en andamiento y traer para discusión con otros investigadores de áreas afines.

Referencias

(1) El Proyecto Temático FAPESP tuvo inicio en abril de 2006 y con previsión de término para 2010. Bajo mi orientación, en 2007, hubo los siguientes becados con los respectivos proyectos de iniciación científica vinculados al proyecto: "*Praças e Jardins do Oeste Paulista. A configuração e reconfiguração do espaço público com a introdução da ferrovia – linha Araraquarense*" (Aline Silva Santos); "*Praças e Jardins do Oeste Paulista. A configuração e reconfiguração do espaço público com a introdução da ferrovia – linha Paulista*" (Giovanna Carraro Maia); "*Praças e Jardins do Oeste Paulista. A configuração e reconfiguração do espaço público com a introdução da ferrovia – linha Noroeste*" (Ana Beatriz Gasparotto) e "*Praças e Jardins do Oeste Paulista. A configuração e reconfiguração do espaço público com a introdução da ferrovia – linha Sorocabana*" (Rafael Tadeu Simabuko). En total fueron 25 becados de iniciación científica vinculados al su-tema 3, equipo Unesp-Bauru, durante el año de 2007. Para este año de 2008 están previstos 20 becados más para dar continuidad a los levantamientos en el oeste paulista.
(2) F.F.M. Almeida. "Fundamentos geológicos do relevo paulista*"* (publicado originalmente em 1964), IGEOG, São Paulo, 1974.
(3) P. Mombeig, "Pioneiros e fazendeiros de São Paulo". São Paulo, Editora Hucitec; Editora Polis, 1984.
(4) H.A.Salgueiro (org). "Pierre Monbeig e a Geografia Humana Brasileira*".* Bauru, EDUSC, 2006.
(5) N. R.T. Constantino. *"*Permanências da estrutura agrária na formação do oeste paulista"*. Estudio* vinculado al subtema 3, equipo Unesp-Bauru del Proyecto Temático FAPESP antendicho.
(6) Reynaldo Dierberger, paisajista graduado en Alemania, actuó en importantes proyectos paisajísticos en la capital y en el interior del estado de São Paulo. Su proyecto más conocido son los jardines del Museo de Ipiranga, propuestos en la segunda década del siglo XX, integrando el equipo del urbanista Francisco Prestes Maia. El archivo particular de la empresa Dierberger & Cia viene siendo inventariado por mí desde 2005 y el estudio está incluido en el Proyecto Temático FAPESP antedicho.
(7) El repertorio vegetal que fue utilizado en estas plazas y jardines es de difícil identificación no sólo por las transformaciones que tales espacios sufrieron a lo largo del tiempo, como también por la ausencia de un registro que identifique las especies en cada momento de transformación. Una pista de este repertorio podrá ser esclarecida con otro estudio en proceso, también vinculada al Proyecto Temático FAPESP, sobre las Fichas de Envío de Plantas y semillas del Instituto Agronómico del Estado, en la ciudad de Campinas, que distribuía plantas y semillas para la capital y el interior. Proyecto de Iniciación Científica de Bruna Panigassi Zechinato bajo la orientación de la Profa. Dra. Marta Enokibara.
(8) Para este año de 2008 están previstas 20 becas más de iniciación científica FAPESP para continuar el levantamiento de las ciudades del oeste paulista.

ANÁLISIS DE DAÑOS POR ELIMINACIÓN DE CONTRAFUERTES EN UNA IGLESIA DEL SIGLO XVII

J. García-Barba
Dpto. de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e Infraestructura Urbana. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alicante. Alicante, España

j.garciabarba@ua.es

ÁREA TEMÁTICA: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL. INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

RESUMEN

Las intervenciones que en multitud de circunstancias y épocas se han desarrollado sobre edificios históricos o en su entorno, con objeto de cubrir las necesidades puntuales que pudieron aparecer en su momento para el normal desarrollo de sus actividades funcionales diarias, llevó a que se realizaran actuaciones sin criterios técnicos que afectaron, no ya solo a la estética o funcionalidad del edificio, sino también, y lo que es más grave, a su comportamiento estructural. Claro ejemplo de lo antedicho es la ejecución del convento aledaño al templo de la Iglesia de las Tres Ave Marías de los Hermanos Menores Capuchinos en Totana (Murcia) en el que, hacia 1950, se eliminaron total o parcialmente los contrafuertes del lado derecho para poder adosar el convento, dando como resultado que se han venido produciendo daños en forma de fisuras, tanto en la clave y en los riñones de la iglesia, como en otras zonas menos significativas, como pueda serlo el solado.

PALABRAS CLAVE

Arquitectura, historia, contrafuertes, lesiones.

1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La Iglesia fue inaugurada en el año 1604 bajo la tutela de la orden de los Franciscanos Alcantarinos. Posteriormente, en 1899 se instalaron en ella hermanos de la Orden Capuchina, actuales titulares [1].

Para acceder al templo, elevado respecto de la rasante de la calle y situado en la Plaza del Convento, existen unas escaleras de doble tramo rematadas con una balaustrada metálica. La fachada principal es muy simple, con una única puerta de acceso al interior rematada por un frontón triangular sobre el que se encuentra situado un gran ventanal para la iluminación del coro, de forma que en su lateral izquierdo puede observarse la presencia de una torre. En su interior, la disposición constructiva es de una sola nave con capillas laterales comunicadas mediante pasillos –si bien con una clara asimetría en cuanto a las dimensiones de los mismos-, con coro y presbiterio en exedra. La nave está decorada en blanco con dibujos geométricos, presentando diversas vidrieras tanto en los laterales de la nave como en el altar mayor, donde destacan dos lienzos de considerables proporciones de Senén Vila, representando a San Buenaventura (Titular del Convento) y a San Pedro de Alcántara (Titular de la Orden). Por último, debe destacarse que presenta una falsa cúpula y que carece de crucero.

2.- CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y ESTADO ACTUAL

La iglesia se encuentra ejecutada mediante muros de carga de 0,60 metros de espesor, compuestos por mampostería de piedra y argamasa, con la presencia de dos pasillos laterales formados a partir de los contrafuertes del edificio y que permiten el acceso a la nave central, con un ancho cada uno de ellos de 1,25 y 4 metros en el lado derecho e izquierdo respectivamente. El cuerpo principal de la nave tiene treinta metros de largo por diecisiete de ancho, con un total de siete crujías y con una distancia entre ellas de cuatro metros, estando la iglesia en su lateral derecho apoyada por el convento ya mencionado.

La necesidad de construir un convento anejo a la iglesia a mediados del siglo pasado, llevó a los encargados del trabajo a la eliminación parcial o total de los contrafuertes en el lateral derecho de la construcción; pero no únicamente en aquellas partes que pudieran afectar a la ejecución y ampliación del nuevo edificio, sino también en otras cercanas que no tenían incidencia alguna en la mencionada obra (Fotos 1 y 2).



Foto 1.- *Vista lateral del templo, convento y contrafuertes.*



Foto 2.- *Detalle del lateral derecho mostrando contrafuerte eliminado.*

Esta situación ha venido provocando a lo largo de las últimas décadas la aparición de fisuras en diversas zonas, fundamentalmente en la clave, los riñones y pasillos laterales, así como en la solera.



Foto 3.- *Fisuras en clave y arranque de arcos.*

3.- TRABAJOS REALIZADOS

Los daños aparecidos en el interior de la iglesia ponían de manifiesto dos posibles orígenes de los mismos; de un lado, la falta de estabilidad lateral debido a la disminución o ausencia de contrafuertes en el lado derecho del templo, de otro, un fallo en el entramado de cimentación por colapso del terreno, como consecuencia de la reducción de la superficie de transmisión de cargas al haberse eliminado parte de los contrafuertes. Para el primero de los trabajos se realizó una simulación mediante un programa informático desarrollado en la Universidad Politécnica de Cataluña y un visualizador desarrollado en el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (versión académica)[2]; el programa de propósito específico evalúa la seguridad de las estructuras pétreas o de obra de fábrica mediante el análisis límite de Heyman, combinando el concepto de equilibrio antifunicular y optimización, tomando como datos de partida los croquis de planta y alzado obtenidos en obra [3, 4, 5, 6].

Para los trabajos que tenían como objetivo estudiar el terreno de cimentación, se llevaron a cabo dos sondeos, uno en el interior de la iglesia –cerca de la zona más dañada- y otro en un jardín cercano, con modelo a rotación y recuperación continua de testigo de seis metros de profundidad, acometiéndose diversos ensayos durante la realización de dichos trabajos así como en las muestras de terreno obtenidas.

3.1.- Modelización de la estructura

El análisis de estabilidad se realizó considerando un sistema estructural bidimensional, con la estimación de que las bóvedas descargaban básicamente en los arcos y, éstos, a través de los muros laterales, transmitían la carga a la cimentación (Figura 1). Como superficie afectada se definió la distancia media entre crujías (cuatro metros), si bien el hecho de que la bóveda descargara directamente sobre la pared hizo que los cálculos obtenidos permanecieran del lado de la seguridad. En el pórtico se modelizaron distintas zonas con objeto de tener en cuenta tanto muros y bóvedas como contrafuertes, elementos estos últimos de menor sección; véase en la Figura 2 la definición transversal del pórtico virtual, de forma que se esquematizan en rojo los contrafuertes eliminados.

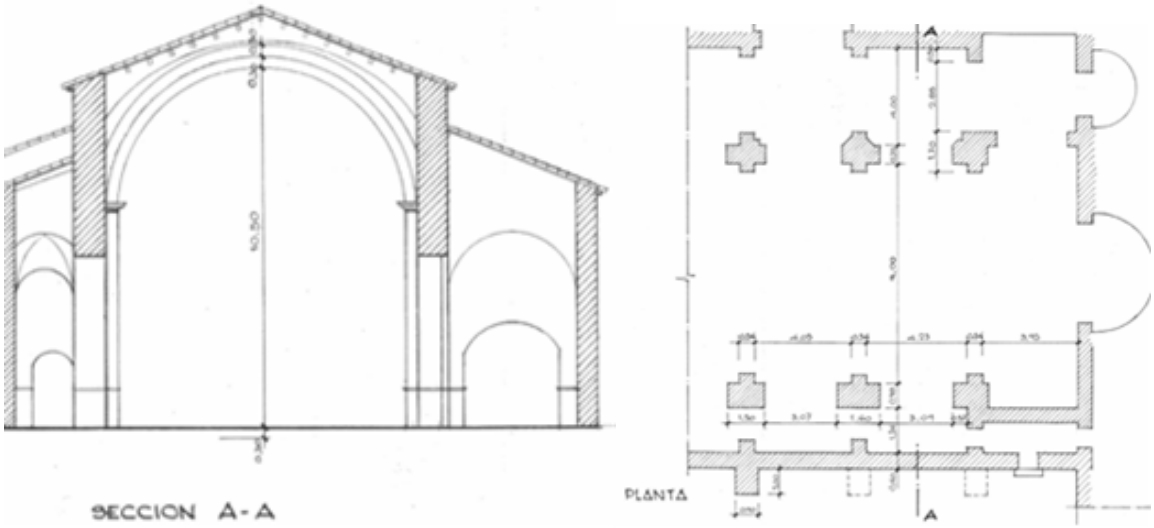


Figura 1.- *Esquema de la sección principal y planta de la parte central de la iglesia.*

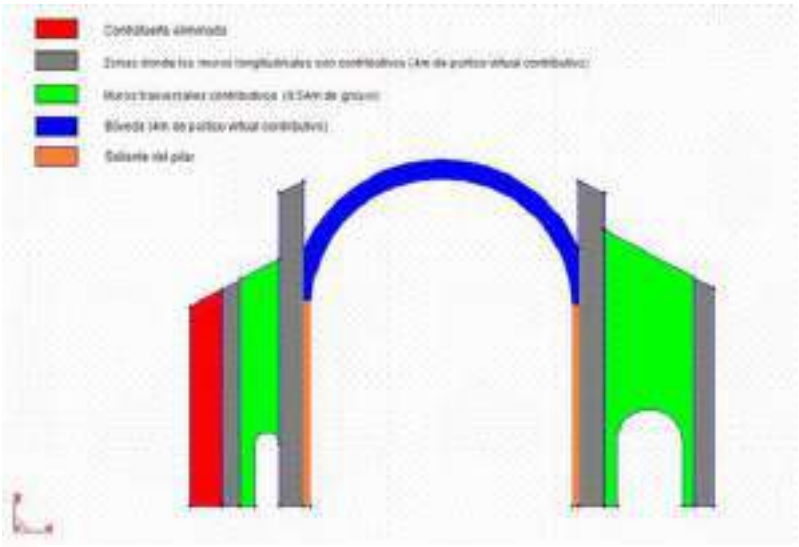


Figura 2.- *Definición transversal del pórtico virtual.*

3.2.- Estudio geotécnico

La naturaleza del terreno existente en la zona, llevaba a pensar en la posibilidad de que una disminución de la superficie de transmisión de las cargas al terreno –debido a la supresión de parte de los contrafuertes-, hubiera afectado a su estabilidad y capacidad portante, puesto que la inspección del entramado de cimentación no mostró daños a tener en cuenta, de forma que se realizaron dos sondeos separados entre sí para tener un mejor conocimiento del terreno. Durante el desarrollo de los trabajos se pudo observar “in situ” la existencia de dos niveles principales de materiales; rellenos, con una potencia media de 0,70 metros, y gravas arenosas, con espesores constatados en laboratorio en torno a 4,70 metros; así mismo, se llevaron a cabo diversos ensayos de penetración estándar (S.P.T.) a fin de poder estimar la compacidad del terreno y obtener, al mismo tiempo, muestras alteradas del mismo para posteriores ensayos de laboratorio, con los que se obtuvieron las características geotécnicas de los materiales obtenidos (tales como ángulo de resistencia interna, cohesión, y módulo de elasticidad entre otros), y la posible presencia, fundamental a efectos de estabilidad, del nivel freático.

4.- RESULTADOS OBTENIDOS

4.1.- Sobre la estructura

Un primer análisis tomó como punto de partida el estado inicial del edificio, en el que no se había realizado la eliminación de ninguno de los contrafuertes; así, véase en la Figura 3 cómo la línea de presiones se encontraba centrada en la clave de la bóveda, de forma que la fisuración debiera ser prácticamente nula en esos puntos; por lo tanto, y aún destacando la considerable asimetría de la sección transversal, se podía asegurar que la configuración inicial de la estructura no presentaba problemas de estabilidad, hecho avalado por la ausencia de daños significativos a lo largo de los años.

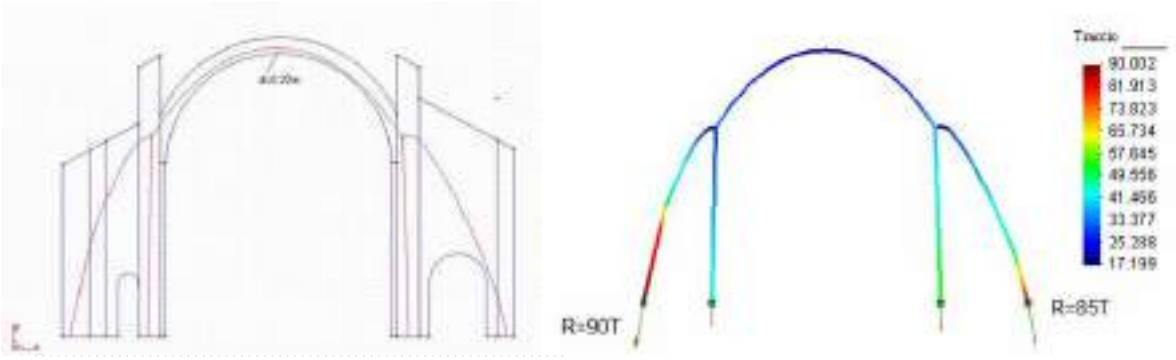


Figura 3.- *Configuración de equilibrio y estimación de esfuerzos en la estructura original.*

En un análisis posterior se consideró la eliminación de un contrafuerte en una de las crujías, con objeto de definir la estabilidad y esfuerzos que pudieran aparecer en la estructura. Debe indicarse que, en este caso, la línea de presiones se elevaba hacia el extradós de la clave de la bóveda (Figura 4), de forma que aparecieron esfuerzos de tracción en el intradós de la misma, justificando la existencia de fisuras en esos puntos, quedando constancia de cómo la línea de presiones era prácticamente tangente al intradós de la zona izquierda del arranque del arco, situación que provocaría la aparición esfuerzos de tracción en la parte exterior de la bóveda, pudiendo tener su reflejo en el interior del templo; en estas condiciones, el muro era incapaz de de resistir el empuje del arco y tendería a girar perdiendo su verticalidad, de forma que la desaparición del contrafuerte tuvo un importante efecto en la disminución de la capacidad resistente y en la estabilidad de la estructura.

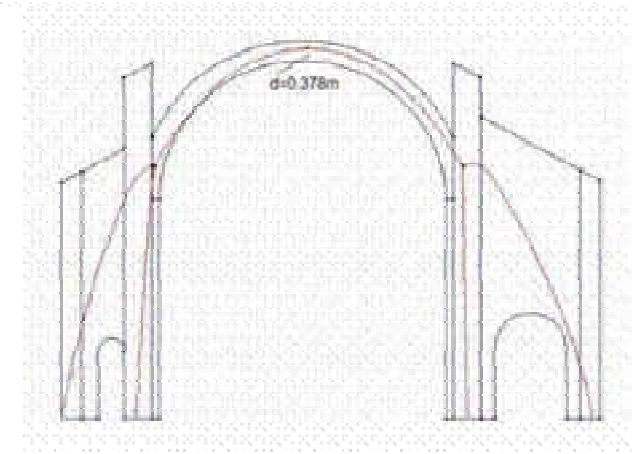


Figura 4.- *Configuración de equilibrio tras la supresión del contrafuerte.*

4.2.- Sobre el terreno

En los dos sondeos efectuados se observó, en primer lugar, la presencia de rellenos que estaban constituidos por materiales de la zona, dispuestos como elemento de cubrición sobre la cimentación; bajo éstos, y hasta la finalización de los sondeos, se localizaron gravas arenosas de origen aluvial, con compacidad densa y cohesión nula, aunque susceptibles de alteraciones frente a infiltraciones de agua puesto que hubieran podido lavar las fracciones arenosa y limosa. También se realizaron ensayos para determinar el contenido de humedad en el terreno, obteniéndose un valor que mostraba un material subsaturado (3,5% de humedad natural a cinco metros de profundidad), acorde con no haber localizado la presencia de agua freática. Por último, y teniendo en cuenta lo valores obtenidos en los ensayos realizados, se evaluó la capacidad portante del terreno, estimándose como valor mínimo una tensión admisible de 3 Kg/cm^2.

5.- CONCLUSIONES

Del estudio presentado parece evidente que la supresión de los contrafuertes del lado derecho del templo, en una zona donde no se llevó a cabo la obra de ejecución del convento, supuso un desequilibrio en la estabilidad de la iglesia afectando a la posición de la línea de presiones, posibilitando la formación de rótulas plásticas en arranques y clave de los arcos, coincidiendo con las observaciones “in situ”. Por otro lado, el efecto de la eliminación del refuerzo lateral se amplificó por la asimetría de la estructura, puesto que el lado izquierdo (en la derecha en las figuras mostradas) presentaba un mayor peso y, por tanto, mayor estabilidad. Puede asegurarse que sin la mencionada asimetría, la repercusión de la eliminación de los contrafuertes no habría sido tan importante. De forma paralela, en este caso las características geotécnicas del terreno no supusieron una influencia en los coeficientes de seguridad del templo, puesto que los ensayos revelaron una capacidad portante suficiente y no mostraban, en ningún caso, suelos potencialmente colapsables o expansivos ante la presencia de agua.

Finalmente, y como conclusión de los trabajos que se llevaron a cabo, se realizaron una serie de recomendaciones con objeto de poder definir la mejor solución posible a adoptar:

- Realizar un seguimiento en el tiempo que ofreciera datos sobre la evolución del ancho de las fisuras en la totalidad de la iglesia, obviando situaciones de temporalidad tales como época estival o tiempo de lluvias, que pudieran afectar a las lecturas realizadas.
- Independientemente a lo mencionado en el párrafo anterior y de los resultados obtenidos, diseñar una estrategia que supusiera la ejecución de nuevos elementos estructurales que reemplazaran a los contrafuertes eliminados, ya fuera con materiales y técnicas similares a las empleadas en su momento, o mediante estructuras de hormigón armado o metálicas, que permitieran una correcta distribución de esfuerzos en el entramado estructural

6.- REFERENCIAS

[1] P. Hernández, “Los frailes capuchinos en Totana. 1899-1936. Vols. I, II y III”, Totana, 2000.

[2] Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña, Programa GiD.

[3] J. Heyman, “The masonry arch”, Chiester, 1982.

[4] S. Huerta Fernández, “Structural design of arches, vaults and domes in Spain”, Escuela Superior de Arquitectura, Madrid, 1990.

[5] M. Irvine, “Cable structures”, MIT press, Massachussets, 1981.

[6] C. Molins, “Numerical simulation of the ultimate response of arch bridges”, Structural analysis of historical construction, II CIMNE, Barcelona, 1998.

CRITERIOS DE OBJETIVACIÓN, MÉTODO Y PROPUESTA LEGAL PARA LA CORRECTA DELIMITACIÓN DE LOS ENTORNOS PROTEGIDOS

Alejandro García Medina.
Arquitecto. Servicio de Patrimonio Histórico y Cultural.
Consejería de Cultura y Patrimonio Histórico y Cultural. Cabildo de Gran Canaria.
C./ Bravo Murillo, 33 - 35002 Las Palmas de Gran Canaria, España

ajgarcia@grancanaria.com

AREA TEMÁTICA: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

RESUMEN

La necesidad de proteger, controlar, incluso restaurar, los entornos de los bienes patrimoniales es incuestionable desde la disciplina de la Protección del Patrimonio Histórico; pero la realidad de su control y preservación es aún dudosa , en un mundo de procedimientos administrativos (legales) donde ha desaparecido el consenso o el debate especializado (arquitectónico, artístico, histórico, …) y solo se atiende a procedimientos contenciosos y judiciales donde se soslayan los conceptos de "entorno", "ambiente"," carácter",y otros, en tanto que "conceptos jurídicos indeterminados".

Avanzar en su definición teórica y plasmación legal es nuestro propósito.

Para objetivar su determinación teórica nos fundamentaremos en la vinculación entre entorno y contemplación, y así, con ayuda de la ciencia de la Óptica y de métodos gráficos, podremos fijar parámetros objetivos y mensurables.

PALABRAS CLAVE: Entorno; Delimitación; Método; Propuesta legislativa.

---

1. LA NOCIÓN DE ENTORNO EN RELACIÓN CON LA PRESERVACIÓN DEL AMBIENTE

"La noción de monumento histórico comprende tanto la creación arquitectónica aislada, como el ambiente urbano o paisajístico que constituya el testimonio de una civilización particular, de una evolución significativa o de un acontecimiento histórico. Esta noción se aplica no sólo a las grandes obras, sino también a las obras modestas que con el tiempo hayan adquirido un significado cultural."
"La conservación de un monumento implica la de sus condiciones ambientales. Cuando subsista un ambiente tradicional, éste será conservado; por el contrario, deberá rechazarse cualquier nueva construcción, destrucción y utilización que pueda alterar las relaciones de los volúmenes y los colores."
"El monumento no puede ser separado de la historia de la que es testimonio, ni del ambiente en el que se encuentra…. "

Artículos 1, 6 y 7 de la Carta de Venecia (1964).

A estas alturas del debate sobre el Patrimonio Histórico es innecesario insistir en la importancia y profunda relación de los distintos Bienes Culturales con sus entornos físicos. Pues, desde el monumento (concreto e inmueble) hasta el bien cultural intangible de una determinada manifestación popular, todo acto y actividad se desarrolla en un medio físico, que lo explica y que le es necesario para su apreciación y su "valoración". [1]

La existencia de un entorno a toda cosa es incuestionable, es una realidad topológica y etimológica.

Otra cosa es si dicho entorno etimológico alcanza realidad jurídica y en que condiciones.

[1] Aunque la ponencia trata de la valoración de todo entorno, para una mayor facilidad de exposición y lectura me referiré en general al entorno tipo de un edificio o monumento, y el lector podrá considerar la equivalencia para cualquier otro tipo de Bien Patrimonial, evidentemente existen diferencias que superan la intención de esta primera exposición pública.

2. LA LEGISLACIÓN ESTATAL Y AUTONÓMICA

2.1 La Ley del Patrimonio Histórico Español (en adelante LPHE)

La Ley 16/1985 del 25 de junio de 1985 (B.O.E. nº 155 de 29 de junio de 1985) establece como incuestionable la exigencia de delimitación del entorno:

Art.11.2. La resolución del expediente que declare un Bien de Interés Cultural deberá describirlo claramente. En el supuesto de inmuebles, delimitará el entorno afectado por la declaración … "

Artículo 17: En la tramitación del expediente de declaración como Bien de Interés Cultural de un Conjunto Histórico deberán considerarse sus relaciones con el área territorial a que pertenece, así como la protección de los accidentes geográficos y parajes naturales que conforman su entorno.

Artículo 19.3….. Se prohíbe también toda construcción que altere el carácter de los inmuebles a que hace referencia este artículo o perturbe su contemplación.

2.2 La Ley de Patrimonio Histórico de Canarias (en adelante LPHC)

A modo de ejemplo, la Ley 4/1999, de 15 de Marzo (BOC nº 36 de 24 de marzo de 1999 y BOE nº 85 de 9 de Abril de 1999), introduce unas comas que son suficiente para las más ridículas reticencias jurídicas, que dejan la delimitación del entorno como cuestión potestativo e inexistente si no se haya expresamente declarado, y negando su aplicación a aquellos Bienes de Interés Cultural, cuya declaración anterior a la LPHE y LPHC no les impuso la necesidad de delimitar expresamente sus entornos.

Artículo 26.- Delimitación y entorno de protección.

*1. La delimitación de un bien inmueble de interés cultural y la de **su entorno de protección, en su caso,** se determinará con carácter provisional en el acto de su incoación, sin perjuicio de la delimitación definitiva que se incorpore a la declaración al término del expediente.*

2.3 Los entornos no expresamente declarados: Problemática y respuesta jurídica.

Este dilema, sobre la aplicabilidad de la protección sobre el entorno a los monumentos que no cuentan con delimitación expresa también ha sido objeto de polémica en otros casos como el Castillo de Santa Bárbara en el monte Benacantil, en Alicante , con intervención del Tribunal Superior de Justicia Valenciano (es interesante realizar consulta en la Web sobre esta polémica y proceso que ha durado años).

José María Abad Liceras, profesor de Derecho Administrativo y Urbanismo, en su libro "Urbanismo y Patrimonio Histórico". Editorial Montecorvo. Madrid 2000, nos ofrece una magnífica exposición, de la que hago elogiosamente el siguiente amplio extracto:

"La figura del entorno constituye uno de los elementos esenciales a tener en cuenta a la hora de delimitar y determinar la aplicación del régimen de protección de los inmuebles culturales derivados de la legislación especial sobre patrimonio histórico.
En efecto, centrar la protección legal tan solo con relación al inmueble histórico afectado, prescindiendo de otra serie de factores concomitantes con el edificio en sí, como son la situación, los diferentes edificios o construcciones que le rodean, o el ambiente, panorámica, perspectiva y paisaje en que se inserta, sería ilógico.
En definitiva, el inmueble cultural no puede ignorar su situación en un espacio geográfico determinado, que se ve rodeado por otra serie de elementos que se suelen integrar bajo el extenso concepto de entorno.
Por ello, atribuir una serie de competencias sobre un determinado inmueble, enmarcadas en la legislación sobre patrimonio histórico, prescindiendo de todo aquello que rodea al edificio, supondría negar la realidad y una evidencia constatable.
Sería absurdo proteger escrupulosamente un determinado edificio con base a la normativa sobre patrimonio histórico y tolerar, al mismo tiempo, que a su lado se construyan otra serie de inmuebles que desentonen, cuando no ataquen frontalmente, los valores culturales insitos en aquél.
Por esas razones, la jurisprudencia del Tribunal Supremo estableció el principio general de que la Administración competente en materia de patrimonio histórico está legitimada para intervenir en el entorno inmediato de los bienes culturales, con el fín de preservar y salvaguardar su integridad, panorámica, perspectiva, y los diferentes valores que aconsejaron su declaración como tal."

Delimitación del entorno.
"Uno de los principales problemas radica en determinar la distancia o ámbito geográfico en que será aplicable la previsión contenida en el precepto legal.
En el supuesto de que un inmueble histórico posea un entorno protegido, determinado oficial y expresamente en la correspondiente declaración administrativa, es sencillo determinar el área en principio subordinada o condicionada por la existencia del referido edificio de carácter cultural.
El conflicto se agudiza en el supuesto de un inmueble histórico que carezca de un entorno definido o delimitado. ¿cuál sería el criterio a utilizar para determinar los edificios o construcciones afectadas por la declaración contenida en el artículo 37.3 LPHE?.
Entre las respuestas que pueden ofrecerse destacan, entre otras, las dos siguientes:
1.-A nivel legal, puede tomarse como referencia la previsión contenida en el artículo 39.3 de la Ley 2/1999, de 29 de marzo, de Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura….
***Art. 39.3.** Los entornos de protección desde el vestigio más exterior del bien contemplarán, con carácter general, cuando menos, las siguientes distancias:*
*b) **100 metros** para elementos arquitectónicos …..*
2.-A nivel jurisprudencial, la indeterminación del concepto y de la distancia que ha de atribuirse a la inmediatez de una zona protegida o entorno tiene escasos testimonios donde se delimite, aunque sea a título incidental. … en la sentencia de 22 de junio de 1990 (Ar 5405) … se menciona una distancia de 50 metros … . Por el contrario, 100 metros es la distancia considerada en la sentencia de 1 de marzo de 1967 (Ar. 808)…. "

José María Abad Liceras

2.4 Otra legislación autonómica

Una vez conocido el caso de la Ley de Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura, ninguna otra legislación autonómica avanzó en el establecimiento de criterios objetivos, sencillos y mensurables para determinar el ámbito de los entornos; hasta la reciente modificación de la Ley de Patrimonio Histórico de Andalucía (Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía, que deroga parcialmente la Ley 1/1991, de 3 de Julio, de Patrimonio Histórico de Andalucía).

La nueva LPHA, en su *Disposición Adicional Cuarta establece un entorno cautelar para aquellos inmuebles protegidos sin haberlo delimitado, por no exigirlo la norma vigente en su día.*

"DISPOSICIÓN ADICIONAL CUARTA. Entorno de determinados inmuebles.
1. Los monumentos declarados histórico-artísticos conforme a la legislación anterior a la entrada en vigor de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, y los bienes afectados por el Decreto de 22 de abril de 1949, sobre protección de los castillos españoles, que gozan de la condición de Bienes de Interés Cultural, a los que no se les hubiera establecido individualmente, tendrán un entorno de protección constituido por aquellas parcelas y espacios que los circunden hasta las distancias siguientes:
Cincuenta metros en suelo urbano.
Doscientos metros en suelo urbanizable y no urbanizable.
2. Este entorno podrá ser revisado mediante expediente de modificación de la declaración del Bien de Interés Cultural."

2.5 Objeción al criterio de distancia fija uniforme a todo tipo de Bien.

Por supuesto que es mejor un criterio cautelar que diga 50, 100 o 200 metros, sin más detalles, que la ausencia de dicha salvaguarda legal; pero evidentemente existen grandes diferencias entre los distintos tipos de Bienes Culturales, incluso considero que en algunos casos, como las torres y campanarios, existen condiciones de entorno de mayor dimensión que deben ser atendidas.

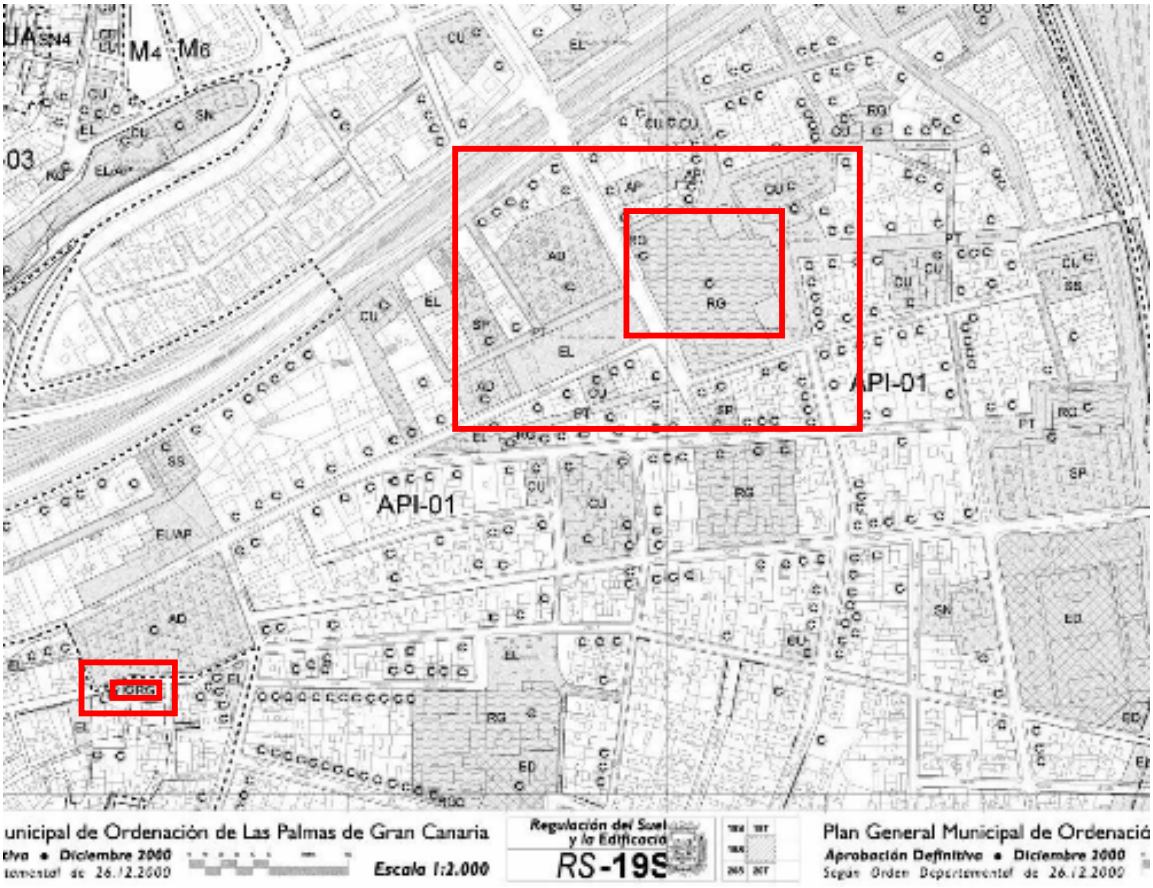
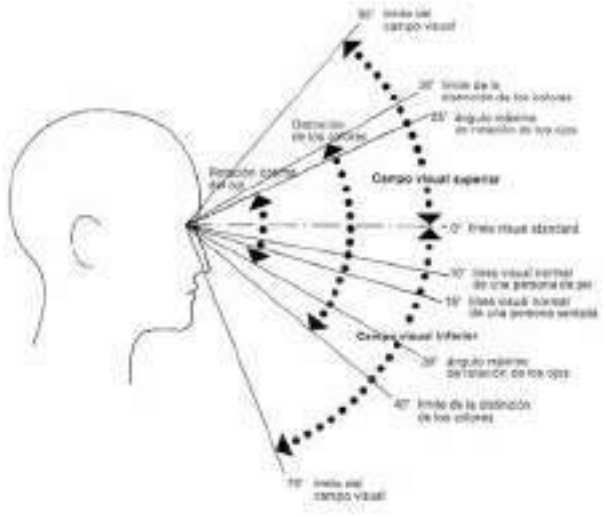


Figura 1. *Plano de un fragmento del Conjunto Histórico de Vegueta. Las Palmas de Gran Canaria. Diferencias entre a) la catedral y b) iglesia de San Juan Bautista.*

3. Criterios de objetivación: del entorno cautelar al entorno definitivo.

Para avanzar en su determinación es preciso analizar algunas definiciones: Así de la LPHC extraemos el siguiente artículo:
"Artículo 26.2. A los efectos de esta Ley, se entiende por entorno de protección la zona periférica, exterior y continua al inmueble cuya delimitación se realiza a fin de prevenir, evitar o reducir un impacto negativo de obras, actividades o usos que repercutan en el bien a proteger, en su contemplación, estudio o apreciación de los valores del mismo."



Efectivamente "la contemplación" es la clave en la apreciación y el estudio, desde el propio nacimiento de la valoración del Patrimonio a partir de la valoración artística y estética, de los anteriormente llamados "Monumentos Histórico-Artísticos".
Si ls visión y la visibilidad son esenciales en la "apreciación", entonces hemos de conocer y estudiar sus parámetros.

Figura 2. *Los ángulos óptimos de visión determinan distancias óptimas de apreciación*

3.1 La visión y la visibilidad del Bien de Interés Cultural.

3.1.1 La protección del entorno, desde la propia visibilidad, parece que nace como una condición general de "mantener el contexto" (contextualización) del Bien en su propio "medio", en su propio "ambiente" , manteniendo su "carácter" y protegiendo su vecindad, de modo que el entorno sería "telón de fondo" para la apreciación visual Bien Patrimonial.
Según esta apreciación, el entorno habría de tener una dimensión "proporcional" al tamaño del propio monumento.
Foto 1. *Plazoleta y Fuente del Espíritu Santo. Las Palmas de Gran Canaria.*

3.1.2 El entorno puede ser el marco desde donde se presenta, aprecia y contextualiza el Bien.
Foto 2. *Acueducto de Segovia. Segovia.*

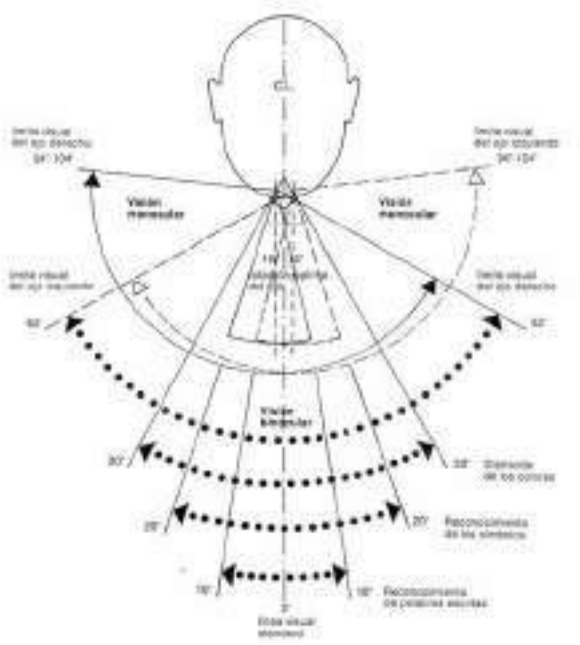
3.1.3 Por otro lado, el Bien y su entorno, con-forman un conjunto, un contexto, un "lugar" especial ("locus" frente a "topos") un contexto general donde el propio monumento gana valor y hace valorar el entorno
Foto 3. *Iglesia de Santo Domingo de Guzmán. Las Palmas de Gran canaria*
Foto 4. *Plaza de Santo Domingo. Las Palmas de Gran Canaria*

3.2 La visión humana. Angulo de visión y fotografía.

Si fuera posible, el Bien protegido debería estar integrado en un entorno que lo enmarque, desde donde sea posible verlo en su conjunto y con un ángulo de visión adecuado.
Según el grado de observación y precisión, la visión común se enmarca en distintos escalones angulares:

Angulo de visión	Grado de percepción	Visión de la arquitectura
Entre 0º y 5º	Agudeza visual, lectura	Visión de pequeños detalles ornamentales
Entre 5º y 30º	Visión concentrada, reconocimiento de gráficos	Visión de detalles medios, Visión general concentrada.
Entre 30º y 60º	Visión general. Distinción precisa de los colores	Angulo máximo de apreciación general de un solo objeto en una sola mirada.
Entre 60º y 120º	Visión binocular amplia, nitidez y profundidad.	Visión general no concentrada.

Tabla 1. Visión angular



Existe un cierto paralelismo entre este escalonamiento y la distancia focal de las lentes fotográficas, pues no olvidemos que la visión de un monumento hoy no solo se aprecia en el momento y lugar, sino que se puede "congelar" y transmitir en el tiempo y el espacio: las cámaras fotográficas son ya parte de nuestra memoria personal y social.

Pensemos en el papel de las postales turísticas

Figura 3. *Podemos analizar los planos urbanos y de entorno considerando los ángulos de visión posibles*

3.3 Relación directa entre ángulo visual y distancias

Para dibujar los ángulos de visión, aunque de sencillo trazado geométrico sobre planos, con ayuda del concepto de "arco capaz"; pueden simplificarse (aproximativamente) en distancias métricas variables (he aquí la adecuación a cada caso particular) , pues las distancias a considerar se traducen en módulos según las propias dimensiones de cada monumento (altura y anchura de cada fachada fundamentalmente) .

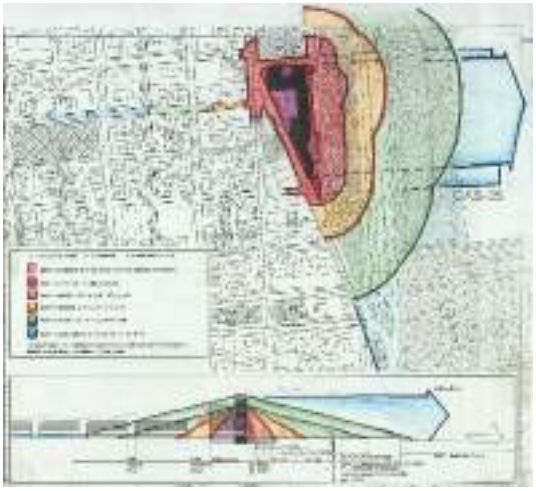
Angulo de visión	Tipo de visión	Modulo de distancia
5º	Visión del monumento commo detalle. Visión territorial	12 veces su altura o anchura
15º	Visión general del monumento en su contexto	4 veces su altura o anchura
30º	Visión completa aislada del monumento	2 veces su altura o anchura
60º	Visión próxima	1 vez su altura o anchura

Tabla 2. Relación entre ángulo de visión y distancias en relación con las dimensiones de cada caso.

3.4 Un ensayo de delimitación óptica: La Casa del Marino

La Casa del Marino es un edificio singular de grandes dimensiones con un complejo y amplio programa funcional, Comercial, hospitalario, escolar, residencial, administrativo, etc.
Fue proyectado y construido por el insigne arquitecto racionalista Miguel Martín Fernández de la Torre entre 1958 y 1964 y marcó y marca un hito urbano de la Ciudad y su relación con el Puerto.

Su complejidad espacial y relación con los distintos ambientes y espacios urbanos que lo rodean lo hacen muy interesante para este ensayo.



Se han establecido los siguientes anillos de análisis:
-Entorno interior o in-torno, como área interior del polígono de cierre para edificios abiertos o conjuntos de edificaciones
-Entorno inmediato: $\alpha > 60 \approx d < \frac{1}{2}$ h.
-Entorno próximo: $60 > \alpha > 45 \approx 1/2h < d < 1h$.
-Entorno general: $45 > \alpha > 30 \approx 1h < d < 2h$.
-Entorno amplio: $30 > \alpha > 15 \approx 2h < d < 4h$.
-Entorno paisajístico y teritorial: $15 > \alpha > 0 \approx 4h < d$
Siendo: α = ángulo de visión; d = distancia; h = altura del inmueble

Figura 4. *Plano de análisis*

3.4 Correcciones y ajustes a la delimitación óptica, según hitos físicos

Después de realizado el análisis, es conveniente ajustar sus determinaciones a los distintos hechos construidos existentes, aceras, calles, bordes de plaza, etc. Si bien , la mayor parte de los inmuebles urbanos solo alcanzan el entorno próximo, debido a la anchura y ocultación de las calles.



Después del análisis anterior, la propuesta establece las siguientes partes:

-Edificio protegido: Interior a la poligonal de cierre.
-Entorno inmediato: Perímetro de aceras.
-Entrono próximo: Vías y áreas públicas perimetrales.
-Fachadas vecinas afectadas por la condición de entorno.
-Entorno urbano.
-Entorno paisajístico y territorial: Edificio-puerto-horizonte.
A cada parte podría corresponderle unas condiciones de control y adecuación al BIC, distintas.

Figura 5 *Plano propuesta.*

4. Conclusión 1: Delimitar el entorno no es "protegerlo en las condiciones actuales", sino señalar la necesidad de su control.

En ocasiones el entorno está muy alterado, pero no significa que por ello no deba ser delimitado, más bien al contrario; pues el entorno es parte del Bien Cultural y no solo ha de protegerse como el Bien, sino que también puede requerir que sea restaurado, rehabilitado, restituido o proyectado ex - novo como si se tratara de una ampliación.

Delimitar y proteger el entorno no debe significar que no se pueda hacer nada o que no se pueda construir en un entorno paisajístico o territorial, sino que han de establecerse paralelismos con los criterios de actuación en los propios monumentos y planificar modelos compatibles con la salvaguarda de los valores esenciales del Bien (por ejemplo: mantener la relación con el paisaje, con el horizonte, con las vistas desde y hacia el monumento, su relación con el mar, etc.

5. Conclusión 2: Propuesta legal

Sin pretender aún una redacción definitiva y literal avanzo la siguiente redacción:

La delimitación del entorno deberá justificarse en base a un análisis de visibilidad y alcanzará todos los lugares públicos, calles, plazas, etc., desde donde se pueda apreciar el monumento total o parcialmente; hasta los siguientes límites:

a) la siguiente fachada opuesta en todo el perímetro del monumento
b) hasta una distancia no menor de dos veces su altura o anchura,
c) hasta una distancia común de cuatro veces su altura o anchura,
d) para aquellos elementos con incidencia paisajística y territorial se podrá admitir un entorno parcial o total de hasta 12 veces su altura o anchura, o mayor.

Conjuntamente a la delimitación del entorno habrán de establecerse las condiciones que deberán cumplir las actuaciones y obras comprendidas en su delimitación.

Referencias

(1) José María Abad Liceras: "Urbanismo y Patrimonio Histórico". Editorial Montecorvo, S.A.. Madrid 2000, pp.50-53

CAMPO DE BATALLA
MONASTERIO DE SAN BENITO EN SAHAGUN

D. Villanueva Valentín-Gamazo [(1)] y Rubén García Rubio [(2)]

Dpto. Teoría de la Arquitectura y Proyectos Arquitectónicos.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid.
47014. Valladolid, España.

davidvillanueva@orangemail.es [(1)], ruben.rubio@coal.es [(2)]

ÁREA TEMÁTICA: OTROS PATRIMONIOS. VALORACION, PROTECCION E INTERVENCION EN EL PATRIMONIO CULTURAL RECIENTE Y EN LA OBRA CIVIL HISTORICA.

Nos gustaría comenzar el artículo haciendo referencia al titulo del mismo, ¿porque “Campo de Batalla” al hablar de un levantamiento arquitectónico? Sencillamente porque esta expresión nos ha acompañado desde el inicio, podríamos decir que desde el primer contacto con el Monasterio de San Benito nos hemos imaginado su levantamiento como una batalla. Hemos recordado aquellos relatos medievales sobre las múltiples contiendas que se llevaron a cabo en esta época, y hemos encontrado innumerables similitudes. En ambas, existen una serie de fases que necesitan ser estudiadas por separado para poder conseguir una victoria final. En ellas encontramos un análisis previo de los elementos de los que disponemos, una estrategia que nos sirva para poner en orden ese análisis inicial y, una batalla de la queremos salir victoriosos. En un principio todo esto puede resultar obvio, pero solamente tenemos que echar un ojo atrás y así poder ver cuantas batallas se han perdido por una falta o mala planificación.

Análisis Previo. Breve reseña histórica.

El trabajo previo en cualquier estudio sobre un edificio histórico es el de investigación documental, recopilando la información existente en archivos históricos (estatales, provinciales, municipales y privados) así como situándolo en su contexto, con el objeto de obtener una aproximación, lo mas objetiva posible sobre su evolución histórica. Además del estudio del propio Monasterio, deberíamos también estudiar la evolución que tuvo la ciudad de Sahagún, sin olvidar la ayuda en su crecimiento que supone situarse dentro del Camino de Santiago [1].

En nuestro caso, para tener una visión más general, deberíamos comenzar estudiando los orígenes del Monasterio. Su origen se remonta a la legendaria pasión de los santos Facundo y Primitivo hacia el siglo III, y a partir del enterramiento de sus reliquias se formo el primer núcleo religioso [2]. Posteriormente, éste complejo será destruido, reestructurado y ampliado por los sucesivos reyes leones como Alfonso I, Alfonso II y Alfonso III. Pero fue con el mecenazgo de Alfonso IV, cuando el Monasterio de San Benito, y la ciudad de Sahagún, vivieron su mayor esplendor, por lo que podríamos reconocer a este momento como el nacimiento del Monasterio de San Benito.

En paralelo se aborda el estudio de la tipología arquitectónica del monasterio y su evolución, y más concretamente el modelo Cluniacense que es del que procede. Bajo este criterio podríamos tener un marco general de conocimiento del origen del monasterio así como de la respuesta que la historia de la arquitectura ha ofrecido a los programas funcionales cluniacenses. Por tanto, nos encontraríamos ante una segunda fase, que sería la del reconocimiento de la evolución de la construcción. Para ello, una de las primeras cosas que debemos entender es que se trata de un objeto físico y, que además es un objeto que nos ha sido legado a través del tiempo. Esta presencia y este margen temporal, actúan de una manera doble. Pueden ayudarnos, pero a veces pueden confundirnos.



Foto 1.
Detalle del Monasterio de Sahagún en 1786 (AHN, Consejos).

Esto es debido a que en la mayoría de los casos los objetos no se nos presentan en la actualidad tal y como se concibieron, ya sea porque no llegaron a construirse totalmente, por cambios de uso, por deterioro y perdida de elementos, etc., y además prácticamente todos estos contratiempos no suelen estar adecuadamente documentados, por lo que el acercamiento a la evolución es primordial para conocer y comprender el objeto a estudiar. Para ello debemos realizar un gran esfuerzo en "escuchar" al objeto e intentar comprender lo que nos esta contando. En este momento es donde intentaremos reconocer todos los conocimientos adquiridos en la etapa anterior, y donde será de gran ayuda contar con la colaboración multidisciplinar de historiadores, arqueólogos, geólogos, físicos, topógrafos, etc., con el fin de llegar a "escuchar" al objeto.

Prácticamente todo el abanico de posibilidades del que hablábamos anteriormente, lo encontramos en el Monasterio de San Benito, donde desde los pequeños edificios religiosos que se realizan en su origen en el siglo III, encuentran en su evolución el gran conjunto construido del siglo XI en su máximo esplendor. Posteriormente el Monasterio deriva en un declive progresivo hasta las desamortizaciones decimonónicas. Además de estos deterioros el Monasterio sufrió la Guerra de la Independencia y varios incendios en el siglo XIX. Incluso en este siglo, se realizó una transformación con un diseño contemporáneo y avanzado para su momento en la iglesia del Monasterio, obra del arquitecto Miguel Echano, que al proyectar un cambio en la orientación de la misma, provoca una serie de modificaciones que alteraron sustancialmente el espacio inicialmente concebido.

De todos estos cambios conservamos pocos testimonios. Ninguna planimetría general y los documentos gráficos son de escaso rigor, como sucede con los dibujos del padre Echano, la portada atribuida a Felipe Berrojo [3] o el plano de Elías Gago y Juan Eloy Díaz Jiménez-Molleda de 1883[4].

Posteriormente en el siglo XX nos encontramos con diferentes estudios del monasterio, incluso ciertas excavaciones como la de Alejandro Ferrant en 1932, que sitúa en la Capilla de San Mancio los pies del templo románico. Por lo que actualmente nos encontramos con una serie de restos conservados, que se reducen a la cabecera y el brazo septentrional de la iglesia románica, con las reformas de Echano, la Capilla de San Benito, una capilla mas moderna y la portada de Berrojo, que en la actualidad hace de arco del triunfo sobre una de las carreteras que atraviesan las trazas del antiguo Monasterio [5]. Por último, cabe señalar, la ocupación de gran parte de la iglesia por el cuartel de la Guardia Civil desde 1934 hasta nuestros días.

La única aproximación fiable con la que contamos, de la planta general del Monasterio en su máximo esplendor, es la realizada a partir de las descripciones que el monje Romualdo Escalona hizo en 1782.

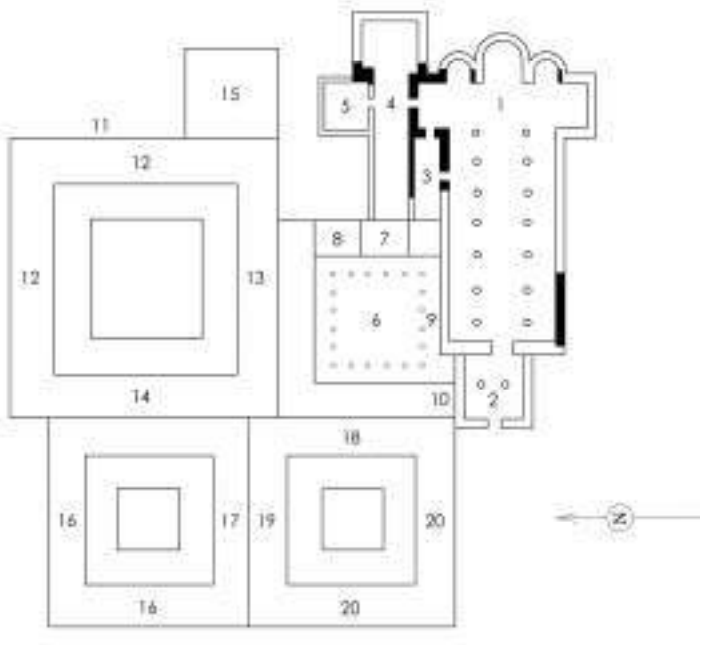


Foto 2.

Aproximación al espacio y función del Monasterio de Sahagún en el siglo XVIII a partir de las descripciones de Escalona (según J. Pérez Gil; dibujo J. M. Gil Bordillo).

Estrategia. Análisis arquitectónico.

A partir del estudio comparado de la documentación existente o tipologías arquitectónicas reconociblemente similares a las de objeto de estudio, encontramos elementos comunes que se han mantenido a lo largo del paso del tiempo, partes diferentes con otros modelos comprobados y fiables que nos ayudan a comprobar nuestras hipótesis de trabajo o dirigirnos a situaciones divergentes. Pero hay que pensar que en la mayoría de las ocasiones un estudio de esta forma no es algo definitivo ni acabado; está abierto a nuevos aportes y a posibles modificaciones del modelo.

Tomando la evolución y localización del Panteón Real planteada por Melquíades Ranilla podemos definir los límites que alcanzaba la Iglesia en el S X, así como la evolución que sufrió en tiempos de Alfonso VI, con la conservación del ábside románico y el citado Panteón Real hasta alcanzar la tipología románica [6].

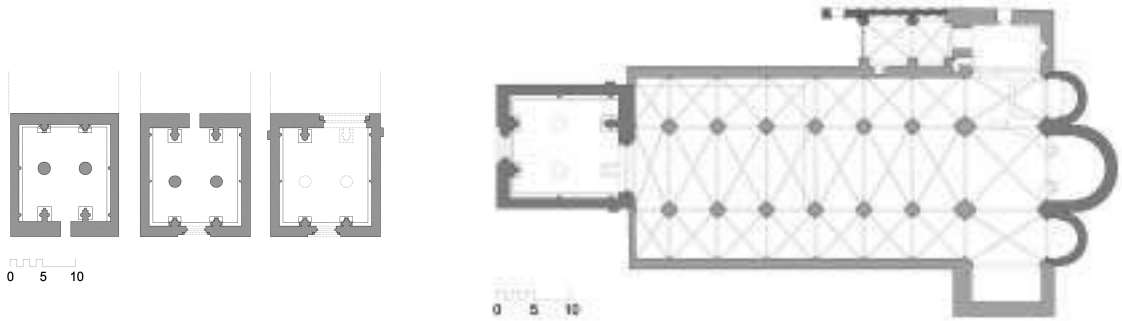


Foto 4.

Evolución del Panteón Real (S. XI al S. XIII) e Iglesia (S. XI al S. XVII,) según Melquíades Ranilla.

Al superponer el levantamiento del estado actual formado por la cabecera, el brazo septentrional de la iglesia románica junto con las reformas de Echano, la Capilla de San Benito, una capilla más moderna y la portada de Berrojo, sobre los planos de Melquíades Ranilla, se constata que el modelo tipológico que tuvo la iglesia en la 2ª mitad del S.XII y comienzos del S.XIII era el de tres naves con la cabecera formada por tres ábsides y que el Panteón Real se

pudo encontrar a los pies de la misma. Los vestigios que se conservan del conjunto y de la capilla de San Mancio coinciden básicamente, en trazado y forma, con los definidos por Ranilla a falta de una de las torres y parte de los restos de la Iglesia iniciada por Miguel Echano.

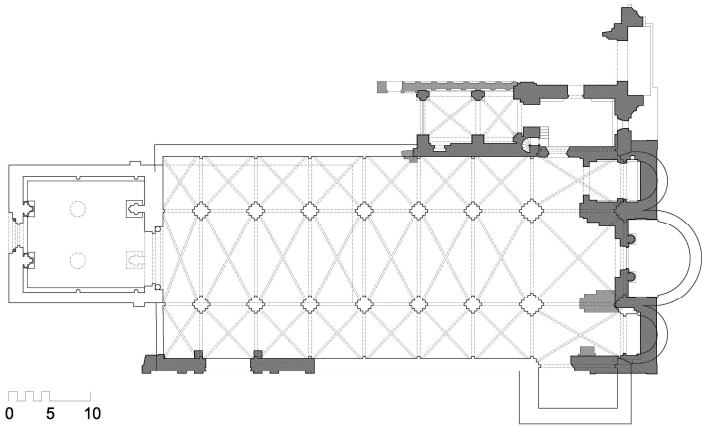


Foto 5.

Planta estado actual del monasterio sobre planos de restos e Iglesia según Melquíades Ranilla.

La planta de la iglesia románica presenta un esquema de configuración con nave central y dos naves laterales rematada por tres ábsides en la cabecera. La cubrición de las naves pudo ser de bóveda de arista, aunque la forma más frecuente de abovedamiento en esta época, era la de medio cañón para la nave central. El crucero se pudo extender más allá de los muros laterales configurando la capilla actual de San Mancio. La aplicación de criterios tratadistas busca mantener las proporciones de los elementos aunque estos pueden ser flexibles en determinados aspectos. En este caso, el modelo geométrico encierra una serie de relaciones numéricas con proporción 1/1 en las naves laterales y prácticamente la relación 1/2 para la central. El crucero guardaba también las proporciones 1/1 y 1/2. Esta planta románica encuentra referentes en el modelo de la nueva Iglesia de San Isidoro de León S.XI y S.XII.

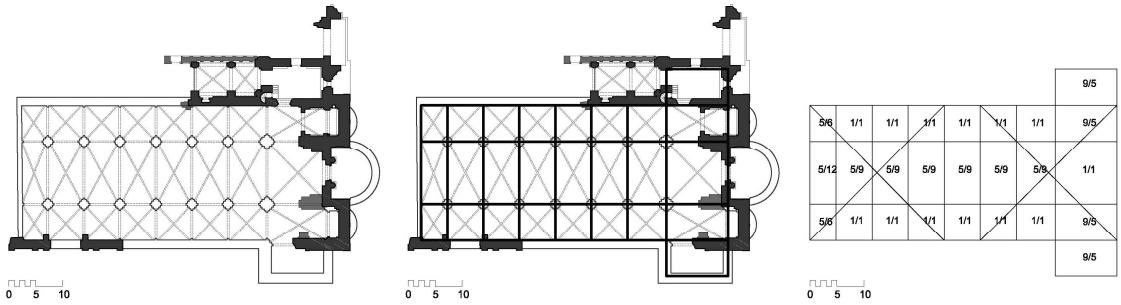


Foto 6.

Plantas del estado actual con reconstrucción hipotética del modelo de la Iglesia Románica.

La superposición sobre el proyecto del arquitecto benedictino Miguel Echano, de la planta de Melquíades Ranilla y el estado actual del conjunto, refleja la intención de aprovechar, entre otras cosas, parte de los arranques de la iglesia existente para configurar el espacio interior y las bóvedas de su propuesta; así como la incorporación de la capilla de San Mancio o la actual portada de Felipe Berrojo. La intervención sobre el monasterio, alude a la manera de hacer de Ventura Rodríguez, con un modelo arquitectónico de gran proporción que no se pudo llegar a materializar, quedando a medio camino, posiblemente por el exceso de encargos del arquitecto benedictino o por la inviable sustentación económica del proyecto. Plantea un cambio de orientación, dejando los pies en el extremo contrario al de la iglesia románica existente, permitiéndole aprovechar los ábsides de la misma como arranque para las dos torres que remataban cada una de las naves laterales al Este. El proyecto parte de la construcción de las torres dejando la nave en un segundo plano.

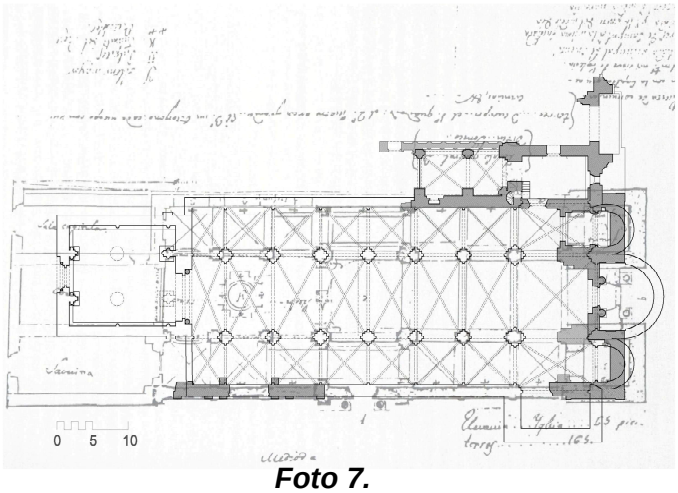


Foto 7.

Planta actual e hipótesis de Ranilla sobre planta de Echano. Alzado de Echano y alzado actual.

El ladrillo, del que parte se conserva, será el material que prevalece en toda la construcción, ya que materializar la obra con piedra supondría un coste más elevado que no se podría sostener. Muchas de las fábricas están resueltas mediante la trabazón de ladrillo y la piedra existente. El encuentro entre ambos materiales se produce con un detalle pensado, buscando aprovechar los restos preexistentes y combinarlo con el material y la técnica constructiva del momento.

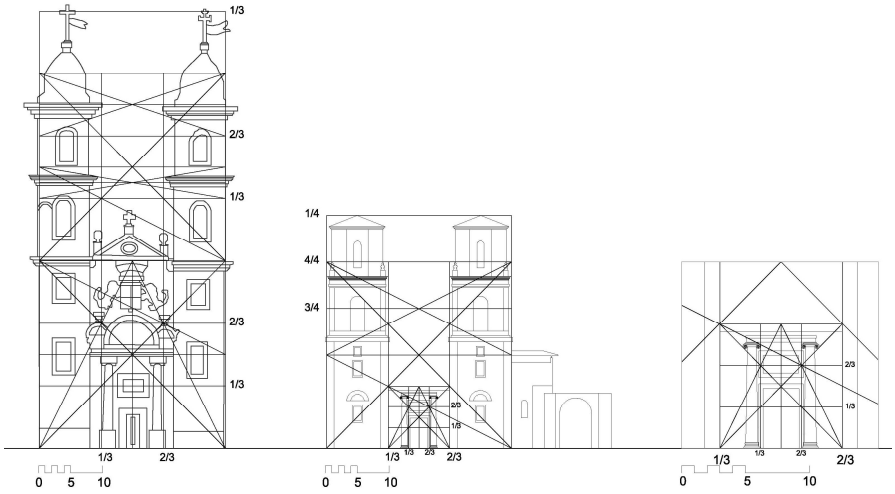


Foto 8.

Análisis compositivo alzado de Echano y reconstrucción hipotética a partir de estado actual.

La composición canónica del alzado de Miguel Echano parece apoyarse en los tratados del S. XVII y S.XVIII. El análisis geométrico del lienzo de fachada refleja su preocupación numérica, generando una estructura de tres cuerpos con dos torres en los laterales, así como, la diferencia entre la esbeltez de la propuesta inicial y el alzado finalmente construido. La envergadura del proyecto con aire barroco del inicio, terminó materializándose en una composición menos ambiciosa. El conjunto se pretendía concebir en función de las proporciones, algunas de ellas basadas en el Renacimiento. El primer cuerpo de las torres y el frontón central de la fachada dibuja un cuadrado con relaciones de 1/3 y 2/3 al que se superpone otro cuadrado de igual lado que articula con esas mismas proporciones los dos cuerpos restantes de las torres. Igualmente, el alzado actual se apoya en un cuadrado disponiéndose las dos torres laterales inscritas en el mismo con relación 1/3 y 2/3 al cual se superpone un rectángulo con proporción 1/4 hasta completar la altura total de la fachada. En cuanto a la portada central, que conservamos actualmente, se basa en una composición de un cuadrado también con relaciones 1/3 y 2/3 formando la denominada pirámide de la estabilidad tan característica del Renacimiento [7].

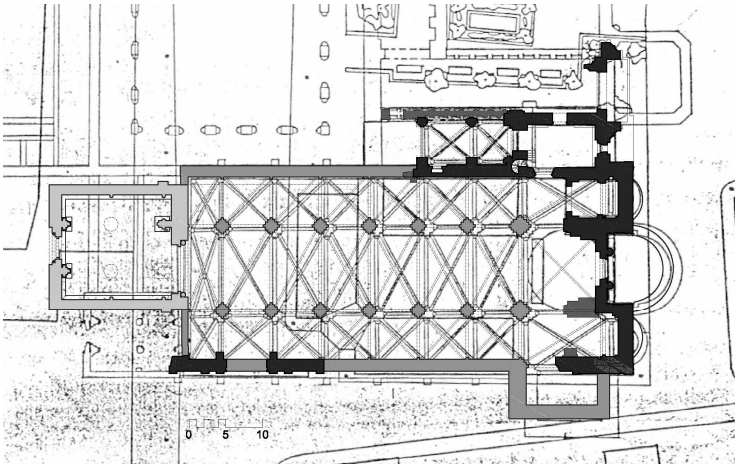


Foto 9.

Planta actual y de Ranilla sobre planta de M. P. Sánchez Pérez y Gago Díaz Jiménez- Molleda (1883).

La comparación entre el plano de Elías Gago y Juan Eloy Díaz- Jiménez con la planta de Melquíades Ranilla y del estado actual identifica la forma que tuvo la iglesia en la 2ª mitad del S.XII y comienzos del S.XIII. La superposición con el modelo monástico de M. P. Sánchez Pérez es reflejo del proceso secuencial desarrollado a lo largo del discurso y muestra, de igual manera que la aproximación de J. Pérez Gil al espacio y función del Monasterio de Sahagún en el siglo XVIII a partir de las descripciones de Escalona, la grandeza y el esplendor que un día llegó a tener este monasterio.

Conclusiones

Con el paso del tiempo, un edificio esta sometido al cambio de épocas o estilos arquitectónicos, lo cual le provoca una serie de cambios y alteraciones. Por lo que tratar de establecer el discurso cronológico, desde su origen hasta nuestros días, se muestra como un instrumento esencial. Esto toma una máxima importancia en edificios como el nuestro, que a lo largo de historia ha sufrido numerosos avatares que han ido transformando su morfología. Por lo tanto se hace imprescindible un profundo conocimiento de la ruina actual y de la evolución que haya tenido, para ponernos en antecedentes y llegar a intervenir sobre el bien arquitectónico.

Referencias

[1] P. García Martín, “El Monasterio de San Benito el Real de Sahagún en la época moderna”, Junta de Castilla y León, Salamanca, 1985.

[2] A. Ubieto Arteta, “Crónicas anónimas de Sahagún”, Primera Crónica, cap. II, Zaragoza, 1987.

[3] E. Zaragoza Pascual, “Planos y reedificación de la iglesia del monasterio de San Benito de Sahagún (1824-1831)”, AL, 83-84 (1988), pp. 363-385.

R. Pérez Decastro, “Un dibujo de Felipe Berrojo para la portada de San Benito de Sahagún”, De Arte nº 1, 2002, pp. 75-80.

[4] E. Gago, J. E. Díaz-Jiménez, “Autenticidad de los restos mortales de Alfonso VI y de sus cuatro mujeres...”, BRAH, LVIII (1911), cuaderno I, p. 48, para la Comisión de Monumentos de León a partir de los restos conservados en 1883.

[5] J. Pérez Gil, J. Ribera Blanco, "Sahagún y Cluny, vidas paralelas”, Aguilar de Campoo, 2007.

[6] M. V. Herráez Ortega, “Patrimonio artístico de San Benito de Sahagún”, Ediciones Universidad de León, León, 2000.

[7] E. González Fraile, “Conferencia inédita” ETSAV, Quince de abril de dos mil ocho, Valladolid.

CAUSAS Y CRITERIOS SEGUIDOS EN LAS INTERVENCIONES LLEVADAS A CABO EN EL DOLMEN DE MATARRUBILLA (1953-59 y 1995-96)

M. G. Gómez de Terreros [(1)], J. L. Barón Cano [(2)]
Dpto. Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad de Sevilla. Avenida Reina Mercedes 4A, 41012 Sevilla.

mggt@us.es [(1)], jlbaron@us.es [(2)]

AREA TEMÁTICA 2: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIÁGNOSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL. INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

Resumen

Desde su descubrimiento en el primer cuarto del siglo XX, y hasta el día de hoy, en dos ocasiones se han efectuado obras de restauración en el dolmen de Matarrubilla. Las causas que motivaron ambas intervenciones fueron la aparición de graves problemas de carácter estructural. Los diferentes técnicos que llevaron a cabo las actuaciones idearon soluciones constructivas y emplearon materiales, tanto tradicionales como modernos, que aportaron respuestas muy válidas a los problemas surgidos, si se enfocan desde la perspectiva de los medios técnicos y materiales disponibles en cada época. Si el enfoque se realiza desde el punto de vista de las soluciones formales, vemos como, en este sentido, la validez de las intervenciones resulta muy dispar. A pesar de contar en ambas ocasiones con equipos multidisciplinares, la imagen que este monumento presentaba tras sendas actuaciones quedaba intacta, sin ninguna diferencia salvo las de carácter técnico que no podían ocultarse. La imagen que ofrecía al exterior, su aspecto y apariencia no se modificó, a pesar de haber transcurrido cuarenta años entre ambas obras y, lo que es más importante, a pesar del avance o evolución tan rápido que había experimentado en estos años el conocimiento sobre estas construcciones tan singulares.

Palabras clave

Dolmen, descubrimiento, estabilidad, consolidación, solución técnica, solución formal, estudio multidisciplinar, restauración, puesta en valor.

Introducción. Descubrimiento y estado previo de conservación

En 1917 se descubrió el dolmen de Matarrubilla en Valencina de la Concepción (Sevilla). El dolmen se hallaba en un viñedo, bajo una superficie de tierra llana que no aportaba ningún indicio de su existencia. En el descubrimiento se realizó una voladura con dinamita a la gran losa de granito que cubre la cámara, que sufrió importantes destrozos en un lateral y desprendimientos de grandes trozos. La voladura también desmoronó una parte de la pared de la cámara que, junto con la parte desaparecida de la piedra superior, se constituyó entonces como el acceso al dolmen, ya que se encontraba totalmente enterrado.

En 1918 el arqueólogo Hugo Obermaier estudió el dolmen desde el punto de vista arqueológico y realizó una publicación[1] donde lo describió y donde recogió escuetamente el estado de conservación que presentaba (Fig.1). Se trataba de un dolmen de cámara y corredor, con paredes labradas de fábrica y cubierta mediante grandes losas pétreas. Salvo el destrozo de la voladura, el estado de conservación de la cámara era relativamente bueno, encontrándose la pared trasera de la misma y gran parte del lateral derecho intacto. El lateral izquierdo tenía

destruida su mitad superior, por la voladura. El corredor estaba más deteriorado que la cámara, presentando sus paredes destrucciones irregulares a lo largo de su desarrollo, debidas a los derrumbes paulatinos de la construcción y al consecuente hundimiento de las piedras de cubierta. Sólo se excavaron 9,80 m del corredor, desde la cámara a la galería, hasta la séptima losa de cubierta, de la que indicaba que se hallaba casi totalmente derribada y que hacía imposible continuar el estudio arqueológico del dolmen.

A pesar de que el estado de conservación estaba lejos de considerarse adecuado, no llegó a intervenirse constructivamente en el dolmen. La época en que este fue descubierto coincidía con los primeros años en los que la arqueología se independizaba como ciencia, y el estudio de la arquitectura dolménica estaba prácticamente en los inicios de su desarrollo. No es extraño pues, que la cueva no fuese intervenida para su restauración. Y más aún cuando fueron pocos y sin valor los restos hallazgos en su interior.

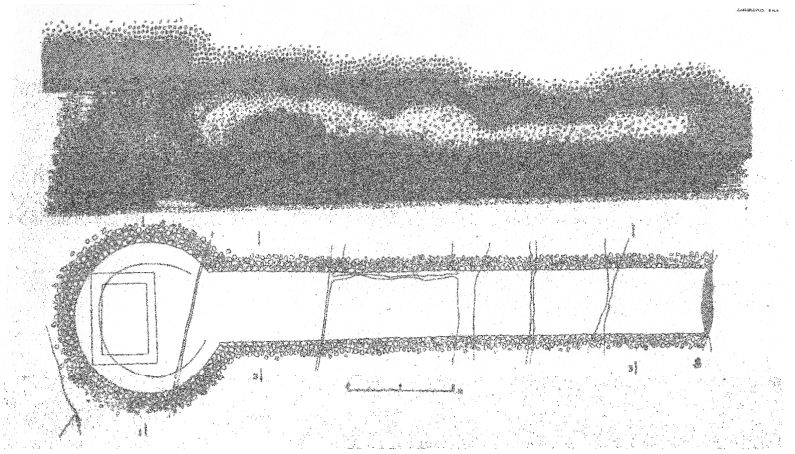


Figura 1.- *Plano del dolmen de Matarrubilla realizado por Benítez Mellado y publicado por Obermaier.*

Primera intervención

En 1953 se intervino por primera vez en el dolmen[2]. La causa fue el derrumbamiento producido en 1947[3] de unos cuatro metros en la galería. Inicialmente se trató de una consolidación de la construcción de carácter urgente, pero que se convirtió, debido a la excavación arqueológica que acompañó a las obras y a sus descubrimientos, en una completa restauración del dolmen. Fue una intervención de importancia, que se prolongó varios años (1954-1959) y se desarrollo a través de cinco proyectos[4]. El arquitecto Félix Hernández Giménez, como arquitecto conservador de la 6ª zona, nombrado por la Dirección General de Bellas Artes, fue el encargado de realizar la intervención en el dolmen.

La intervención trató de recuperar todo lo original que fue posible y reconstruyó todo lo necesario para salvaguardar lo auténtico del monumento. Se rehicieron elementos estructurales que hacían desaparecido y que eran estructural o formalmente necesarios, empleándose para ello tanto materiales tradicionales como modernos. Estas reconstrucciones aportaron una lectura más enriquecedora del monumento en su globalidad y se realizaron con acabados diferentes o variando significativamente su posición, con una clara intención de evitar suplantar a lo que era original. Las paredes de la galería que aún permanecían se consolidaron con mortero de cal; las que estaban derruidas se reconstruyeron con los materiales existentes y con este mismo mortero; y las que se habían perdido parcialmente se recrecieron con tapial.

En la cubierta se trabajó de forma análoga, aunque aquí el dolmen presentaba un importante problema estructural. Gran parte de la cubierta no se sostenía y algunas losas estaban fracturadas. El arquitecto diseñó[5] un sistema de sustentación para las losas de cubierta de la galería, que liberaba parcialmente de cargas a las paredes de la misma a la vez también permitía el apoyo de las partes fracturadas de las grandes piedras (Fig. 2-6). La solución era sencilla de concepción pero compleja de ejecución, ya que debía realizarse prácticamente in situ y ajustando cada punto de apoyo a las condiciones concretas de cada losa. Se trataba de

realizar unas pletinas metálicas en Z en las que se apoyaban las losas de cobertura. Estas pletinas, a su vez se colgaban de unas viguetas de hormigón armado que se colocaban transversales al desarrollo de la galería. El apoyo final se producía mediante el empotramiento de estas viguetas en unas zapatas corridas, que estaban separadas del ámbito del corredor una distancia aproximada de un metro, y que se apoyaban en el terreno. Las verticales de la galería se recrecieron sobre las viguetas, envolviéndolas puntualmente para mejorar su apoyo, se protegieron los elementos metálicos frente a la oxidación mediante la aplicación de dos manos de minio y se rellenaron con mortero sus uniones con las losas. Los trabajos se efectuaron con medios sencillos y materiales de bajo coste, salvo los estructurales, y se desarrollaron de una forma casi artesanal. Se comenzó descubriendo el techo de la galería, abriendo en el terreno una franja de anchura superior a la misma. Las losas de cubierta se izaron y colocaron en su posición original utilizando un sistema que combinó poleas, encadenados y borriquetas, y un sistema de apeo provisional las apuntaló desde el interior de la galería. Una vez colocadas las piedras en posición, se colocaron las viguetas, y se ejecutaron las zapatas de apoyo y los recrecidos que las abrazaban. Seguidamente se colocaron las pletinas en Z metálicas, se rellenaron las juntas y las zonas fracturadas con mortero y, finalmente, se desapuntó y rellenó superiormente hasta alcanzar la cota del terreno.







Figuras 2, 3 y 4.- *Descubiertas las losas, las imágenes ofrecen sucesivas fases de la solución ideada. Fondo Collantes de Terán. Dpto. de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla.*





Figuras 5 y 6.- *Inicio de la colocación de las pletinas metálicas, y detalle inferior de las mismas. Fondo Collantes de Terán. Dpto. de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla y de Barón Cano.*

En el trabajo arqueológico simultáneo a la obra se descubrió otra parte del corredor que conservaba el suelo y parte de sus paredes. No se conservaba la cobertura de esta nueva zona. Se consolidó todo lo descubierto y se reconstruyó lo que se consideró indispensable. Para materializar el cierre superior del dolmen, se ideó un sistema similar al anterior (Fig. 7-8). Una losa de hormigón armado se apoyaba en unos nervios transversales, y estos a su vez en unas zapatas longitudinales. En las zonas donde debían apoyar las losas de cobertura las

paredes recrecidas de la galería se retranquearon y la cubierta se colocó a la altura de la cara superior de las losas existentes, de forma que dejaron libre el espacio que las originales debían haber ocupado. El dolmen se encontraba totalmente enterrado, sin que quedase resto alguno de su entrada y requería un elemento para su acceso y cierre. El arquitecto diseñó una pequeña caseta (Fig. 9) en la que los materiales empleados fueron hormigón en masa y armado, según los esfuerzos que tuviesen que soportar. Su forma recuerda vagamente a la tumba del Tesoro del Atreo de Micenas, arquitectura con la que siempre se han relacionado los dólmenes con cubrición en falsa cúpula en sus cámaras. Finalmente, para controlar la entrada de aguas en el monumento se construyó un pocete en la entrada del mismo y, para mantener el equilibrio higrostático en su interior se recubrió la cámara y la galería con un relleno de tierras granulosas mezcladas con cal y colocadas por tongadas convenientemente apisonadas.







Figuras 7, 8 y 9.- *Aspecto superior y vista desde el interior de la estructura diseñada para sustitución de Las losas desaparecidas y casamata de acceso al dolmen. Barón Cano y Gómez de Terreros.*

El criterio seguido en esta intervención estuvo más allá que muchas de las restauraciones que se efectuaban en su época y fue acorde con el nivel de conocimientos arqueológicos que se tenía sobre estas construcciones, que se centraba en galerías y cámaras y en sus contenidos y formas, sin considerar el valor del túmulo. Las obras realizadas respetaron todo lo posible la materialidad original del monumento y dieron soluciones que no desvirtuaron su imagen. Las sustituciones estructurales-funcionales quedaron en su mayor parte ocultas y mantuvieron los espacios interiores en su forma y aspecto originales. Las reconstrucciones de elementos desaparecidos fueron las necesarias para la conservación del monumento y todo lo nuevo se efectuó con materiales diferenciados, tanto tradicionales como modernos, que no creaban lagunas. Se dieron soluciones técnicas que siguen aún manteniendo toda su validez. La única licencia de diseño permitida fue la de la caseta de acceso y se trató de una solución dada a un problema de carácter técnico. Tras esta restauración el dolmen quedaba de nuevo enterrado en su totalidad, bajo una capa de tierra llana que lo cubría, sin túmulo ni forma de terreno alguna que lo señalase, y con el único signo exterior de la casamata de acceso.

Segunda intervención

A pesar que se protegieron los materiales frente a la acción del agua, la acción del tiempo combinada con la falta de mantenimiento hicieron que, pasados cuarenta años, el monumento volviera a presentar signos evidentes de problemas estructurales, como el desprendimiento de arenilla desde el techo. Se realizaron inspecciones que constataron que las pletinas metálicas presentaban un avanzado estado de oxidación y que la gran losa de cobertura de la cámara presentaba una importante fisura. Así pues, nuevamente se requirió una intervención de urgencia[6]. Se declaró por parte de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, como obra de emergencia, y casi como tal se llevó a cabo, por parte del Departamento de Conservación del Patrimonio Histórico de la Delegación Provincial de Sevilla, D. Juan Antonio Fernández Naranjo y D. Juan Luís Barón Cano. Se realizaron excavaciones arqueológicas en

el dolmen y en su contorno, pero estas no tuvieron repercusión alguna en la actuación arquitectónica que se efectuó. Las obras realizadas se limitaron a sanear la estructura del dolmen. Para ello se apearon desde el interior las grandes losas de cobertura, se excavó el terreno sobre el monumento hasta dejar al descubierto la estructura anteriormente realizada y se comprobó in situ el estado de conservación de sus distintos elementos constituyentes. Los elementos de hormigón presentaban buen aspecto, no así las pletinas metálicas que presentaban un avanzado estado de oxidación. Se retiraron y sustituyeron las pletinas por un sistema de cuelgue similar pero constituido por pletinas transversales de acero inoxidable que se unían entre si (las superiores y las inferiores) mediante varillas roscadas de 16mm de diámetro del mismo material. Las juntas y el ajuste de las pletinas con las losas se aseguraron con mortero de resina (Fig.10 y 11).

La losa de la cámara se hallaba fragmentada en cuatro partes. Para su consolidación y refuerzo se cosieron sus fragmentos entre sí y se realizó un zunchado perimetral. El cosido se efectuó mediante barras cruzadas de acero introducidas en taladros que posteriormente se inyectaron con resina epoxi. El zunchado, que también sirvió como elemento de cimentación de la losa en el terreno exterior a las paredes de la cámara, se realizó en hormigón armado en la zona de descarga del terreno; se atirantó por su parte delantera con varillas metálicas, donde existía otra losa adosada y donde no interesaba aumentar la carga; y se conectó a la losa mediante taladros y barras similares a las del cosido (Fig.12). La intervención se concluyó con el relleno superior que se realizó, aligerado, con una primera capa de cuarenta centímetros de gránulos de arcilla extruida del tipo Arlita, seguida de una losa de hormigón aligerado con el mismo tipo de árido y terminando (Fig.13), hasta la cota original, con la tierra excavada.





Figuras 10 y 11.- *Sistema de sujeción ideado para sustituir a las pletinas oxidadas. Barón Cano y Gómez de Terreros.*





Figuras 12 y 13.- *Ejecución de zuncho perimetral de la gran losa y relleno superior de la galería del Dólmen. Barón Cano.*

Esta segunda intervención consistió en resolver un problema técnico que surgió en el monumento. Básicamente las obras consistieron en sustituir los materiales preexistentes, que presentaban degradación, por otros más avanzados y acordes con la época. Pero conceptualmente, y en gran parte de su materialidad, no varió la solución dada en la primera intervención, que seguía siendo lógica y muy válida. Desde el punto de vista de la puesta en valor del monumento no se planteó actuación alguna. Cierto es que se trató de una intervención que fue de urgencia, y que la respuesta técnica dada estuvo acorde con la época

de intervención. Pero el hecho que se constata es que el dolmen quedó, desde el punto de vista formal, con un aspecto o apariencia que correspondía a una época cuarenta años anterior, y a los conocimientos de esa época anterior. En la segunda mitad del siglo XX el conocimiento acerca de la construcción y constitución de estos monumentos ha sufrió un gran avance, y éste no queda reflejado en el monumento tras la restauración realizada. Poco tiempo después de la segunda intervención, al dolmen se la ha suministrado de una instalación de iluminación eléctrica en su interior, que se alimenta de una placa solar colocada en el trasdós de la casamata de acceso, y que permite iluminar adecuadamente el interior del monumento (Fig.14-15).





Figuras 14 y 15.- *Aspecto actual de la cámara y panel solar exterior. Barón Cano y Gómez de Terreros.*

Conclusiones

Las dos intervenciones restauratorias efectuadas en este monumento han sido provocadas por graves problemas estructurales que lo hacían peligrar, y en ambas intervenciones existieron equipos multidisciplinares. Las soluciones técnicas aportadas fueron válidas y concordantes con los tiempos en que se actuó. No fue así desde el punto de las soluciones formales aportadas. En la primera actuación se adecuó el monumento al limitado nivel de conocimiento existente sobre estas construcciones, pero en la segunda, sin llegar a profundizar en los motivos, no se actuó en ese sentido. Toda intervención patrimonial debiera cuestionarse el alcance de las soluciones a dar si la imagen que ofrece un monumento está obsoleta.

Referencias

[1] OBERMAIER, Hugo. *El dolmen de Matarrubilla*, Madrid, 1919.
[2] Este trabajo se inició en el marco del Proyecto I+D, con referencia PB98-0952, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología; y se continúa dentro del Proyecto I+D+I, con referencia HUM2007-62699, financiado por los Fondos Feder y el Ministerio de Educación y Ciencia.
[3] Real Academia de Bellas Artes de Santa Isabel de Hungría De Sevilla. *Actas de la Comisión de Monumentos Históricos y Artísticos de la provincia de Sevilla*, Libro 5, Fol. 66-67.
[4] GOMEZ DE TERREROS G., María Gracia. *Intervenciones en Dólmenes., 1953-1964. Proyectos y obras de Félix Hernández Giménez*, Sevilla, 2005.
[5] COLLANTES DE TERÁN, Francisco. El dolmen de Matarrubilla. En AAVV: *V Symposium de Prehistoria peninsular,* Barcelona, 1969, p.55.
[6] BARÓN CANO, Juan Luís. Historia de una restauración. El dolmen de Matarrubilla. En: AAVV: *Conttart 97. I Convención Técnica y Tecnológica*, Madrid, 1997, pp. 1039-1046.

DINAMICAS DE INTERVENCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS CONJUNTOS HISTÓRICOS EN LA PROVINCIA DE SEVILLA

VIDAL GÓMEZ MARTÍNEZ, ÓSCAR BENÍNTEZ CARMONA, EDUARDO FERNÁNDEZ DE ALBA e IÑIGO TUDURI LIMOUSIN
SECCION B ARQUITECTURA SL
vidal@seccionb.com

ÁREA 2. ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL. INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

INTRODUCCIÓN

La Ley de Patrimonio Histórico Español determina la obligatoriedad para los municipios afectados por la declaración de un Conjunto Histórico de redactar un Plan Especial de Protección del área afectada por la declaración o instrumento equivalente. Así mismo establece que hasta la aprobación definitiva de dicho Plan, el otorgamiento de licencias precisará resolución favorable de la Administración competente (en Andalucía la Consejería de Cultura) sin establecer plazos .Esto genera un periodo en el que el otorgamiento de licencias se realiza desde un análisis las intervenciones de modo individualizado, sin una visión completa del CH.

Estas intervenciones controladas pero no programadas desde la dimensión urbana de los CCHH pueden afectar a la lectura y los valores de los mismos, especialmente en aquellos cuyos valores se fundamentan en al arquitectura popular.

OBJETIVOS

Analizar cómo se desarrollan las intervenciones en los CCHH de la provincia de Sevilla cuyos valores se basan en la arquitectura popular y no cuentan con PEPPH (Arahal, Carmona, Cazalla de la Sierra, Constantina, Estepa, Lebrija, Osuna, Sanlúcar la Mayor, Utrera y Villanueva del Río y Minas), ya que las intervenciones en ellos no están programadas y por tanto responden al entendimiento y uso directo de sus habitantes (lo que nos permite comprender cómo se interpretan los CCHH previo a estrategias de Difusión o Dinamización).

Estudiar la relación entre la conservación de los CCHH y el desarrollo urbanístico de los municipios en los que se encuentran ya que éstos son tejidos urbanos (habitualmente vivos).

MATERIAL y METODOLOGÍA

Se ha establecido una muestra de 249 intervenciones (las examinadas por la Comisión Provincial de PH de Sevilla en 2006 respecto a los CCHH de referencia) de la que se ha evaluado: elementos sobre los que se interviene, tipo de intervenciones que se llevan a cabo, niveles de conservación de los inmuebles, afecciones a los valores patrimoniales de los CCHH, pautas de intervención por CCHH y relación con el desarrollo urbano.

0. FICHA DE IDENTIFICACIÓN.

Se han identificado y ubicado los inmuebles y las intervenciones mediante el empleo de fichas catastrales y los planos de las Declaraciones (o similares), conformando fichas de catalogación que incluyen, además, los datos obtenidos por observación directa de los inmuebles.

Se han evaluado: elementos sobre los que se interviene, tipo de intervenciones que se llevan a cabo, niveles de conservación de los inmuebles, afecciones a los valores patrimoniales de los CCHH, pautas de intervención por CCHH y relación con el desarrollo urbano.

1. BASE DE DATOS.

Se ha objetivado el contenido de las fichas y se ha desarrollado una BD con los siguientes campos: identificación del inmueble (dirección y código de ficha), descripción del inmueble y las intervenciones (tipo de inmueble, posición del inmueble, tipo de intervención, estado de las obras, cambio de uso y estado de conservación del inmueble) y valoración patrimonial de las intervenciones (afecciones al bien y su entorno inmediato y afecciones al CH a escala urbana).

2. IDENTIFICACIÓN DE VALORES PATRIMONIALES DE LOS CCHH.

Se han tomado los valores remarcados en las respectivas Declaraciones de CH para evitar una visión parcial de las realidades de cada CH.

3. ESTUDIO DEL DESARROLLO URBANO.

Para cuantificar y cualificar el crecimiento de los municipios, se ha estudiado la Población Total de los mismos (datos del SIMA) y las herramientas de Planeamiento General en cada municipio (archivo del COAS).

4. ANÁLISIS DE DATOS.

Para la lectura de los datos obtenidos se han elaborado tablas, gráficos y planos.

RESULTADOS

1. DINÁMICAS DE INTERVENCIÓN.

- Los inmuebles sobre los que se interviene con mayor profusión son las viviendas populares (y de entre éstas, las tradicionales), excepto Osuna, debido a la categoría del caserío que la compone.

- Se identifican dos tendencias: CH en los que predominan la conservación y rehabilitación (y muchas intervenciones no evidentes) como en Carmona, Cazalla, o Constantina y otros como Arahal o Sanlúcar la Mayor en los que se actúa principalmente por sustitución.

2. MANTENIMIENTO DE LOS VALORES PATRIMONIALES DE POR CCHH.

- ARAHAL: alto número de intervenciones (34) relacionado con el progresivo aumento de la población y la falta de herramientas de gestión (18 modificaciones de las NNSSMM desde 1983). Mayoritariamente sobre viviendas (70%), sobre todo en las anteriores a los años 50 (52 del 70%), siendo éstas las de mayor interés patrimonial. Abundan las sustituciones de inmuebles (36%) y rehabilitaciones (26%), con igual número de intervenciones no patentes. Alta proporción de afecciones a los inmuebles y su entorno inmediato (29%) fundamentalmente a nivel compositivo y volumétrico.

- CARMONA. Arroja un 84% de intervenciones en viviendas tradicionales, no apreciándose intervenciones desde el exterior en un 31% de las ocasiones. Las intervenciones son claramente conservacionistas (57 % conservación y rehabilitación frente a un 12 % de sustituciones de inmuebles) y respetuosas (4-8 % de afecciones). El crecimiento equilibrado del municipio a lo largo de las tres últimas décadas, ha evitado presiones sobre el Conjunto Histórico que, gracias a sus grandes valores tanto monumentales como tipológicos, se ha conservado en un magnifico estado.

- CAZALLA DE LA SIERRA. La fuerte despoblación a partir de los años sesenta y el paulatino desarrollo de nuevos suelos hacen que el caserío de este Conjunto haya sufrido escasas modificaciones. La mayoría de las intervenciones se realiza sobre la vivienda popular que, sobre todo en las zonas periféricas del Conjuntos, es de escasa entidad constructiva pero de claros valores tipológicos, etnológicos y ambientales. Si bien laa mayoría de las intervenciones apreciables son de conservación y rehabilitación, las reducidas dimensiones de los inmuebles dificultan su adaptación a los requerimientos de habitabilidad actuales, lo que produce afecciones volumétricas fundamentalmente a pequeña escala (debido a los numerosos remontes).

- CONSTANTINA. Sufrió una continua despoblación a partir de los años 60 y en el caserío se aprecian numerosas sustituciones de inmuebles en los 70. Las intervenciones recaen mayoritariamente sobre las viviendas populares de mayor antigüedad (72%), aunque se detectan pocas demoliciones. El alto número de intervenciones no patentes (49%) hace pensar en unos procedimientos de intervención controlados. Se detectan ciertas distorsiones volumétricas por lo reducidos de los tipos locales.

- ESTEPA. Se detectan mayoritariamente sustitución de inmuebles e intervenciones de renovación de los espacios urbanos.

- LEBRIJA. Ha mantenido un crecimiento continuo acompañado de numerosas intervenciones urbanísticas. Esta situación conlleva un reducido número de intervenciones por el paulatino abandono del centro. Esto parece hacer producido un progresivo deterioro del caserío y un alto número de demoliciones (21%). La mayoría de las intervenciones se corresponden a arquitectura popular contemporánea de escasa calidad.

- OSUNA. A pesar del escaso crecimiento, se han redactado 32 modificaciones de las NNSSMM del 85, lo que explica el reducido número de intervenciones, casi todas de rehabilitación (67%). El principal campo de intervención es el de las casas señoriales (34%).

- SANLUCAR LA MAYOR. La mayor parte de las intervenciones se llevan a cabo sobre viviendas populares. Evidencia una mayoría de construcciones de nueva planta (67%, 58% con demoliciones previas) frente a un 7% de rehabilitaciones. Se detectan intervenciones que afectan al CH, intervenciones masivas que rompen la volumetría fragmentaria del Conjunto y su uniformidad cromática e intervenciones encaminadas a la ocupación del interior de las grandes manzanas que definen la morfología de Sanlúcar.

- UTRERA. Se está llevando a cabo una clara renovación (54 % de demoliciones) de las viviendas populares, sobre todo contemporáneas (45%), sin embargo, las afecciones al conjunto son mínimas.

- VILLANUEVA DEL RÍO Y MINAS. Se trata de un CH basado en una actividad, lo convierte en poco relevante para este estudio. El declive de la población y el elevado número de modificaciones puntales de las NNSSM (50 en 21 años) han evitado intervenciones, ligadas a procesos de consolidación y mejora. Las intervenciones urbanísticas han ido introduciendo zonas de nueva creación en un asentamiento disperso, lo que compromete su modelo de implantación en el territorio, uno de los valores remarcados en su declaración como BIC.

CONCLUSIONES

- Las afecciones profundas a los valores de los CH son pocas, y se localizan sobre todo a escala reducida y en aquellos CCHH en los que los tipos tradicionales tiene menos entidad constructiva y resulta mas difícil adaptarlos a las necesidades actuales (Sanlúcar la Mayor, Constantina, Cazalla de la Sierra o Arahal).

- Las afecciones a escala urbana se producen en aquellos CCHH con mayor implicación paisajística (Sanlúcar la Mayor o Constantina).

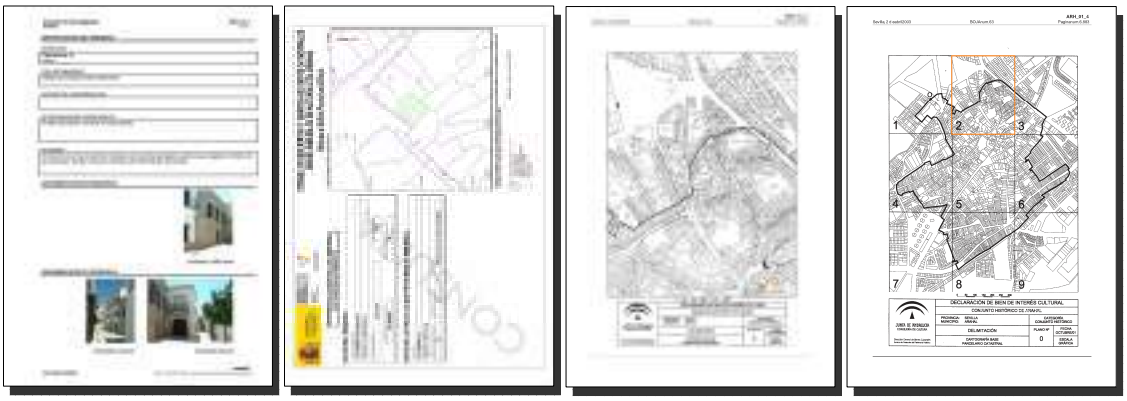
- En los municipios que han adecuado el crecimiento urbano al de población, los CCHH se mantienen en uso y por tanto, conservados. Mientras que en los CCHH en los que no se han desarrollado los suelos necesarios ha habido una gran presión que no son capaces de soportar. En los casos en que se han liberado demasiados suelos para su urbanización, la población se desplaza abandonando, el CH con el consiguiente deterioro. Estas pautas suelen seguirse procesos de sustitución sistemática de inmuebles en mal estado por la falta de mantenimiento.

REFERENCIAS

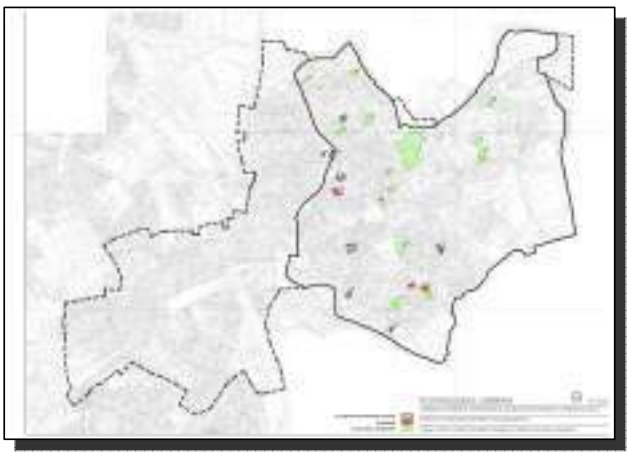
[1] Varios Autores, METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESCRITURA CIENTIFICA EN CLINICA. 3ª Edición. Granada: Rafael Burgos Rodríguez para la Escuela Andaluza de Salud Pública; 1998.

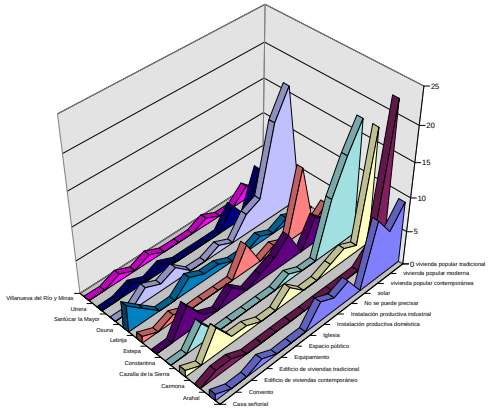
[2]España. LEY 16/1985, de 25 de junio, DEL PATRIMONIO HISTORICO ESPAÑOL. Boletín Oficial del Estado, 29 de junio de 1995, núm. 155; corrección de errores Boletín Oficial del Estado, 11 de diciembre de 1995, núm. 296.

[3]Andalucía. LEY 1/1991, de 3 de julio, DEL PATRIMONIO HISTORICO DE ANDALUCIA. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 3 de julio de 1991, núm. 59.




DINAMICAS DE INTERVENCION Y CONSERVACIÓN DE LOS CONJUNTOS HISTORICOS
EN LA PROVINCIA DE SEVILLA
FICHA DE DATOS
IDENTIFICACION
DESCRIPCION
VALORACION PATRIMONIAL




25
20
15
10
5
0
vivienda popular tradicional
vivienda popular moderna
vivienda popular contemporánea
solar
No se puede precisar
Instalación productiva industrial
Instalación productiva doméstica
Iglesia
Espacio público
Equipamiento
Edificio de viviendas tradicional
Edificio de viviendas contemporáneo
Convento
Casa señorial
Arahal
Carmona
Cazalla de la Sierra
Constantina
Estepa
Lebrija
Osuna
Sanlúcar la Mayor
Utrera
Villanueva del Río y Minas

FOTOGRAMETRÍA Y PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO: INICIÁTICA

Eduardo A. Herrero Vázquez
Dr. Arquitecto
Dpto. de Ingeniería Gráfica. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica.
Universidad de Sevilla.
Avda. Reina Mercedes, s/n, 41012 Sevilla, España

eduardo@us.es

ÁREA TEMÁTICA: INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

Resumen

Toda rehabilitación arquitectónica, como intervención en nuestro patrimonio cultural, requiere previamente una documentación informativa respecto de su estado y naturaleza, de su realidad física. Realidad que hoy día un buen número de medios permiten geometrizarla rápida y fielmente utilizando como base la fotografía.

Pero esta aplicación de la fotografía a la medida [1], base de nuestra indispensable Fotogrametría y en cuyo ámbito se adscribe todo levantamiento arquitectónico, se encuentra en una situación paradójica: nos ofrece hoy como conquista una libertad de elección entre un sinfín de aplicaciones informáticas que nos remiten a la ineludible conquista que fraguaron sus comienzos.

Superadas las clásicas etapas en la que se ha dividido históricamente, la analógica, la analítica y la digital, o su clasificación entre terrestre y aérea, siempre recurriendo a los pares estereoscópicos como fundamento de la conocida estereofotogrametría, hemos llegado a un punto en el que cada vez más proliferan programas que tratan fotografías aisladas, monoscópicas, bien “rectificándolas” o bien procesándolas según las leyes de la geometría proyectiva.

He aquí la razón de volver la vista atrás, a esa historia que entendemos como futuro del pasado, para recordar cómo surgió todo y por qué, cuáles fueron las claves de la aparición del método indirecto de levantamientos más indirecto, del que permite llegar a la representación abstracta de la realidad geometrizable a partir de imágenes icónicas que la traslapan.

Desvelaremos aquí esas claves y las fases y pioneros que constituyen la iniciática de la Fotogrametría.

Palabras claves

Historia. Fotogrametría. Patrimonio. Fotografía. Topografía. Levantamiento arquitectónico. Laussedat. Meydenbauer. Terrero.

Introducción

Superadas las clásicas etapas en las que se ha dividido históricamente la Fotogrametría (analógica, analítica y digital), o su clasificación entre terrestre y aérea, siempre recurriendo a los pares estereoscópicos como fundamento de la conocida estereofotogrametría, hemos llegado a un punto en el que cada vez más proliferan programas informáticos que tratan fotografías aisladas, monoscópicas, bien "rectificándolas" o bien procesándolas según las leyes de la geometría proyectiva.

Circunstancia que nos empuja a volver la vista atrás, a ese futuro del pasado que es la historia, para recordar cómo surgió todo y por qué, cuáles fueron las claves de la aparición del método indirecto de levantamientos más indirecto, método que permite llegar a la representación abstracta de la realidad geometrizable a partir de imágenes icónicas que la traslapan.

Y para no despistar en este foro, permítanse dos puntualizaciones previas. De un lado, la fidelidad geométrica en la reproducción de la realidad física ha sido una constante en el mundo de la Topografía, de ahí que la Fotogrametría se haya integrado en este ámbito, pero caben ciertas dudas acerca de mantener esta cuestión si nos fijamos como realidad física el patrimonio arquitectónico. En cualquier caso, tendremos ocasión de comprobar cómo el objeto/realidad a representar fue lo de menos en el principio de los tiempos.

Por otra parte los levantamientos arquitectónicos y topográficos, que siempre compartieron sus inicios, con la llegada de la Fotografía en 1839 como nuevo "mecanismo de dibujo" [2] también centraron la atención de nuestros fotográmetras antecesores, la de aquellos pioneros que desde su inquietud "se tomaron la libertad", ineludible y sin elección, no sólo de mejorar los contemporáneos instrumentos de medida sino de crear nuevos "compases de ojo", instrumentos radicalmente diferentes basados en el rigor geométrico que conferían a los dibujos de percepciones visuales.

Aparición de la Fotogrametría: claves

Visto así, podrá entenderse que la iniciática de la Fotogrametría confluyera en seis claves.

Una época como contexto en el que la trascendencia económica del tiempo, la racionalidad impuesta por la popularización de las ciencias exactas y el pragmatismo objetivo del Realismo, encabezaban la escala de valores de una sociedad, la del ~~segundo tercio del XIX~~, que comenzaba a creer en sí misma y a mirar hacia adelante.

Aimé Laussedat (1819-1907), un personaje francés que fundamentalmente supo leer la realidad física y política de su entorno, geometrizando la primera para bien de la segunda, aunando creativamente su aptitud personal y las responsabilidades profesionales de dos modos: experimental y en primera persona desde 1847; teórico y revisionista desde 1871.

Un estamento, el militar, que formará íntegramente a Laussedat como joven científico al servicio del estado francés procurándole la instrucción teórica y práctica más avanzada en el campo de la Topografía, lo que acabará influyéndole decisivamente en su apasionada vocación.

La mejora de los métodos topográficos, una inquietud personal que desembocó en una alternativa a los clásicos con la "simple" inversión de la relación entre la Topografía y la Geometría descriptiva por medio de la Fotografía; aportación crucial que sumó a la rapidez del trabajo de campo la posibilidad de escalar los levantamientos, diferir y delegar las tareas de gabinete y, fundamentalmente, favorecer la revisión de los errores probables relativizando la trascendencia de los medios.

Unas necesidades:

- Inicialmente una necesidad militar centrada en el ~~reconocimiento de terrenos~~ que favorecerá los ensayos de cualquier iniciativa sobre métodos rápidos para el levantamiento de los teatros de la guerra.

- Seguidamente, unas necesidades civiles que responderán a diferentes localizaciones e intereses. Si en Francia el impulso fue militar, en Alemania (con Albrecht Meydenbauer), en Canadá (con Edward Deville), en Italia (con Pio Paganini), aunque auspiciados también desde el ámbito militar, el interés por datar el patrimonio monumental o el complemento de la cartografía preexistente serán paralela y casi simultáneamente los motivos de la puesta en marcha de la Fotogrametría. Sin embargo en España (con Antonio Terrero) será otra cuestión de Estado: la topografía catastral.

Como última clave, una institución que advirtiendo el potencial de la *Metrofotografía* [3] convocó un concurso con el fin de descubrir su fiabilidad y que, indirectamente, posibilitaría internacionalizar el método. Nos referimos a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, que fiel a sus estatutos contribuiría así en cierto modo a la consolidación en España de la que llegaría a ser nuestra *Fototopografía*.

Primer desarrollo: Laussedat y fases

De las claves expuestas obsérvese que el nombre de Laussedat está presente en cuatro de ellas, razón por la que acertadamente es considerado como el *padre de la Fotogrametría* [4] y es lógico que giren en torno a él las primeras fases de la que algunos autores denominan *Protofotogrametría* o *Fotogrametría ordinaria*.

Este personaje "lateral", de los que experimentan con el pensamiento en el mundo interior de su percepción mirando hacia el futuro, pero también hacia atrás, al pasado [5], desestructuró la preexistente lógica vertical de la Topografía para recomponer una nueva al idear el método indirecto de medir más indirecto. Revisó inicialmente desde la práctica y en primera persona cuestiones procedentes de diferentes ámbitos y épocas, combinándolas ensayo tras ensayo, experimentando su *Iconometría* mientras esperaba que la incipiente Fotografía madurara lo suficiente como para constituirse en la guinda de un nuevo arte: la *Metrofotografía*.

Los "levantamientos iconométricos" constituyeron precisamente la primera fase fotogramétrica, a la que hemos denominado "embrionaria", cuyo comienzo se fija en 1847 cuando Laussedat, conocedor de que el hidrógrafo Beautemps-Beaupré había concebido en 1793 la aplicación del *método de las intersecciones* a dibujos perspectivos realizados "a vista" para el levantamiento de costas, y sabedor también de que en 1804 el físico Wollaston había inventado la *cámara clara*, un instrumento capaz de mediar con rigor entre la realidad y su objetiva representación icónica, decidió perfeccionar el instrumento y adaptar el método para experimentar levantamientos primero arquitectónicos luego topográficos.

Ensayó primero con un levantamiento arquitectónico a partir de una única imagen del Cuartel parisino de Panthemont según las instrucciones sobre restitución perspectiva que Lambert había expuesto en su *Perspective Liber* de 1759.

Sin embargo para su aplicación a realidades topográficas pronto entendió la insuficiencia e inconvenientes de manejar vistas aisladas, y advirtió que podría aplicar a parejas de perspectivas el método de las intersecciones que él había empleado en Topografía para las que denominaba "perspectivas naturales". En el trabajo de campo sólo tendría que registrar la longitud de una base desde cuyos extremos dibujaba y el ángulo de orientación de las vistas. Como resultado obtendría el levantamiento de la parte común a dos dibujos con características métricas, un levantamiento iconométrico; en definitiva, el embrión de nuestra Fotogrametría.

Pero como ya hemos señalado Laussedat no era ajeno al advenimiento de la Fotografía. A pesar de su precaria tecnología y penoso manejo empezó a experimentar desde 1851 sus "levantamientos metrofotográficos" con una *cámara oscura* adquirida por el Cuerpo de Ingenieros a la que fue proveyendo de órganos de precisión y tras diferentes ensayos fijó las propiedades para convertirla en un instrumento de medida, concibió un método de corrección de las deformaciones angulares producidas por las lentes y puso a punto un objetivo aplanático; en definitiva creó el "fototeodolito", su segundo "compás de ojo", es decir, un instrumento que le permitiría dibujar con rigor geométrico percepciones visuales.

Así, la segunda fase fotogramétrica, a la que hemos denominado "~~gestante~~", aunque comenzó al retomar los motivos topográficos en 1858, tuvo en el patrimonio arquitectónico el referente de dos hechos trascendentales.

Su primer levantamiento fotográfico, realizado a partir de una tarjeta postal, fue el de la Iglesia de Santa María de la Gracia de Milán y con él puede apreciarse la analogía entre los arranques de la Metrofotografía y la Iconometría: su objeto de levantamiento era la arquitectura monumental, su medio una imagen aislada, esta vez fotográfica, y su método la restitución perspectiva.

Por otra parte en su primera experiencia oficial, valiéndose ya de una pareja de fotografías tomadas desde sendas torres parisinas, determinó mediante métodos gráficos análogos a los empleados en la Iconometría, la posición de algunos monumentos y la altura del campanario de la Catedral de Notre-Dame. Esta experiencia, que él mismo reconocería como improvisada y de la que no hay testimonio gráfico, fue realizada bajo el control de dos comisarios de la Academia de Ciencias de París, la cual aprobaría los resultados obtenidos.

Puesta en juego la idea pronto se generó un entorno escéptico e incluso hostil gracias a la aparición de seguidores con tan poca pericia como escasez de conocimiento, lo que motivó al padre de la Fotogrametría a sentar su cuerpo de doctrina publicando en 1864 su *Memoria sobre la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos* a raíz de su participación en el ya referido concurso internacional convocado por la Academia de Ciencias de Madrid [6].

Coincidiendo con la vuelta a los deberes militares de Laussedat en 1871 surgen creadores de instrumentos e incluso métodos alternativos, aunque manteniendo siempre la Fotografía como medio. Algunos se quedaron en ideas, como la "cámara esférica" de Ignazio Porro, otros de corta vida, como la "plancheta fotográfica" de Auguste Chevalier, y los más, nuevos aparatos agrupados todos bajo el término genérico de "fototeodolitos" cuyo principal valedor para los levantamientos arquitectónicos fue el arquitecto alemán Albretch Meydenbauer. Ya estamos de lleno en la tercera y última fase que hemos denominado "~~prototípica~~", y que se solapará durante bastantes años con la incipiente estereofotogrametría.

Otros pioneros: Terrero y Meydenbauer

Destacaremos brevemente en este apartado dos nombres que bien pueden entenderse como pioneros, a la par que Aimé Laussedat, pero que presentan connotaciones diferentes: Antonio Terrero por ser un teórico y Meydenbauer por centrar su trabajo exclusivamente en el patrimonio arquitectónico.

Antonio Terrero y Díaz Herrera (1799-1878), siendo presidente de la Sección de Exactas de la Real Academia de Ciencias de Madrid propuso la convocatoria del concurso en el que participó Laussedat en 1863. Y fue su amplio conocimiento sobre geometría lo que no sólo le condujo a plantearse la fiabilidad del método laussadiano sino a enunciar el ~~Teorema fundamental de la~~ Fotogrametría resolviendo el principal problema que entonces presentaba esta ciencia, la identificación de puntos homólogos en diferentes fotografías de un mismo objeto de levantamiento.

Aunque históricamente se le ha atribuido a Guido Hauck, no cesamos en nuestro empeño de defender una prelación, la prioridad de la idea, y así exponemos en este foro que un modesto militar gaditano, D. Antonio Terrero, publicó en 1862 (veintiún años antes que el profesor alemán) un artículo donde exponía su teoría de los planos epipolares [7].

Con respecto a Albrecht Meydenbauer (1834-1921), y sin entrar en polémica alguna acerca de otra prioridad ni pormenorizar en la conocida anécdota de su caída mientras medía una de las fachadas de la catedral de Wetzlar, debe ser considerado el ~~padre de la fotogrametría~~ arquitectónica tan legítimamente como Laussedat lo es de la topográfica.

Tras vencer dificultades técnicas y no pocas críticas, este arquitecto alemán concibió tras varios ensayos su primer fototeodolito en 1867, al que mantuvo en constante evolución hasta

que llegaron dos de sus principales innovaciones: el desplazamiento vertical del objetivo para adaptarse mejor a los edificios en altura y su portabilidad y fácil desmontaje.

Al igual que su colega Laussedat, Meydenbauer comenzó a publicar sus experiencias e impartir conferencias en diferentes foros con la intención de concienciar a los mandatarios de la necesidad de documentar la infinidad de monumentos arquitectónicos repartidos por toda Alemania, intentando despertar el interés por su fotogrametría. Tras dar unas charlas y demostraciones prácticas en universidades, consiguió realizar una prueba oficial bajo control gubernamental: el levantamiento de la Iglesia de Marburgo, que sería comparado con otro simultáneo por medios topográficos.

Logró la aceptación oficial del parlamento prusiano para la documentación fotogramétrica de grandes monumentos arquitectónicos y el 1 de abril de 1885 se creó en Berlín el *Real Instituto Fotogramétrico Prusiano*, primera institución fotogramétrica del mundo (*"Königlich Preussische Messbildanstalt"*) de la que sería su responsable y en cuyo seno se catalogaron cerca de 1.200 monumentos en Alemania, de los que sólo le levantarían fotogramétricamente una minoría.

Pasada la fase de experimentación, al igual que Laussedat, este fotógrametra se dedicaría con gran énfasis a la difusión de la Fotogrametría, quizá como visionario que anticipó su importancia ante los venideros desastres que las guerras mundiales iban a provocar en el patrimonio cultural de su país. Se entregó con profusión a impartir conferencias y a publicar artículos en los que describía las técnicas más apropiadas para el registro de imágenes y su archivo, así como el uso métrico de las fotografías según la finalidad de los levantamientos [8].

Pero a pesar de sus esfuerzos, de nuevo como le ocurriera a su colega francés, el gobierno alemán desoyó su proclama de datar todo el patrimonio arquitectónico y aunque incansablemente seguía propagando sus ideas, ante el constante incumplimiento de las promesas administrativas, Meydenbauer aprovecharía el vigesimoquinto aniversario de la creación del Instituto para dimitir de su cargo en 1909, a la edad de 75 años.

Conclusiones

La memoria histórica y las nuevas tecnologías constituyen la paradoja de la Fotogrametría: los primigenios levantamientos iconométricos, apoyados en fieles dibujos perspectivos, se dan la mano con nuestros actuales levantamientos arquitectónicos fotogramétricos, a partir del tratamiento informático de fotografías como perspectivas afectadas en su génesis por la Geometría.

Es razón de oportunidad la revisión de los antecedentes en la obtención de documentación gráfica acerca del patrimonio edificado en tanto que su rehabilitación ha de partir necesariamente de un exhaustivo análisis y en él la toma de datos adquiere una trascendente relevancia.

Las actitudes tendentes a la innovación y nuevas tecnologías aplicadas a la documentación e información del patrimonio cultural requieren el apoyo y fomento por parte de instituciones como la que nos acoge pero también es necesario que las administraciones públicas se impliquen plenamente en ello, evitando lo que la historia nos advierte: calamidades, frustraciones y ocasiones perdidas en el empeño por lo que en un futuro aparecerá como irrenunciable, la evolución.

Referencias

[1] En su discurso de ingreso a la Real Academia de Ciencias de Madrid, la máxima autoridad española de la Fototopografía teórica y práctica, el ingeniero José María Torroja y Miret definía la Fotogrametría en 1920 como la "*aplicación de la Fotografía a la medida*".

[2] Así denominaba a la Fotografía el primer tratadista español de la perspectiva fotográfica, Ángel Rodríguez de Quijano y Arroquia, en su "Tratado sobre las escalas gráficas en general y sus aplicaciones al dibujo geométrico", Imprenta del Memorial de Ingenieros, Madrid, 1869, pp. 225-244, lámina 14 del Atlas.

[3] Este término acuñado por Laussedat en 1858, fue sustituido por el que más tarde pasaría a ser adoptado internacionalmente, *Fotogrametría*, a partir de que en 1868 Albretch Meydenbauer empleara el término *Fotometrofotografía*.

[4] Edouard Dolezal, el que fuera durante muchos años la personalidad de referencia en el mundo de la Fotogrametría, entonces rector de la Universidad de Viena, definió a Aimé Laussedat en el IV Congreso de la Sociedad Internacional de Fotogrametría celebrado en París en 1934, como *"iniciador y pionero de la Metrofotografía, creador de nuestra Ciencia".*

[5] E. De Bono, "El pensamiento paralelo. De Sócrates a De Bono", Paidós, Barcelona, 2004, p. 154.

[6] La participación de Laussedat sólo fue merecedora del accésit (el primer premio quedó desierto) y no publicable en tanto su autor no acordara con la Academia los cambios necesarios para ello, sin embargo, traducida al francés y casi como una copia literal, vio la luz en el seno del "Mémorial de l'Officier du Génie" francés bajo el título "Mémoire sur l'application de la photographie au lever des plans", nº 17, Paris, 1864.

[7] Este teorema es atribuido a Guido Hauck, a partir de su publicación en 1883 de "Neue Konstructio der Perspektive und Photogrammetrie", (Theorie der trilinearem Verwandschaft ebener Systeme I), en el "Journal für die reine und angewandte Mathematik, gengrundert von A.L.Crelle", Berlin, Bd. XCIV, pp. 1-35. Pero veintiún años antes, Terrero resolvió la generalidad del problema, y algunos otros de la misma materia, en el artículo "Topofotografía, o sea aplicaciones de la fotografía al levantamiento de los planos topográficos", repetido literalmente en dos publicaciones: "La Asamblea del Ejército y la Armada", Madrid, 1862, tomo I, nº 8, pp. 31-45; y, "Revista de los progresos de las ciencias exactas, físicas y naturales", Madrid, 1862, tomo XII, nº 5, pp. 257-270.

[8] Más tarde vería la luz un *Manual sobre el arte de la fotogrametría y la fotografía arquitectónica*: "Handbuch der Meßbildkunst in Anwendung auf Baudenkmäler und Reiseaufnahmen", Knapp Verlag, Halle, 1912.

LA DOCUMENTACIÓN DIGITAL EN EL PROYECTO DE CONSERVACIÓN: LAS MURALLAS DE SAN VICENTE DE LA SONSIERRA (LA RIOJA)

C. Hugony [(1)], M. Zubiaga [(2)]
Unidad de construcción y Desarrollo del Territorio, Tecnalia Labein, Parque Tecnológico de Bizkaia, Derio, Bizkaia, España.

chugony@labein.es [(1)] mzubiaga@labein.es [(2)]

ÁREA TEMÁTICA: INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

RESUMEN
Conservar un edificio de interés histórico es una elección de principios, que se traduce en dos criterios básicos de intervención: en primer lugar, sacrificar – en el sentido literal de renunciar, eliminar, perder - la menor cantidad posible de materia histórica; en segundo lugar, diferenciar claramente las nuevas aportaciones de la fábrica antigua. Todo ello asegurando por una parte la integración visual entre lo antiguo y lo nuevo y por otra la eliminación, o, si ésta no es posible, la reducción, de la acción patógena de las causas de degradación. La aplicación de estos dos criterios de intervención, aparentemente sencillos, requiere de un conocimiento preciso y profundo de la naturaleza de la fábrica histórica, de las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales que la componen y del comportamiento estructural de la construcción. Todo ello, integrado con el análisis de las condiciones ambientales y de uso del monumento y de su evolución histórica, permite evaluar las patologías activas e identificar las principales causas de degradación. Este largo proceso de conocimiento del monumento y de su evolución es indispensable para una toma de decisiones responsable a la hora de identificar la fábrica histórica a sustituir. Sin este conocimiento, conservar materiales de aspecto muy deteriorado implica un riesgo demasiado alto, por lo que lo más corriente es, inevitablemente, optar por la sustitución. No obstante, el elevado coste económico que supone un conocimiento profundo del monumento es a menudo motivo suficiente para que no se lleve a cabo, con la consiguiente pérdida de documentos históricos de gran interés.

Las murallas medievales de San Vicente de la Sonsierra han sido objeto de un proceso de restauración muy documentado, gracias a la redacción del Plan Director para la conservación del conjunto monumental previo a la intervención [1]. En el ámbito del Plan Director, que se desarrolló a lo largo de 2 años, se realizaron estudios históricos y arqueológicos muy completos, se analizaron las propiedades de los materiales y de las fábricas históricas presentes en el conjunto y se identificaron los principales criterios de intervención para cada edificio catalogado en el entorno. En su documento final, el Plan Director ilustraba los principales problemas de degradación de la muralla que estaban poniendo en peligro su propia conservación, provocando riesgo de colapso en puntos determinados: la arenización y alveolización de los sillares de piedra arenisca, que han provocado una fuerte reducción de sección resistente en el muro.

El proyecto de conservación de las murallas arrancó de estas premisas. Si el proceso de deterioro estaba claro, quedaban abiertas dos preguntas: 1) ¿En qué puntos la arenización de los sillares constituía un peligro real para la conservación de la muralla? Dicho en otras palabras: ¿Dónde era absolutamente necesario sustituir la fábrica histórica? 2) ¿Cómo detener – o por lo menos ralentizar – el proceso de arenización activo? Para contestar a estas preguntas era necesario realizar un mapa de daños de alta definición que permitiera evaluar el estado de conservación de cada sillar, cuantificar las superficies degradadas y ubicarlas en el espacio. Para ello se debía incorporar la tercera dimensión a la documentación planimétrica disponible, con el objeto de medir la pérdida de material de los sillares arenizados. Pronto se evidenció que la documentación topográfica utilizada para el Plan Director era insuficiente: se optó entonces por experimentar una documentación digital basada en la toma de datos con

escáner 3D y posterior procesado empleando el software UVAcad, desarrollado por el Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica (LFA) de la Universidad de Valladolid (UVA) en el ámbito de un proyecto de investigación conjunto entre la UVA y Tecnalia Labein [2].

Contar con un modelo digital de la muralla simplificó notablemente el proceso de conocimiento del monumento. En primer lugar, permitió conocer geométricamente zonas no accesibles a la inspección directa; en segundo lugar, facilitó ubicar cada sillar visible en el extradós de la muralla en relación con la cara intramuros; en tercer lugar, permitió cuantificar la pérdida de material por arenización de cada sillar de la muralla, pudiendo así evaluar su estado de riesgo. Por otra parte, la cantidad de información generada necesitaba ser interpretada para traducirse en herramienta base para la toma de decisiones sobre la intervención. El estudio del modelo digital permitió identificar los desagües del antiguo sistema de drenaje de la muralla y calcular el nivel de dicho drenaje respecto al substrato rocoso. A partir de este dato, se observó que las zonas más degradadas del paramento extra-muros se ubicaban por encima de la línea de desagüe y por debajo del nivel actual del terraplén en el trasdós de la muralla. Estos datos, cotejados con la información histórica, constituyeron la base para decidir rebajar el nivel de dicho terraplén. Una vez analizada la pérdida de material de cada sillar, se establecieron 3 umbrales de degradación de los sillares, correspondiendo a cada uno de ellos un distinto nivel de intervención. Finalmente, a la hora de dimensionar las intervenciones, el modelo permitió calcular exactamente las superficies y los volúmenes a tratar, asegurando una gran precisión en la redacción del presupuesto. En conclusión, la documentación digital en 3D ha sido una herramienta básica para la redacción del proyecto de conservación.

Las murallas y la Torre del Homenaje de San Vicente de la Sonsierra.
Construidas a partir del S. XII, las murallas encierran el conjunto monumental de San Vicente de la Sonsierra que domina la comarca desde la cumbre del cerro del mismo nombre. En la zona más alta del cerro se encuentra la Torre del Homenaje, el único vestigio de la fortaleza medieval que completaba la fortificación del cerro.



Lámina 1. La torre del Homenaje y un tramo de las murallas medievales.

El conjunto fue objeto de un Plan Director promovido por el Ministerio de Fomento en 2004, con el objetivo de elaborar una nueva propuesta de uso para sus edificios y planificar las intervenciones a realizar para su recuperación [1]. La consolidación de las murallas y de la torre corresponde a la primera fase del plan de intervenciones. El proyecto fue promovido por el Ayuntamiento de San Vicente y la Consejería de Cultura de La Rioja con el apoyo del Ministerio de Fomento. En la actualidad, la obra está en fase de licitación. Labein Tecnalia resultó adjudicataria del Plan Director primero y del proyecto de conservación de las edificaciones medievales después.

Ambas construcciones se levantan en fábrica de piedras areniscas carbonatadas pertenecientes a la unidad geológica FORMACIÓN HARO. El sistema constructivo es de doble hoja de sillería con relleno interior a base de mampuestos y mortero. La Torre del Homenaje es

de planta rectangular orientada en sentido norte-sur, de 10,27 por 8,45 m de lado sin contar la proyección de la base escalonada que se extiende por las caras oeste, sur y este. Ocupa una superficie de 86,5 m^2 y alcanza una altura media de 10 m. El espesor total de los muros de carga es de 1,4 m. La muralla se apoya en la roca base, cortada para aumentar la altura total de la estructura defensiva. Conserva una altura máxima de 14 m y una longitud de 194 m y está completamente enterrada en su cara intra-muros. En el lienzo norte se hallan los restos de la Puerta de la Primicia, una puerta en recodo parcialmente reconstruida en el año 1816.

Documentación realizada

En colaboración con el LFA se definieron los requerimientos de una documentación adecuada al estudio del conjunto:

- alta calidad en la representación, para identificar las distintas patologías en el modelo
- reconocimiento automático de la pérdida de volumen, para identificar las zonas más deterioradas
- clasificación relativa de la pérdida de sección resistente en todos los lienzos, con el objeto de definir los criterios y espacios de actuación
- cuantificación de las pérdidas de sección resistente, para la definición de la actuación de restauración

El LFA se encargó de la captura y el procesado de la nube de puntos. Una vez obtenida, la nube de puntos se analizó de 2 formas diferentes: en 2D y en 3D.

Análisis de patología

Proyectada en un plano en 2D, la nube de puntos se trabajó como documentación fotogramétrica mediante programas de dibujo vectorial. Así se realizaron los mapas de daños, asociando a cada una de las patologías identificadas una ficha descriptiva.

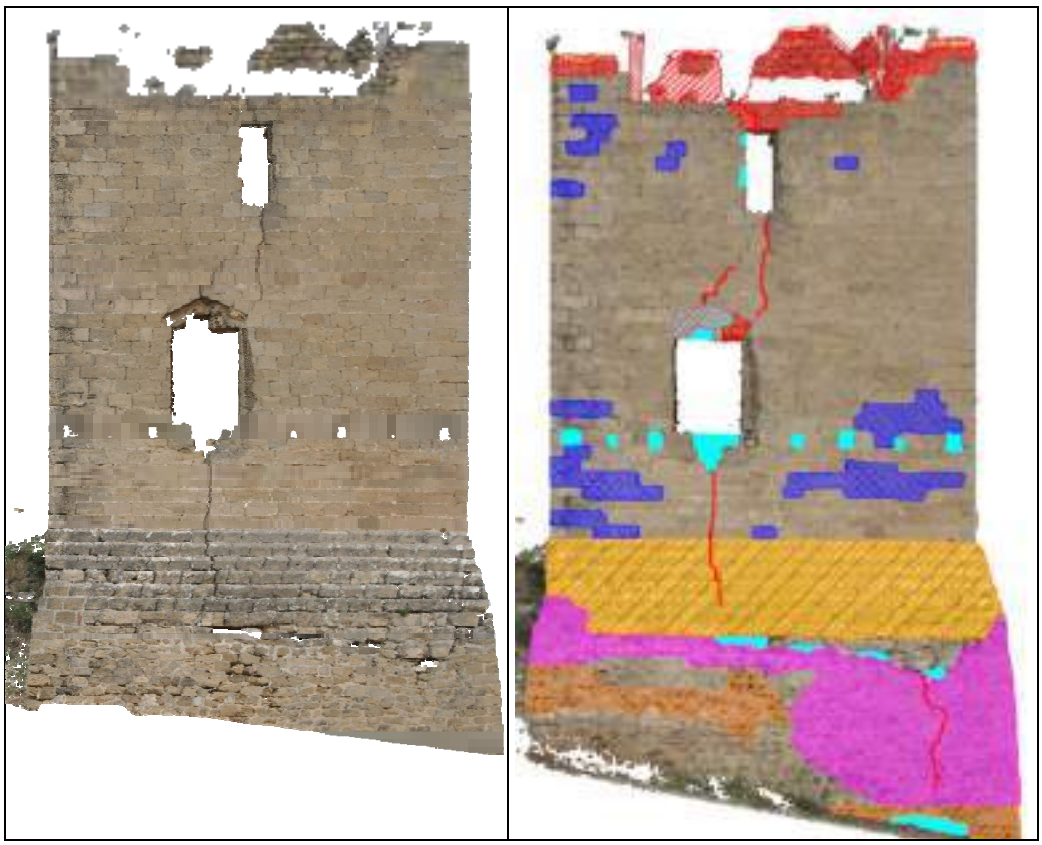


Lámina 2. Alzado fotogramétrico obtenido de la nube de puntos de la Torre del Homenaje y mapa de daños

Las principales patologías que afectan a la torre se deben a la acción antrópica. La substracción sistemática de material constructivo, así como la apertura indiscriminada de huecos dejando el interior del muro sin protección, han facilitado el acceso de los agentes patógenos, acelerando la degradación de las fábricas. El abandono de la estructura desde la

segunda mitad del S XIX ha acelerado el proceso. En los paramentos de la torre se aprecian grietas, huecos y lagunas, sillares en desprendimiento y falta de mortero de rejunteo.

La muralla sufre un fuerte proceso de arenización que afecta a los sillares y a la roca de cimentación, tan avanzado que genera problemas de inestabilidad y peligro de desprendimientos. El mecanismo de alteración es intrínseco al material y consiste en la disolución del cemento natural carbonatado de la piedra por parte de las aguas que llegan por circulación superficial y/o subterránea. Una vez se inicia este proceso de disolución los granos de arena de la roca pierden soporte, desprendiéndose en arena fina y dejando tras de sí poros por los cuales puede penetrar más fácilmente el agua, incrementándose el fenómeno de disolución–arenización. La composición mineralógica y textura de la roca facilita la absorción del agua existente en el terreno y origina las manchas de humedades presentes en las bases de casi todos los elementos. La presencia de humedad es por lo tanto un factor desencadenante del proceso de degradación

Criterios de intervención

La riqueza del conjunto monumental de San Vicente de la Sonsierra se halla en la variedad y sucesión de las ocupaciones del cerro en relación con su entorno antropizado. Acorde con estos principios, las intervenciones en la torre y la muralla tienen que permitir la comprensión de las transformaciones históricas que cada edificio ha sufrido, favoreciendo la conservación de sus huellas. Tendrán que eliminar las causas de degradación para asegurar la conservación de los bienes sin reconstruir, modificar o alterar los paramentos según criterios estéticos. En consecuencia, no se realizará ninguna actuación para “mejorar la imagen” o “unificar la imagen” del monumento. En concreto se seguirán las siguientes pautas:

- Las fábricas se consolidarán en su estado actual, sin efectuar recrecidos.
- Las intervenciones serán orientadas a eliminar las causas de degradación antes que a enmascarar sus efectos
- Se intervendrá en las fábricas sólo allí donde su estado actual pueda constituir un peligro para la misma conservación del monumento
- Las nuevas fábricas serán reconocibles, con un tratamiento superficial distinto al de la fábrica histórica
- Las nuevas fábricas se realizarán con materiales compatibles química, física y mecánicamente con las históricas.

Propuesta intervención

Sobre los alzados fotogramétricos se realizaron los planos de intervención, asociando a cada trama un proceso de intervención descrito en la memoria del proyecto. El estudio en 3D de la nube de puntos a través del programa UVACad permitió definir las intervenciones de consolidación más complejas.

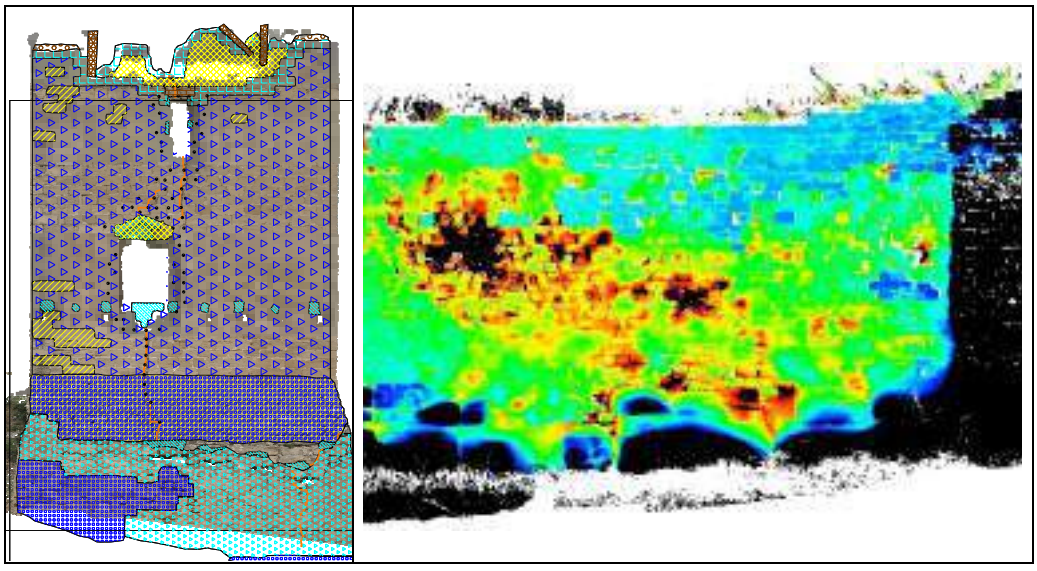


Lámina 3. Ejemplo de plano de intervención y mapa de profundidades de un lienzo de las murallas

Para la consolidación de paramentos se realizaron mapas de profundidades, a través de las cuales se representa mediante gradación de color la distancia de cada punto respecto a un plano ideal. Sobre la base de esta información geométrica se han definido, dimensionado y ubicado distintas intervenciones dependiendo de la afección de la pérdida de material a la sección resistente. Se definieron 3 clases principales de intervención:

- *Cierre de huecos*, donde las soluciones de continuidad afectan a todo el paramento y parte del relleno interior. Se prevé relleno mediante hormigón de cal apisonado en encofrado.
- *Recuperación de volumen*, en las zonas donde los procesos de degradación de las piedras han provocado una pérdida de material de la sección de la muralla mayor a 40 cm. Se ha previsto relleno mediante mampostería de cal con revoco de cal.
- *Consolidación de los sillares*, allí donde el proceso de degradación hayan provocado una pérdida de material de la sección de la muralla entre 10 y 40 cm. Se prevé el saneado superficial de los sillares y, en su caso, su anclaje.

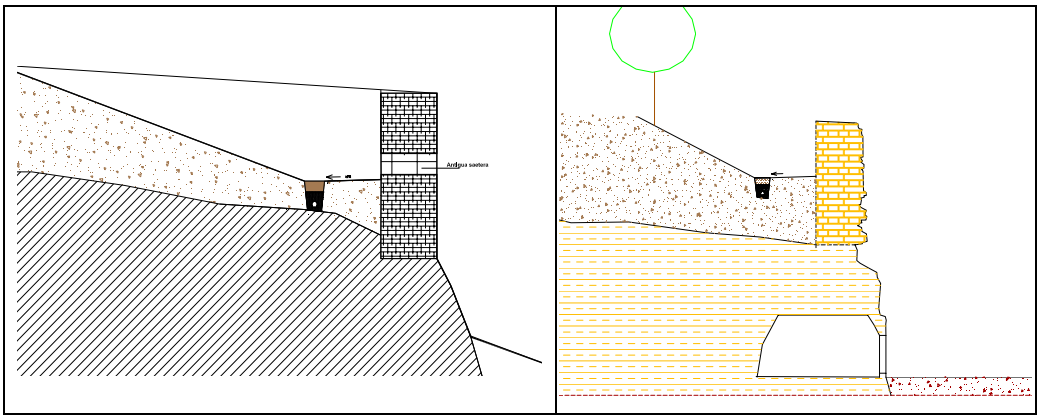


Lámina 4. Secciones esquemáticas de la muralla para el estudio del vaciado de la cara intra-muros

La posibilidad de obtener secciones geométricas en cualquier punto de la muralla simplificó la definición del vaciado del intradós de la muralla y de la consolidación del talud. El nivel del terreno intra-muros se rebajará hasta el nivel del suelo de las saeteras. Un drenaje lineal de las aguas procedente del cerro, que desaguará en la red municipal de recogida de aguas, protegerá el intradós de la muralla. A la vez, se recuperará la funcionalidad de los antiguos mechinales

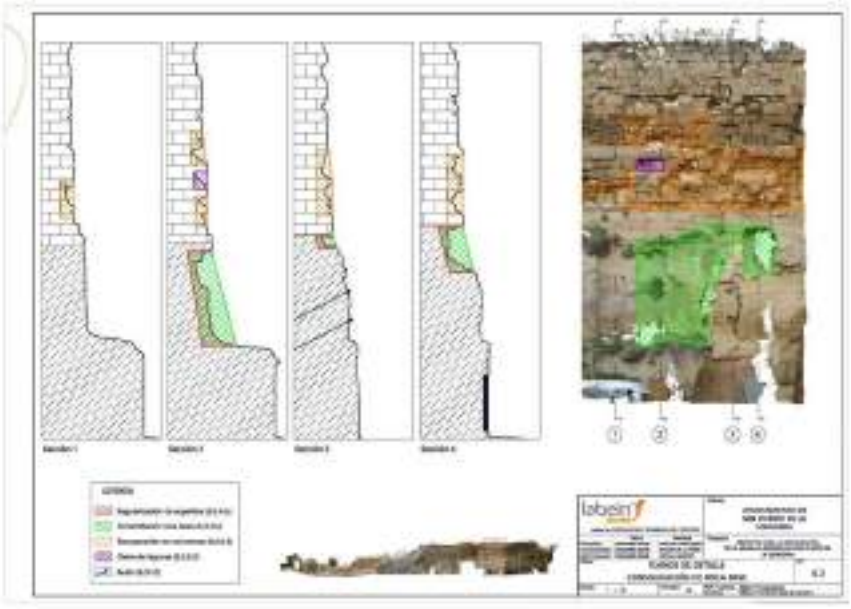


Lámina 5. Tramo norte de la muralla: plano de consolidación del talud.

En su tramo norte, la muralla se asienta sobre un talud que presenta señales de inestabilidad. Por una parte, sufre procesos de arenización de forma parecida a los sillares que conforman la muralla. Dicho proceso está más acentuado en el punto de encuentro entre la roca y la muralla, donde el agua procedente del trasdós de la muralla se abre camino en la roca. Además se ha identificado un bloque que presenta peligro de desprendimiento, ya que se detectan fracturas longitudinales y transversales, como ya hemos subrayado en el análisis de patología. A través de un análisis pormenorizado, sobre la base de todas las secciones necesarias del modelo tridimensional, se han podido identificar puntos críticos y se ha diseñado un conjunto de actuaciones muy localizadas, orientadas a la solución de problemas puntuales.

Atención especial se ha prestado a la Puerta de la Primicia. La singularidad de dicha estructura, su estado de ruina y la dificultad de su lectura obligan a plantear un tratamiento más detallado. Se propusieron inicialmente los mismos criterios de intervención definidos para la muralla: el volumen recuperado se planteó con un acabado en revoco liso, rehundido respecto a los sillares conservados. Esto permitía además resaltar los restos materiales que indican la naturaleza de la parte de la torre que se conserva: los sillares de arranque del arco y de la bóveda que protegían la antigua puerta (en azul en la figura). La geometría de la recomposición de volumen se definió con detalle, utilizando alzados, secciones y el mismo modelo tridimensional.

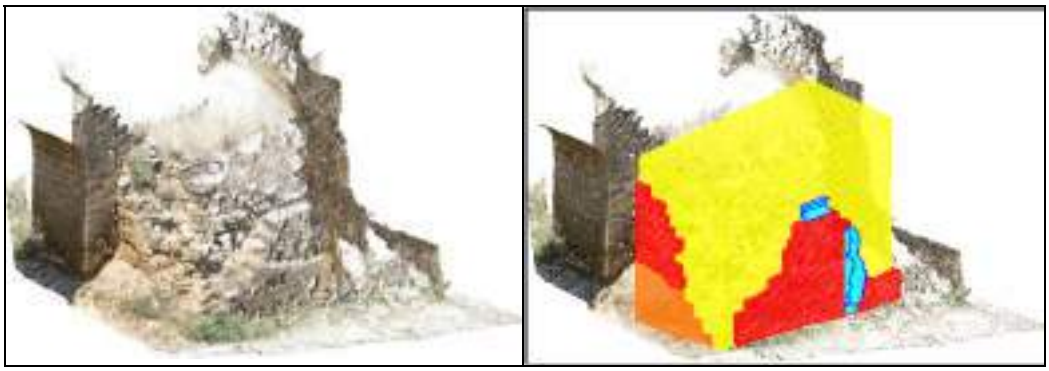


Lámina 6. Restos de la Puerta de la Primicia: modelo tridimensional y esquema de intervención.

Conclusiones.

La documentación digital proporciona una gran cantidad de información muy útil para la elaboración de proyectos de conservación, orientados a limitar al máximo el sacrificio de materia histórica para asegurar el legado documental de las generaciones futuras. Para los estudios previos, dicha documentación facilita la comprensión de los procesos de degradación y una mejor evaluación de su alcance. En el diseño de la intervención, permite una descripción más detallada de la actuación y el cálculo más exacto de las cantidades. Los avances de la investigación en la obtención y procesado de las nubes de puntos permiten modelos muy completos a un coste cada vez más asequible. Asimismo, los software para el procesado de los modelos simplifican cada vez más la obtención de la información requerida por el estudio del monumento. Todo ello facilitará la difusión de la documentación 3D como herramienta generalizada para la redacción de proyectos de conservación.

En este artículo se presenta un ejemplo de utilización de modelos digitales 3D para un proyecto de conservación, en concreto el Proyecto de conservación de las murallas y la Torre del Homenaje de san Vicente de la Sonsierra, redactado por Labein. En el texto se ha evidenciado como se ha utilizado el modelo digital para diseñar intervenciones a medida orientadas a la solución de los problemas de conservación en el máximo respeto de la materia histórica.

Referencias

[1]Labein. Plan Director del conjunto fortificado de San Vicente de la Sonsierra, informe inédito
[2] Modelos y Algoritmos para la documentación digital del Patrimonio Arquitectónico (MAPA). 2004-2007. Proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Entidades participantes: Universidad de Valladolid; Universidad de Salamanca, Labein.
[3] Labein. Proyecto de Conservación de las murallas y de la Torre del Homenaje del conjunto monumental de San Vicente de la Sonsierra (La Rioja). Informe inédito.

METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA RESTAURACIÓN DE LA IGLESIA DEL SALVADOR DE SEVILLA

A. Jaramillo [(1)], F. Mendoza, J. Ruiz [(2)]
Dpto. de Mecánica de Medios Continuos, Universidad de Sevilla. Avd. Reina Mercedes nº2, 41012 Sevilla, España
jarami@us.es [(1)] jonaruizjara@yahoo.es [(2)]

ÁREA TEMÁTICA DE GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TÉCNICAS Y METODOLÓGICAS CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIALES

Introducción

En Marzo de 2008 se ha abierto al público, después de 5 años de obras de rehabilitación la Iglesia del Salvador de Sevilla. En la misma se han utilizado diferentes métodos de estudios y simulación de la estructura y la cimentación. Entre los diversos métodos de diagnósticos, se han priorizado los no destructivos, con una amplia variedad, desde:

- Estudio con georradar del subsuelo para determinar zonas de enterramientos.
- Estudio con ultrasonidos para determinar la calidad de piedras, mortero, fábrica, etc.
- Estudio de rigidez a partir de vibraciones ambientales.

Para las propuestas de reparación estructural se han utilizado diversos programas de cálculo, desde los más simples matriciales, hasta algunos más sofisticados de elementos finitos (ANSYS y SAP2000). Algunos elementos como las bóvedas y las cúpulas se han calculado con los dos programas de elementos finitos citados para comparar los resultados. A partir de los estudios se ha realizado la rehabilitación que ha consistido principalmente en:

- Excavación de más de cuatro metros de relleno, creando una cripta arqueológica, dejando visitable los restos de la iglesia cristiana y de la mezquita.
- Excavación de una cripta arqueológica donde son visibles restos romanos.
- Colocación de un forjado de hormigón, arriostrante, y preparado para las grandes cargas de este edificio, donde se han combinado forjado reticular, losa maciza, arcos de hormigón colaborantes, etc.
- Nueva estructura metálica para el apoyo del órgano y del coro.
- Refuerzo con fibra de carbono de cúpulas y bóvedas.
- Inyección de las piedras con cal.

Presentamos en esta comunicación algunos aspectos de los resultados obtenidos.

Ensayos no destructivos realizados

Se realizaron múltiples pasadas con un georradar y descubrimos que debajo del primer nivel de enterramiento existe un segundo nivel que actualmente se ha dejado sin excavar, y corresponde a los enterramientos realizados entre los siglos XIV y XVIII. En la cripta arqueológica se han colocado unas lápidas recordando este hecho. Sólo se han excavado los enterramientos de la cata arqueológica central en el centro de la iglesia.

Los enterramientos bajo el templo cristiano adaptado de la mezquita son más numerosos incluso que los de la cota más superior.





Fotos 1 y 2.- *Georradar para localizar enterramientos y estructura de arriostramiento provisional tras la excavación de los 4 primeros metros*

Con objeto de poder detectar las diferentes zonas de la fábrica, piedra en buen estado, piedra en mal estado (erosionada o meteorizada) y fábrica de ladrillo, se realizaron algunos ensayos en las piedras que están al exterior, en los torreones de las escaleras de acceso a las distintas cubiertas. Las medidas fueron realizadas el 28 de Diciembre de 2004.

Utilizamos dos sistemas: ultrasonidos y esclerómetro.



Foto 3.- *Medida con esclerómetro en la fábrica*

MED.	SITUACIÓN	ESP. (CM)	TIEMPO (10^{-6} s)	VEL. (M/S)	OBSERV.	ESCLER.
1	Torreón lateral izquierdo acceso a cota +20	28.2	51.5	**5475.73**	piedra buen estado	13-14-15
2	Torreón lateral izquierdo acceso a cota +20	28.2	49.9	**5651.30**	piedra buen estado	
3	Torreón lateral izquierdo acceso a cota +20	28.2	66.5	**4240.60**		
4	Torreón lateral derecho acceso a cota +20	28.2	126.1	**2236.32**	piedra mal estado	26-30
5	Torreón lateral derecho acceso a cota +20	28.2	268	**1052.24**	ladrillo	31
6	Torreón lateral izquierdo acceso a cota +15	23.3	51.2	**4550.78**	piedra buen estado	27
7	Torreón lateral izquierdo acceso a cota +15	23.3	49.2	**4735.77**		

Tabla 1.- *Medida de ultrasonidos en distintos tipos de fábricas*

Para tener una idea en conjunto de la rigidez del edificio, grietas en arcos, bóvedas, subestructuras, realizamos los siguientes estudios dinámicos de medidas dinámicas del edificio, para obtener las frecuencias propias, y por tanto los periodos fundamentales y en función de éste, la rigidez del conjunto. Las medidas (verticales) fueron iniciadas en Junio de 2003. El periodo fundamental de un edificio (inversa de la frecuencia) es función de la rigidez de un edificio y depende fundamentalmente de la masa, del tipo de estructura y de su estado. Mientras más alto es el periodo fundamental de un edificio, menos rígido es, y más se mueve en caso de terremoto, vibraciones o cargas accidentales como viento. Las normas sísmicas suelen dar expresiones para estimar el periodo fundamental de los edificios.

Las medidas consistieron en:

- Medida de frecuencias verticales en los puntos medios de todos los arcos, bóvedas y centro de masas aproximado del edificio, donde sea visitable el edificio en sus cubiertas.
- Medida de frecuencias horizontales, en los dos ejes de simetría del edificio, en los puntos coincidentes con pilares y centro de masas aproximado del edificio.
- Medida de frecuencias verticales encima de pilares y horizontales sobre arcos para contraste, en muestras.

Las medidas de las vibraciones verticales realizadas con el equipo dieron los siguientes resultados, referidos al primer modo de vibración:

PUNTO	SITUACIÓN	FRECUENCIA (Hz)	AMPLITUD mV
1	CRUCERO-NAVE A	9,14	0,5
2	NAVE D	8,70	0,5
3	NAVE D-CALLE	9,20	1,0
4	NAVE D	16	0,7
5	NAVE B	9,7	0,2
6	NAVE B	----	----
7	NAVE B	9,14	0,2
8	CRUCERO-NAVE B	4	0,15
9	NAVE C	7,97	0,8
10	NAVE C	9	0,5

Tabla 2.- *Medidas dinámicas al inicio de la obra*

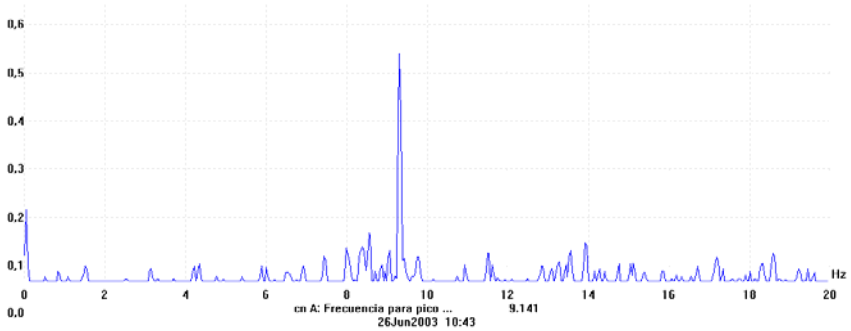


Figura 1.- *Ejemplo de espectro dinámico*

Tras la reparación hemos vuelto a realizar una nueva medición del edificio y hemos comprobado la uniformidad de los resultados y la desaparición de las frecuencias verticales.

Realizamos un modelo tridimensional del edificio, cimentación, y parte del terreno con elementos finitos (programas ANSYS o SAP2000), con tres hipótesis:

- Edificio en su estado inicial, suponiendo todas las fábricas sin fisurar. Tensiones y deformaciones ante cargas estáticas (peso propio), viento y sismo.
- Edificio en su estado actual introduciendo en el modelo las grietas detectadas. Tensiones y deformaciones debidas a cargas estáticas (peso propio), viento y sismo.

- Edificio en un estado futuro, introduciendo una losa o forjado a nivel de planta baja, y realizando un sótano o planta inferior visitable. Tensiones y deformaciones debidas a cargas estáticas (peso propio y sobrecargas, especialmente pasos y cofradías), viento y sismo.

Cimentación

Los pilares son macizos y realizados con sillares de piedra calcarenita con juntas y llagas de mortero de cal, que tiene espesores variables entre 1-13 cm. La resistencia a compresión de muestras saturadas de agua oscila entre 16,9 y 1,47 MPa. Los sillares inferiores de mármol rojo y rojo con resistencia a compresión simple en estado seco de 52,7 a 80,8 MPa. Los pilares (bajo los sillares de mármol) apoyan en un basamento de piedra calcarenita. De 24-42 cm de canto. Con forma octogonal. El sobreancho del mismo en relación al pilar es variable entre 5 y 40 cm.

Bajo el basamento aparece una fábrica de ladrillos macizos de 28x14x4,5 cm tomados con mortero deque llega hasta una profundidad de 3-4,5 m. La forma es cuadrada, con un sobreancho en relación al pilar entre 5 y 50 cm. Desde el basamento anterior, y con un espesor de 5,1 a 6,0 m aparece una argamasa de cal con importante presencia de ladrillos macizos. La resistencia de la argamasa oscila entre 2,5 y 7,96 MPa, y las zonas con fábrica de ladrillo de 1,85 a 5,96 MPa. A continuación y con un espesor de 2,5-3 m, argamasa de cal con cascotes y restos cerámicos.

La argamasa de cal con resistencia a compresión simple entre 2,52 y 7,96 MPa. La fábrica de ladrillo con resistencia a compresión simple entre 1,85 y 5,96 MPa.

Los muros exteriores corresponden a fábrica de ladrillos macizos tomados con mortero de cal.
El relleno más superficial aparecía con abundantes restos de enterramientos. En la cimentación, se ha colocado un revestimiento de fábrica de ladrillo a la cimentación, y se ha colocado un drenaje a nivel de solería de la mezquita.

Nuevo forjado sobre la cripta

La cubierta de la cripta es un forjado que reemplaza a la solera que existía previamente al comienzo de las excavaciones arqueológicas realizadas en la iglesia. Su misión por tanto es recuperar la cota de suelo que existía en la iglesia antes del comienzo de las excavaciones. Este forjado sirve de soporte a la solería de mármol. Actualmente se está construyendo un museo con contenido de la obra. Al ser actualmente la cripta visitable, el forjado se convierte en un elemento cuyos únicos apoyos son las bases de ladrillo que suponen las cimentaciones de las columnas y cerramientos laterales.

Por otra parte, el forjado tendrá también una función de arriostramiento horizontal de la base de las columnas que durante el periodo de las obras se ha encomendado a las pasarelas peatonales diseñadas al efecto.

Motivada por la gran luz de los paños y con objeto de reducir lo máximo posible el canto del forjado, sin por ello influir negativamente en la flecha, se han colocado unas vigas de descuelgue apoyadas entre las bases de las columnas. Estas vigas se disponen pareadas, consiguiendo reducir la luz máxima de los paños en ambas direcciones, además de conseguir un efecto estético en la cripta al ser elementos con resalte respecto al plano de forjado. En aquellas bases de columnas donde no exista un apoyo suficiente para el forjado se ha recrecido la base con fábrica de 1 pie de ladrillo macizo desde el saliente inferior de la cimentación.

En la planta de forjado que adjuntamos se pueden observar los dos tipos de forjado que se han utilizado: losa de hormigón maciza, forjado reticular, vigas de cuelgue, etc.
La losa de hormigón se ha empleado por su mayor capacidad resistente con un menor canto, además de dar diferencia en el tratamiento del intrados de cada uno de los paños, de cara a la imagen final de la cripta.

Los recuadros de la nave central tienen una proporción prácticamente cuadrada. Por ello, el comportamiento bidireccional del forjado reticular resulta especialmente adecuado para resolver estos vanos. Además, al ser una losa aligerada gracias a la colocación de casetones, el hecho de tener un menor peso propio que la losa de hormigón hace que tenga un mejor comportamiento frente a la flecha. A pesar de ello, se ha aplicado un postensado en la dirección de mayor luz (transversal) con el objeto de disminuir la flecha.

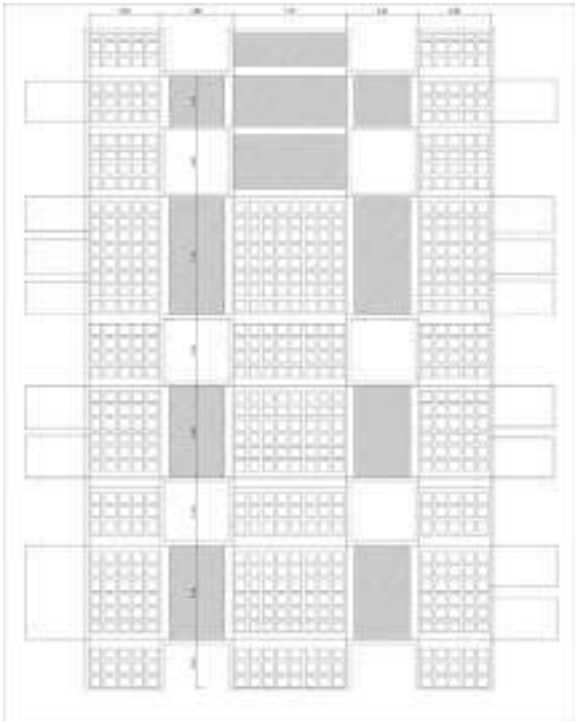


Figura 2.- *Esquema del forjado*



Foto 4.- *Excavación y estructura provisional*



Foto 5.- *Cripta arqueológica con drenaje, y sistema de ventilación*



Foto 6.- *Reparación de bóvedas de ladrillo superiores con fibra de carbono.*





Fotos7 y 8.- *Estructura metálica del coro en distintas fases de construcción*

Conclusiones

La Iglesia Colegial del Salvador ha sido objeto de una restauración bastante completa, del soporte estructural del edificio. Se han realizado multitud de ensayos destructivos y no destructivos.

En relación con las medidas del georradar:

- Hemos localizado la situación de los enterramientos de la iglesia primitiva adaptación de la mezquita tras la reconquista de Sevilla.
- Los restos son más abundantes que los que había en la capa superior.

En relación a las medidas con ultrasonidos y esclerómetros:

- Las medidas con esclerómetro no recogen el estado de la piedra al reflejar el estado de la superficie, pero no el interior.
- La piedra en estado sano responde con velocidades de transmisión de 4.200 a 5.600 m/s. La piedra en mal estado (erosionada), responde con velocidades de transmisión de ultrasonidos del orden de 2.200 m/s. La fábrica de ladrillo presenta velocidades más bajas aún que la piedra deteriorada, del orden de 1.000 m/s.
- Se distinguen claramente los materiales y su estado con un simple ensayo de ultrasonido.
- Los valores de velocidades coinciden con la bibliografía manejada normalmente.

En relación a las medidas dinámicas:

- El edificio, antes de la reparación se comportaba como varios bloques sueltos, que se mueven de forma diferente (periodos) antes las acciones dinámicas. La nave D estaba "suelta", con diversos elementos formados por los pilares con los trozos de los arcos en voladizo.
- Hicimos dos medidas horizontales en el centro de masa aproximado del edificio, y pudimos comprobar que la ampiltud era muy superior en el sentido de las naves C-D que en el de las naves A-B. Esto indica una primera impresión que los daños en los arcos de la dirección naves C-D son superiores a los de las naves A-B.
- Actualmente el edificio se comporta como un bloque rígido.

En relación con las intervenciones principales en relación con la estructura y cimentación:

- Excavación de una cripta arqueológica permitiendo una planta sótano bajo la iglesia visitable que permite observar los restos de la mezquita y de construcciones romanas.
- Instalación de un drenaje para controlar el agua en el terreno de la cripta arqueológica.
- Colocación de un forjado de hormigón que tiene elementos reticulares, losa maciza, postensados, etc.
- Reparación de las bóvedas y cúpulas con fibra de carbono. Cosido de grietas.
- Reparación de estructura madera bajo tejas formando un forjado mixto con una losa de hormigón armado-madera.
- Construcción de una nueva estructura metálica para sostener el coro y el órgano, con las mismas dimensiones que la anterior.
- Inyección con lechada de cal de las piedras.
- Limpieza de la piedra con sistemas no agresivos.

Referencias

[1] GÓMEZ PIÑOL, EMILIO. (2000). “La Iglesia Colegial del Salvador, arte y sociedad en Sevilla (siglos XVI-XIX). Edit. Fundación Farmaceútica Avenzoar.

[2] VORSEVI S.A. (2001). “Estudio de la Iglesia Colegial del Divino Salvador de Sevilla”. Marzo 2001. Informe no editado.

STUDY OF THE HYDROTHERMAL BEHAVIOUR OF AN ANCIENT STONEWALL USING COMPUTER SIMULATION

V. Kyriakou
Dpl. Architect eng., MSc, PhD cand. Civil eng., Aristotle University of Thessaloniki, Kolhidos 4th, 55131, Thessaloniki, Greece, tel.n. +30 6945 380388

vanta@civil.auth.gr

THEME AREA: 2

1. Introduction

Understanding the hydrothermal performance of an underground historic stone building is essential in decision making and providing a suitable environment for its protection against future deterioration. Aiming to detect potential damages a reliable assessment of hydrothermal behaviour of an ancient construction and its components is essential, not only for programming of timely inspections, but also for selecting intervention materials and structures that would perform better in the conditions under study. [Papadopoulos, A.M., Aravantinos, D.]
This kind of assessment involves, among others, the identification of the deterioration mechanisms and of the factors that determine the rate of the construction materials' and components' degradation processes. For an impressive number of materials' degradation processes and construction components' destruction types, the water in the construction (as a result of vapor condensation, rain absorption, underground water uptake etc.) is a major factor of influence. In fact, the water in a component can act either as the direct aggressive agent or indirectly accelerating or facilitating the progress of various destructive procedures. The deterioration processes in the context of which water acts directly are numerous. Freeze thawing cycles (frost attack), mould growth on the surface of various materials, loss of bond between two materials in a component due to the accumulation of moisture at the interface are only few of the component destruction processes that belong to this category. Examples of the indirect contribution of water in destruction mechanisms of construction components are chemical attacks on natural stones, reinforcement corrosion in concrete elements etc. Finally, the two types of water's action can coexist in a construction component or material.

This paper is a reference to the study of the hydrothermal behaviour of three underground tombs, after having scientifically examined and measured the variations of the micro-environment in situ. Systematic monitoring has been done during three year's time.
Data were used as input to the simulation software WUFI. This automatic calculation program to evaluate changes in the moisture content and temperature inside walls is essential instrument in simulating the wall's behaviour in the presence of humidity, depending on the internal and external climate conditions. Use of the numerical simulation program requires knowledge of the boundary conditions and of the materials' hygrothermal properties.
The respective materials in this case study are limestone and lime-plaster. The climatic conditions used are those of Pella, north Greece. For each simulation were introduced: the properties of the materials, the specific climatic conditions and the values measured for RH and air temperature inside the burial chambers and inside the provisional shelters, which were constructed immediately after the excavation.
The numerical simulation results show that, for all the tombs, the hydrothermal behaviour of a 40-cm-thick stone wall presents differences, depending on the microclimate. Evaluation of the water content profiles of the building component during the year indicates cyclic changes, which lead to deterioration. The external plaster of the tomb façade –supporting wall painting- presents the largest fluctuations' rate. A detailed interpretation of the numerical simulation results allows stating conclusions that are presented.

2. The tombs of Pella and Agios Athanasios. The research project.

A systematic monitoring of the microclimate was conducted inside the burial chambers and the antechambers in different levels (ground-middle-upper). Multiple groups of temperature and relative humidity data were obtained, which were used as input to the simulation software.

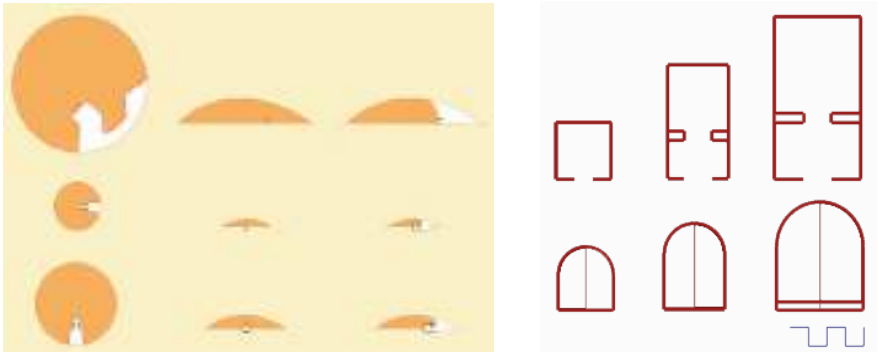


Figure 1.- *Cross-sections of the three tumuli and the tomb chambers.*

2.1. The tomb chambers: a comparison of their status after the excavation.

1. Macedonian tomb with Doric facade. It is a tomb with two chambers was found, being one of the largest Macedonian tombs up to now. [Chrysostomou, P.] It must be the work of a local workshop. It is dated from the end of the 4th century B.C. Built with local limestone it has a temple like front of Doric rhythm. The interior surface of the walls has depicted architectural decorations and inscriptions from two different time periods. The tomb was found in a quite well condition, concerning the structural body. Only the doorways needed to be supported immediately. This tomb is the biggest of all three tombs under study and it was covered by the large tumulus. The provisional shelter constructed after the excavation was made by wood.
2. Macedonian tomb with Ionian facade. It is an underground construction built with two chambers, having a temple like front of Ionic rhythm. [Chrysostomou, P.] The tomb is dated from the beginning of the 3rd century B.C. and seems to be constructed for some significant lady of Pella. It is built with local limestone and it is founded directly on the ground. The walls of the chamber and antechamber have paintings with pictorial architecture decoration. The tomb was found in a quite well structural condition. The chamber is smaller than the Doric tomb and it was covered also by a smaller tumulus. The provisional shelter constructed after the excavation was the same construction, made by wood.
3. Tomb of Agios Athansios. A significant tomb was excavated under a huge tumulus [Tsimbidou, M.] a single-chamber Macedonian tomb, which had been pillaged in antiquity. It is dated in the 4th century B.C. The great importance of this tomb was the fact that the façade was decorated by excellent paintings, especially the drawing of an ancient Macedonian symposium. The tumulus covering the tomb was very high (12 m. over the tomb). The chamber was found in a bad condition. The structural body needed to be supported immediately.

2.2. The microclimate: a comparison between the three tomb chambers and the outside.

The fluctuations of temperature and relative humidity were not intense, comparing with that of the outer climate. Inside the three tomb chambers there was a quite stable microclimate, during the year. The Doric Macedonian tomb presented the most stable conditions. [Kyriakou, V.]

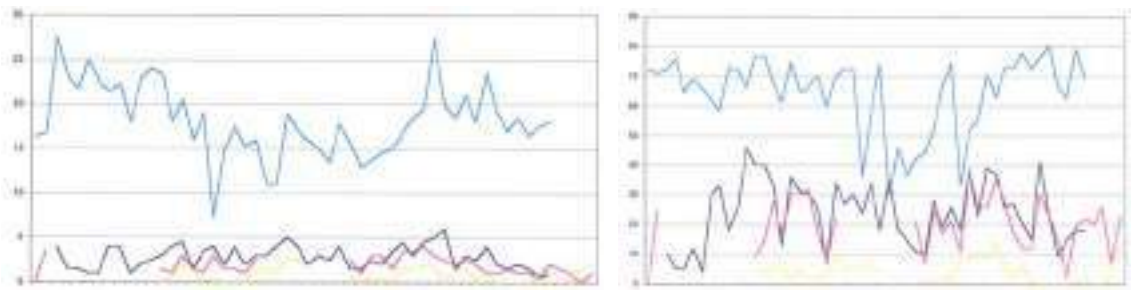


Figure 2.- *Diagrams showing the fluctuations during one year time inside the three tombs (lower) and the environment (on the top): a. Temperature b. Relative humidity.*

3. Software used for the study.

During the last decades, the increased interest for the building components' hygrothermal performance has led to the development of numerous tools for analysing of the processes related to heat and moisture transfer through and inside building elements. These methods vary greatly in what concerns the formulation of the mathematical model they use to simulate the physical processes (driving potentials etc.) and the assumptions and simplifications they employ. Such assumptions and simplifications usually concern the consideration or not of the materials' properties dependence on their water content and on the levels of temperature in their mass, the inclusion in the model or not of various transfer mechanisms and phenomena (e.g. convection, latent heat of phase change etc.) the dimensions of the analysis (1-d, 2-d, 3-d), etc. The tool used for the elements' hygrothermal performance analysis in this study is WUFI pro 4.0. The climatic data that are used as input for WUFI are generated with the use of the computer program METEONORM

3.1. WUFI pro 4.0: a simulation tool for analysis of moisture and heat transport inside building components.

WUFI pro 4.0 is a program for the one dimensional analysis of the heat and moisture transport through and inside building components. [Künzel, H.M.] WUFI calculates the simultaneous transient heat and moisture transport through and inside building elements by solving a set of coupled partial differential equations. In order to solve this set of equations, a set of boundary and initial conditions is required. The heat transport mechanisms that are taken into account in WUFI are the thermal conduction, the enthalpy flows through moisture movement with phase change, the short-wave solar radiation and the nighttime long-wave radiation cooling (only when a certain type of climatic data file is used, the TRY files). The vapor transport mechanisms that are taken into account in WUFI are vapor diffusion and solution diffusion, while in the calculation of liquid water transport, WUFI includes the mechanisms of capillary conduction and surface diffusion. The convective transport of heat and vapor by air flows is not included in the analysis conducted by WUFI. The results one can get from WUFI are of various kinds and give a complete and detailed picture of the component's performance.

The material data that are needed as input for WUFI include, apart from the basic material data (density, porosity, thermal conductivity, heat capacity and water vapor diffusion resistance factor), a set of material data that are related to the heat and moisture transport processes [(liquid transfer coefficients, moisture storage function, dependence of thermal conductivity on the material's water content, etc.). Some of the ones that belong to the second category are optional.

The distributions of heat and moisture in the building component depend, among others, on the conditions in the surrounding. [Geving, S. et al] In order to take into account the conditions in the surrounding, weather files for indoor and outdoor environment are required. The weather data that can be used in a calculation are the rain load, the solar radiation, the temperature of the exterior air, the relative humidity of the exterior air, the barometric pressure and the long-wave atmospheric counterradiation for the outdoor environment and the temperature of the interior air and the relative humidity of the interior air for the indoor environment. There are various types of weather files that can be used in WUFI. For the present study, a TRY type file was used, generated with the use of METEONORM 5.0.

3.2. METEONORM 5.0: a tool for the generation of climatic data.

METEONORM is a computer program that can be used for climatological calculations and as a data source for various programs. It is also a meteorological database, containing data for solar applications. Requiring only a few information about the site (altitude, longitude, latitude, type of site, etc.), it can provide a complete set of hourly or monthly climatic data that can be used in various analyses. Apart from defining a site by giving simple information, the user has also the possibility to select a site from a catalogue containing 6 types of sites: cities, weather stations, design reference years, sites with imported monthly values, sites with imported hourly values and WMO/OMM stations. METEONORM can provide hourly climatic data in various types of files, so that they can be used by various PC programs. The weather data for the region of Pella was generated using METEONORM 5.0. The file with the hourly weather data was used as input for WUFI. Since Pella is not included in the cities recorded in the program's catalogues, the weather data were generated with the help of approximations made by the program, based on information for the site (longitude, latitude).

4. Input data.

4.1. Ancient stonewall construction – Material data.

The respective materials in this case study are limestone and lime-plaster. The material parameters required for the calculation are obtained from the WUFI database.

	Bulk Density	Porosity	Specific Heat Capacity (dry)	Thermal conductivity (dry) λ	Water Vapor Diffusion Resistance Factor μ-Value
	Kg/m^3	m^3/ m^3	J/kgK	W/mK	[-]
Lime Plaster (internal)	1600	0.3	850	0.7	7
Limestone	2120	0.17	850	1.6	33
Lime Plaster (external)	1600	0.3	850	0.7	7

Table 1. *Material properties.*

4.2. Outdoor climate.

The weather data for the region of Pella was generated using METEONORM 5.0.

Month	Air temperature (mean monthly values)	Air relative humidity (mean monthly values)
	(ºC)	(%)
January	5,0	74,6
February	6,7	71,8
March	9,6	71,5
April	14,2	68
May	19,5	63,7
June	24,2	56,6
July	26,5	53,1
August	25,8	54,9
September	21,8	62,4
October	16,1	68,5
November	10,9	76,5
December	6,7	76,3

Table 2. *Climate data generated by METEONORM for the region of Pella.*

4.3. Indoor climatic conditions.

Multiple groups of data were obtained by the electronic monitoring system. The following table presents the maximum, the minimum and the amplitude of temperature and relative humidity inside the tombs chambers. These data were used as input to the simulation program WUFI.

TOMBS	Air temperature (ºC)		Air relative humidity (%)	
	MAX – MIN	Amplitude	MAX – MIN	Amplitude
Macedonian tomb Doric facade	22 - 2	10	100 - 90	5
Macedonian tomb Ionian facade	25 - 3	11	85 - 75	5
Macedonian tomb of Agios Athansios	22 - 2	10	90 - 80	5

Table 3. *Indoor climate data was obtained by the multi-sensors monitoring system.*

5. Interpretation of the output.

The difference between the three tombs concerning their hydrothermal behaviour seems to be quite small because of the similar stonewall construction.

This construction, composed of three different material layers –external plaster, limestone, internal plaster- presents a cyclic behaviour during the year, characterized by wetening periods and drying periods.

A general estimation can be done using the total water content profile that WUFI gives as output. (fig.3) During one years' time the water content of the building component changes. During three years' time the same fluctuation occurs periodically. (fig.3, A.)

If we examine the water content in each of the three material layers of the tomb facade (fig.3, B.) we can view a quite different behaviour. Inside the stone the water content seems to be stable. Inside the internal plaster layer the water content presents a small fluctuation. But Inside the external plaster layer changes are very intense. The wetening and drying procedures make this layer the mostly vulnerable to cyclic changes. If we consider that the plaster covering a Macedonian tombs' façade is often the supportive layer for wall decorations, these cyclic changes are very dangerous. There is a great vulnerability of the façade building component, which has to be accessed.

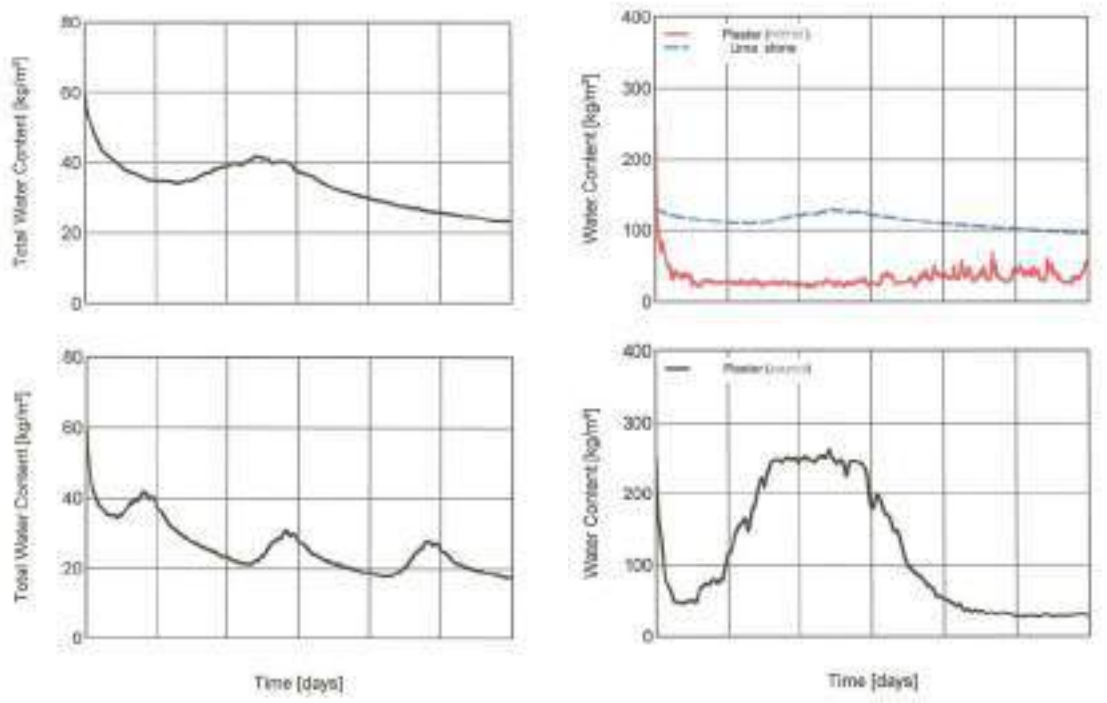


Figure 3.- *Water content profiles: A. Total water content of the wall-component during one year and three years' time. B. Water content in three different layers of the facade.*

Profiles of the facade component are also an output of the WUFI program (fig.4, A.) These profiles show temperature, relative humidity and water content through the horizontal (one-dimentional) section of the stonewall structure.

Another WUFI output is the one year diagram of temperature and dew-point inside the stone mass, showing the possible condensation period. (fig.4, B.) This period is when the two curves are very close to each other. Condensation occurs when the temperature of the air inside the pores of the material is lower than the dew-point temperature.

During condensation periods there should be additional provision to project Macedonian tombs. The temperature and relative humidity levels should be controlled, in order to eliminate the possibility of condensation.

During the drying periods, the drying rate of the surface plasters should be controlled, in order to avoid the totall loss of the wall paintings' decorations.

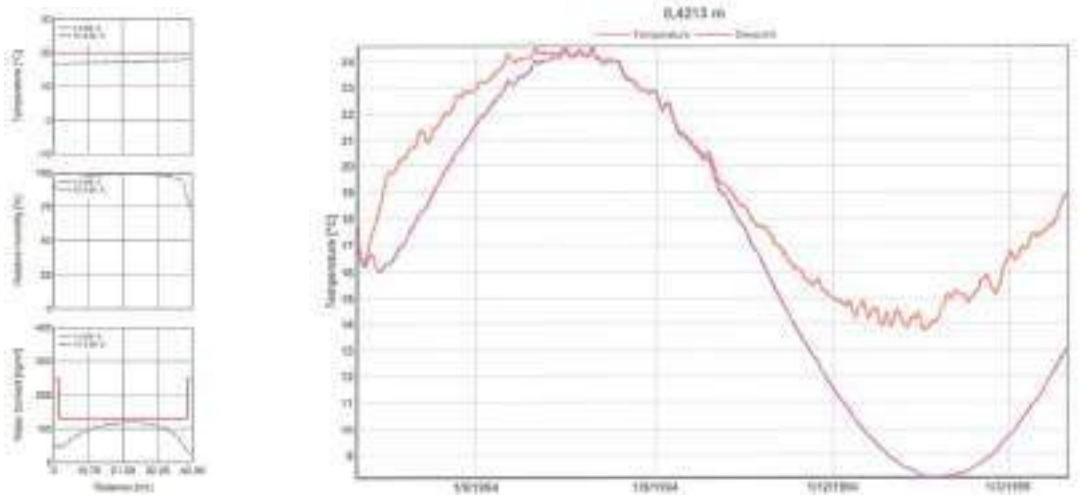


Figure 4.- A. *Profiles: Temperarure, R.H., Water content. B. One year diagram showing temperature and dew-point inside the stone mass. The condensation period.*

6. Conclusions.

The conclusion from the above results is that small differences in the hydrothermal behaviour of the three tombs arise, because of the same stonewall construction. The building component of the tombs façade is mostly vulnerable to cyclic changes of the water content, especially the external plaster layer, which often supports wall paintings. Profiles of the three different layers of the construction –external plaster, limestone, internal plaster- show that the hydrothermal behaviour of the façade wall depends upon the boundary conditions inside the burial chamber and the shelter. The hydrothermal behaviour of the façade can be changed by controlling the microclimate. Further analysis should be conducted in the future.

7. References.

Künzel, H.M., "Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. One and two-dimensional calculation using simple parameters" IBP-Verlag Stuttgart, 1995, ISBN

Geving, S., Karagiozis, A. & Salonvaara, M., "Measurements and two-dimensional computer simulations of the hygrothermal performance of a wood frame wall" Journal of Thermal Insulation and Envelopes, 1997, 20: 301–319.

Papadopoulos, A.M., Aravantinos, D., "Humidity problems in old buildings and monuments", Thessaloniki, 1993 (in Greek)

Kyriakou, V., Bikas, D., Papadopoulos, A.M., "Microclimatic Conditions in Subterranean Monuments. Measurements of temperature and relative humidity in Macedonian tomb of Agios Athanasios – Thessaloniki" Journal Technika Chronika, 1995 (in Greek)

Kyriakou, V., Nakhlas, A., "Macedonian tombs. Microclimatic conditions and problems of their preservation", International Conference "Firenze 2000", Firenze, Italy, September 2000

Kyriakou, V., "Macedonian tombs. Protection interventions", International Conference "Vulnerability of cultural heritage", Kos, Greece, October 2005

Kyriakou, V., "Burial Tumuli in the Urban Context. Interventions and Management based on Environmental Aspects", 1st Specialty International Conference "Monumental Cemeteries, Knowledge, Conservation, Restyling and Innovation", Modena, Italy, 3-5 May 2006

Chrysostomou, P., "Excavation research in Macedonian tombs of Pella during 1994", Archaeological Works at Macedonia and Thrace, proceedings n.8, 1994 (in Greek)

Chrysostomou, P., "Excavation research in Macedonian tombs of Pella during 1995", Archaeological Works at Macedonia and Thrace, proceedings n.9, 1995 (in Greek)

Tsimbidou, M. "Burial tumulus at Agios Athanasios Thessaloniki: The final research" Archaeological Works at Macedonia and Thrace, proceedings n.7, 1993 (in Greek)

Tsimbidou, M., "Agios Athanasios 1994. The reveal" Archaeological Works at Macedonia and Thrace, proceedings n.8, 1994 (in Greek)

UNA METODOLOGÍA VOLCADA PARA LA EDUCACIÓN PATRIMONIAL: INVENTARIO DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO Y CULTURAL DE PASSO FUNDO, BRASIL

M. A. Leite Frandoloso [(1)], A. P. Wickert [(2)]
Curso de Arquitectura y Urbanismo
Universidad de Passo Fundo – Campus Universitário, Passo Fundo- RS - Brasil

frandoloso@upf.br [(1)] apw@upf.br [(2)]

ÁREA TEMÁTICA: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL. INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

1. Introducción

La presente comunicación reporta las experiencias en la elaboración de un inventario del patrimonio arquitectónico y cultural de Passo Fundo, ubicado al sur de Brasil, presentando la metodología adoptada.

Actualmente la documentación arquitectónica ocupa un sitio destacado en los análisis de los procesos históricos. Estos documentos valiosos en su mayoría son de propiedad particular y pueden ser destruidos sin previo aviso, destituyendo tanto la historia cuanto la arquitectura de los objetos de estudio relevantes.

En este sentido, el Curso de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Passo Fundo (UPF), está desarrollando en su departamento de Patrimonio Histórico del *Núcleo de Arquitetura e Desenvolvimento Urbano e Comunitário* (NADUC) trabajos e investigaciones enfocados en los bienes arquitectónicos e históricos de Passo Fundo y su región.

En 2005 con el proyecto “Inventário dos Bens Arquitetônicos da Região Norte do RS”, se propuso hacer el catálogo de las edificaciones de las ciudades con campus de UPF, llevando a cabo ese estudio a través de la creación de una base de datos informatizada con los edificios de relevancia histórica de toda la región de influencia de la universidad.

Por el carácter comunitario de la Universidad, la investigación está siendo desarrollada por medio de convenios con los ayuntamientos; en este sentido, en 2006, fue firmado con la *Secretaria Municipal de Planejamento* de Passo Fundo para la ejecución del inventario en esa ciudad.

Con toda seguridad, el ejemplo de Passo Fundo desencadenará un proceso de reconocimiento de la historia y de la cultura en la región norte del estado de Rio Grande do Sul, que todavía no tiene una tradición en la conservación y en la explotación positiva de su patrimonio histórico. La investigación está prevista para un periodo de 2 años, pero con la intención de ser un trabajo permanente de descubierta, análisis y divulgación de la cultura, historia e identidad regionales.

La investigación es de fundamental relevancia en el proceso de comprensión y análisis de la producción arquitectónica del municipio de Passo Fundo, no se restringe tan sólo a su documentación, sino que además posteriormente será catalogada y analizada. La documentación no sustituye al edificio, pero permite su evaluación y análisis en cualquier situación. Ya que, el desconocimiento del valor de esas obras permite su demolición de forma indiscriminada sin mayores reflejos en la sociedad.

Además, el estudio tiene como objetivo la elaboración de un banco de informaciones de los bienes inmuebles de importancia histórica, artística o cultural, generando documentos para la realización de políticas de preservación, para la divulgación del patrimonio histórico del municipio en la comunidad y su correspondiente valorización y fomento del interés por la cultura e historia regional.

Un catálogo resulta en sí mismo insuficiente si no es utilizado como instrumento del planeamiento para la formulación de programas, ordenanzas de protección, normas especiales de uso y tejido, fomento a la rehabilitación, etc.

La premisa principal del inventario es que un bien histórico debe ser reconocido por la sociedad en la cual está insertado, utilizándose, de esta manera, la educación patrimonial como elemento paralelo al inventario [1].

2. La arquitectura de Passo Fundo

La ciudad de Passo Fundo, está localizada al norte del estado de Rio Grande do Sul, al sur de Brasil, con una población de 180 mil habitantes aproximadamente.

Desde su fundación por alrededor de 1830 hasta los años finales del siglo XIX las calles no estaban todavía claramente definidas; los edificios en este momento no presentaban calidad estética que les destacasen del paisaje, caracterizando una arquitectura vernácula urbano-rural (Figura 1).



Figura 1: Vista de Passo Fundo en la década de 1930 [2].



Figura 2: Conjunto arquitectonico de la antigua Intendência Municipal, Clube Dramático "Passo-fundense y Clube Pinheiro Machado. Actualmente configuran el principal espacio de carácter histórico-cultural de la ciudad, con edificaciones protegidas pero con conservación regular. Fuente: foto del autor.

Esta configuración empieza a ser cambiada con la construcción de los ferrocarriles en 1889. La estación de trenes modifica la ubicación del centro urbano y genera un cambio de dirección del crecimiento de la ciudad. En su entorno y en la Avenida Brasil (antigua Calle de Comercio) son construidos hoteles y edificios públicos con elementos de arquitectura historicista (Figuras 2 y 3).

En la década de 1940, la ciudad con su configuración establecida, pasó por un período de transición para un nuevo momento de la arquitectura; el Movimiento Moderno que llega tardíamente al interior de Rio Grande do Sul. La transición, conocida como protorracionalismo, se manifestó principalmente en las edificaciones construidas en áreas de expansión, caracterizada por edificios con balcones curvados, formas más puras y poca decoración. Es con ese estilo que se inicia el proceso de verticalización de la ciudad.

Sin embargo, solamente en los años 60 es que el Movimiento Moderno realmente se manifiesta en las viviendas y en los edificios torre, ya que el primer es de 1960 con 14 plantas y elementos de arquitectura según los patrones estéticos de arquitectos cómo Lucio Costa y Oscar Niemayer.



Figura 2: conjunto de edificaciones de dos pisos situados en la Calle Independencia. Ambos con gran valor arquitectónico por su estilo art-nouveau, siendo o de la izquierda la primera ejecución en el concreto armado de la ciudad. Demolidas para la construcción de un edificio en altura. Fuente: foto del autor.

2. La metodología del inventario

La metodología ha sido dividida en tres etapas distintas con informaciones complementares, según se describe a continuación.

2.1. Metodología de la Etapa 01

En la **etapa 01** ha sido elaborado el inventario provisorio de los bienes inmuebles de valor histórico y/o arquitectónico de mayor relevancia para una posible declaración de protección inmediata prevista en la Ley Municipal nº 2997, de enero de 1995 [3]:

- Selección de las edificaciones de comprobada relevancia histórica, artística o cultural del municipio;
- Investigación documental y elaboración de la descripción de los bienes según el articulo 9º de la ley mencionada;
- Levantamiento fotográfico de los edificios o monumentos inventariados;
- Elaboración de las justificativas y estrategias de preservación para los edificios listados [4].

2.2. Metodología de la Etapa 02

En la **etapa 02,** en actual desarrollo, se está realizado el inventario completo de los bienes de interés histórico, artístico y/o cultural de Passo Fundo, según la Ley Municipal nº 3534, de diciembre de 1999 [5]:

- Elaboración de la ficha de inventario en un sistema informatizado de base de datos;
- Aplicación de la ficha de inventario en el área definida como municipio de Passo Fundo (urbana y rural);
- Levantamiento fotográfico de las edificaciones destacando detalles arquitectónicos, constructivos y elementos compositivos con resolución superior a 3 megapixels;
- Levantamiento histórico de las edificaciones inventariadas en bibliografía, archivo histórico y museo histórico regional;
- Localización de los bienes en mapa de la ciudad de Passo Fundo en sistema CAD, con interfaz con la base de datos;
- Elaboración de la base de datos, que estará disponible en la web a través de *http://www.naduc.upf.br/monumentos*, sitio todavía en construcción (Figura 3).

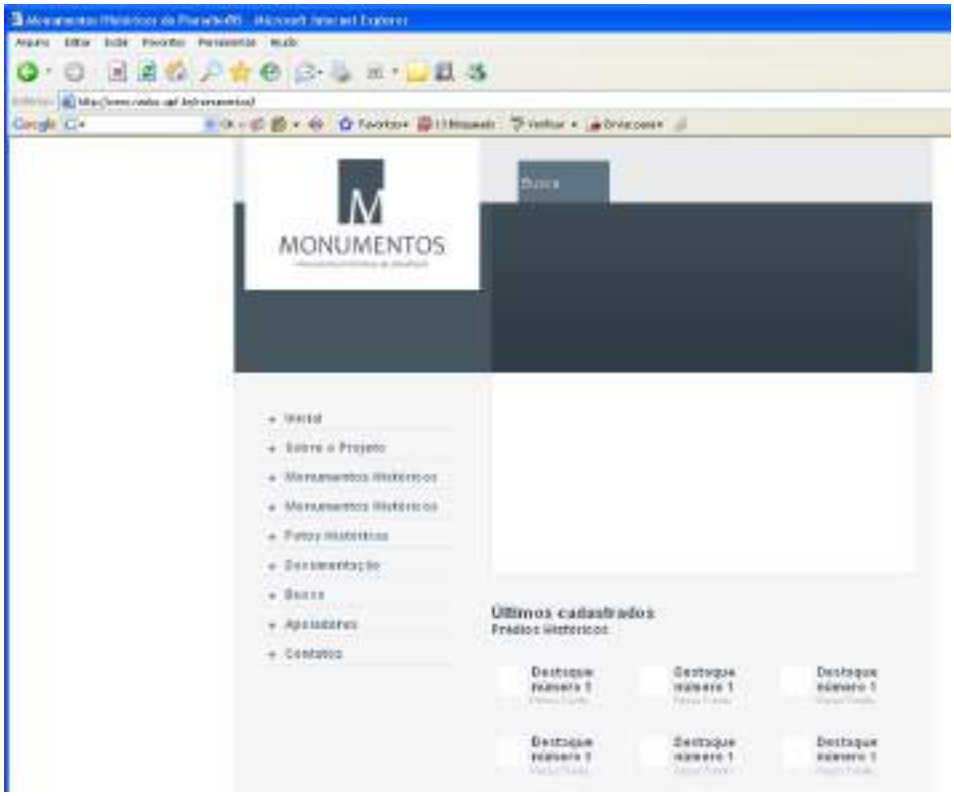


Figura 3: Ejemplo del sitio web en desarrollo para el sistema de captación de datos sobre el patrimonio arquitectónico de la región. *http://www.naduc.upf.br/monumentos*

2.3. Metodología de la Etapa 03

En la **etapa 03**, que debe ser iniciada, se realizará el registro arquitectónico y la carta de riesgo del patrimonio construido listadas en las etapas 01 y 02, además de las edificaciones ya protegidas por la legislación municipal, anteriores al convenio:

- Mediciones de las edificaciones y/o monumentos registrados y protegidos con equipos básicos (cintas métricas, niveles, etc.) y especializados (fotografía digital y software de restitución fotográfica);
- Diagnóstico de las patologías encontradas en los bienes protegidos;
- Elaboración de mapas temáticos con la ubicación y definición de la gravedad de las patologías;
- Conclusión de los datos colectados con el diagnóstico y pronóstico para todas los bienes analizados;
- Publicación de los bienes inmuebles protegidos por el Municipio de Passo Fundo en forma de libro y medio digital, complementando las investigaciones sobre la evolución urbana del municipio.

2.4. Siguiendo con esa teoría, el inventario del patrimonio histórico y arquitectónico de Passo Fundo, pretende listar los bienes arquitectónicos de mayor relevancia histórica y cultural, a través de la creación de espacios de preservación en la ciudad, permitiendo el desarrollo aliado a la preservación. Creando núcleos de preservación obtenemos un efecto intensificador, pues pequeñas áreas con varios edificios preservados de una misma época adquieren fuerza de conjunto definiendo una imagen fuerte, característica [6], cualificando el área urbana en que se encuentran insertados los edificios protegidos, facilitando su conservación e incluso creando espacios atractivos tanto para el turista como para el morador.

De esta forma, como la legislación de protección de la ciudad de Passo Fundo se previne leyes individuales para cada obra, es importante que, en el cuerpo de la ley específica, sea mencionado el impacto do protección sobre el entorno, preservando la imagen de los bienes en el contexto.

Sin embargo, la preservación de los bienes de valor histórico no ocurre tan sólo a través de una herramienta de protección legal, sino a través de una metodología para su conservación, en la definición de un uso adecuado, instituyendo la práctica de revitalización del parque construido preexistente en lugar de las demoliciones, y, principalmente, a través de la educación y concienciación de la importancia social del patrimonio y del conocimiento sobre el mismo.

Conclusiones

El inventario del patrimonio arquitectónico de Passo Fundo, que posteriormente será expandido para las demás ciudades de la región, enseña la aplicabilidad de la metodología desarrollada, especialmente cuanto a la divulgación de las informaciones colectadas a través de la *web*.

De esta forma el inventario servirá también como base para las acciones de educación patrimonial, que son fundamentales para reverter el proceso de demoliciones y la pérdida de la identidad del espacio urbano de la ciudad.

Con la ejecución de estos levantamientos han sido protegidos más de 12 edificios y monumentos, sumando un total de 20 bienes de protección municipal, lo que ratifica la validad de su aplicación.

Referencias

[1] A. Almagro Gorgea, “Levantamiento arquitectónico*”.* Granada: Universidad de Granada, 2004.

[2] F. Miranda, I. P. Machado, “Passo Fundo: presentes da memória”. Rio de Janeiro: MM Comunicação, 2005.

[3] PASSO FUNDO. “Lei Municipal nº 2997”, 06 de janeiro de 1995.

[4] A. P. Wickert, M. A. L. FRArandoloso, L. R. M. Gosch, L. P. Waihrich. “Inventário provisório do patrimônio histórico de Passo Fundo”*.* Passo Fundo: Informe a la SEPLAN-PMPF, 2007.

[5] Passo Fundo, “Lei Municipal nº 3534”, 02 de dezembro de 1999.

[6] K. Lynch, “A Imagem da Cidade”. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF MEDIEVAL BUILDING STONES IN RELATION TO THE STATE OF CONSERVATION. SZÉKESFEHÉRVÁR RUIN GARDEN, HUNGARY.

Magdalini Theodoridou [(1)], Maria Stefanidou [(2)], Sandor Józsa [(3)]

Department of Petrology and Geochemistry, Eötvös Loránd University, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c, Hungary [(1), (3)]
Laboratory of Building Materials, Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece [(2)]

magdatheodoridou@gmail.com [(1)] stefan@civil.auth.gr [(2)] sandor.jozsa@geology.elte.hu [(3)]

THEMATIC AREA: STUDIES, METHODOLOGIES AND DIAGNOSIS FOR THE CONSERVATION AND RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE.

Summary

The Székesfehérvár Ruin Garden is one of the most appropriate examples for studying the medieval building stones in the Hungarian territory due to its size, its services and the five main different construction phases during the middle Ages. Since the 19th century, the site has been partially excavated in four different phases. The present research is a part of EPISCON-project, Marie Curie Actions, in frames of science for conservation. Three sampling procedures have been accomplished and detailed petrographic characteristics have been achieved by polarized microscope. The main identified lithotypes are calcareous sandstone/sandy limestone, fossilferous limestone, red fossilferous micritic limestone, marble, rhyolite and red sandstone. A total of 8 representative samples were selected from each of the main categories of stone types for further and deeper investigation. The main criteria for the selection of the samples were the frequency of the stones in the construction and the common decay phenomena. On those samples physical and mechanical properties have been measured such as water absorption and specific gravity according to RILEM C.P.C.11.3, ultrasonic velocity, dynamic modulus of elasticity, uniaxial compressive strength, real density by Helium pycnometer, bulk density by Mercury pycnometer, pore size distribution by Mercury and Nitrogen absorption and superficial hardness by a Drilling Resistance Measurement System. The aim of the research is the comprehension of the material's properties in correlation to their state of conservation.
Keywords: medieval building stones, petrographic study, physical and mechanical properties, Székesfehérvár

1. Introduction

The use of stone as building material has been identified in the history of mankind since the prehistoric age. Its wide use in the constructions is attributed to its abundance, durability and high strength. Consequently, stone monuments constitute undoubtedly one of the most important parts of the cultural heritage worldwide [1]. The identification of the material's properties, petrographic, physical and mechanical, is considered crucial for comprehending the material itself and correlating it to the state of conservation [2]. The conclusions of the above mentioned research are fundamental before any kind of intervention aiming to the monument's conservation.

The Székesfehérvár Ruin Garden is located in the centre of the city of Székesfehérvár, 65km southwest of Budapest which, in the Middle Ages, was the Royal residence of the Hungarian Christian Kingdom. The Ruin Garden is comprised of a provostal church, the "Royal Basilica" as it is called today, royal tombs and related ecclesial and lay buildings. It was founded by the first king of the Christian Kingdom, King Stephen I (1000-1038) approximately in 1018 and it used to serve as a burial and coronation church for the Hungarian Kings. Between the 11th-15th centuries it was reconstructed several times. The Turkish occupation (1543-1688) was the

beginning of the destruction of the church assemblage, which went on by using it as a storage facility and even as a quarry until its final demolition by the current bishop and the municipality during the 18th-19th centuries [3]. Excavations were carried out in the 19th century, in the 30's and 60's of the 20th century and the process restarted in 1993. The main existing building materials are stones probably coming from local quarries. The present research takes part in a new microregional research plan of the Hungarian National Museum in frames of science for conservation and is a part of the EPISCON-project, Marie Curie Actions.

The cultural assemblage's size, services and its five main different construction phases during the Middle Ages make it one of the most appropriate examples for studying the medieval building stones in the Hungarian territory. The present state of preservation of the building stones was recorded and correlations were made between the characteristics of the different lithotypes and their pathology symptoms. The mechanical, physical and microstructure characteristics of the stones were recorded using all the available technological means in order to understand the nature and properties of the stones. At the same type the pathology forms were recorded in situ. The mechanisms of decay and the environment under which the monument is standing were also taken into consideration [4] [5]. The present study could be a step forward in order to take measurements for the rehabilitation of a masterpiece such as the Székesfehérvár Ruin Garden.

2. Materials

Two main samplings were executed concerning the petrographic study of the building stones that were used during the construction. The first round included fragments randomly taken from the ground. A total of sixteen thin sections contributed to the first idea of the building stone types. The second sampling started with a macroscopic in-situ observation. Thirty-four building stones were selected, considering the frequency of use of each material. After a macroscopic investigation, the samples were specifically treated according to their individual characteristics in order to proceed to the procedure of thin-section making. General petrographic characteristics were achieved by microscopic investigation, carried out with polarized microscope. The main lithotype categories of the identified samples, as it is shown by the thin section analysis, in relation to the construction phases are documented in Table 1.

GENERAL ROCK TYPE	TOTAL OF SAMPLES	CODES OF SAMPLES # (Szfv # 19-6-07)
I. CALCAREOUS SANDSTONE/ SANDY LIMESTONE	13	1A, 1B, 7, 10, 17, 18A, 19, 20, 8, 9, 27, 28, 26
II. FOSSILIFEROUS LIMESTONE	13	5, 6, 18B, 24, 11, 12, 13, 13C, 3, 4A, 4B, 14, 21
III. RED FOSSILIFEROUS MICRITIC LIMESTONE	4	22, 25A, 25B, 29
IV. MARBLE	3	15A, 15B, 23
V. RHYOLITE	1	2
VI. RED SANDSTONE	1	16

Table 1. *Division of samples from the 2nd sampling according to the general category of lithotypes and the phase of construction they belong to.*

Arpadian construction
1st Gothic reconstruction
Expansion by King Matthias

Arpadian reconstruction
2nd Gothic reconstruction

These different types of stone material appear to have different state of deterioration. Rhyolite, red sandstone and red fossiliferous micritic limestone for example seem quite healthy and durable, calcareous sandstone presents mainly cracks and detachments (Figure 2) while other types of limestone, for instance the oolitic limestone in Figure 1, present different decay patterns such as:

- loss of material and consequently back weathering due to loss of stone layers dependent on stone structure and rounding/notching,
- discoloration and deposits such as efflorescences, dark-colored crust and biological colonization by microorganisms or higher plants,
- detachment of stone layers dependent on stone structure, granular disintegration to flaking,
- individual or system of fissures due to natural or constructional causes. [8]

Parameters that acted on the stones were frost, cycles of wetting - drying and ice - deicing, salts, humidity and inappropriate former interventions as for instance the use of modern mortar basically composed by cement.



Figure 1. *Sampling position of #27(oolitic limestone): black crust, detachments, biological growth*



Figure 2. *Sampling position of #20(calcareous sandstone): cracks, detachments*.

2. Experimental part

After the petrographic study, the water absorption and the specific gravity of the samples were measured in order to have a first idea about the physical characteristics and the expected mechanical behaviour for each different category of the identified lithotypes. The high number of the standard deviation of the results among samples with similar petrographic characteristics confirmed the need of studying the materials properties in correlation to their pathology. For instance, looking at the percentage of water absorption among the identified oolitic limestones (samples 8, 9, 10, 12, 17, 26 and 27) the minimum number 11,453 % (sample 9) is much lower than the maximum 22,839 % (sample 26). This can be attributed to the natural heterogeneity of the materials but it is well known that decay affects the properties of the stone as well [1]. After the third sampling of the monumental building stones, eight representative materials were selected for further and deeper investigations, taking into consideration the distribution of the material in the construction and the common decay phenomena: a calcareous sandstone (sample 28), two oolitic limestones (samples 30, 31), two fossiliferous limestones (samples GT, 33), a red micritic fossiliferous limestone (sample 34), a marble (sample 23) and a rhyolite (sample 32). On those samples, several physical and mechanical properties were measured such as water absorption and specific gravity according to RILEM C.P.C.11.3, ultrasonic velocity, dynamic modulus of elasticity and uniaxial compressive strength. A further selection among those eight samples was done leading to a total of four samples; one sample of each stone type as mentioned above (samples 28, 30, GT, 34) except for the marble and rhyolite due to their low frequency in use comparing with the other identified building stones. On those samples, real density by helium pycnometer, bulk density by mercury pycnometer, pore size distribution by mercury and nitrogen absorption and superficial hardness by a Drilling Resistance Measurement System were measured as well. Some of the results of the performed analysis are accumulated in Table 2, the pore size distribution of the main lithotypes is observed in Figures 3 and 4, water absorption in Figure 5**,** compressive strength in Figure 6 while drilling resistance is depicted in Figure 7 with an analytical example of the measurement in Figure 8.

Codes of samples # (Category)	Specific gravity	Ultrasonic velocity (m/s)	Modulus of elasticity (MPa)	Real density (g/cm3)	Bulk density (g/cm3)	Total open prosity (%)
GT (II)	1,898	2982	15517	2,69	1,99	26,3
28 (I)	2,260	3861	30723	2,71	2,27	16,3
30 (I)	1,799	2351	8933	2,72	1,84	32,5
34 (III)	2,666	5175	65393	2,72	2,7	0,8
23 (IV)	2,584	4003	41300			
31 (I)	1,769	2300	8357			
32 (V)	2,435	4356	44503			
33 (II)	2,057	3433	21917			

Table 2. *Physical and mechanical properties of the samples*

3. Discussion of the results

From the results it can be seen that as expected, pores diameter lower than 2 μm do not seem to affect the mechanical properties of the samples [6] [7]. From the nitrogen absorption test, it seems that the main volume of the micropores in the tested samples is in the area of 0.2 – 2 μm. The highest content in the area of "large" pores belongs to the red fossiliferous micritic limestone, # 34, which is nearly 60 % out of the total volume of the identified pores by that measurement. For all measured samples, pores with a diameter smaller than 0.2 μm are smoothly distributed. (Figure 3)

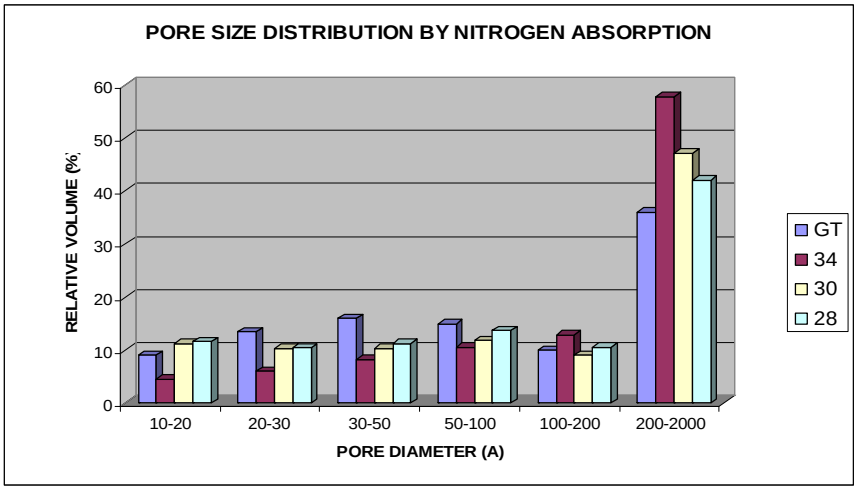


Figure 3. *Pore size distribution by nitrogen absorption*

The pore size distribution by mercury absorption can indicate that for the calcareous sandstone, # 28 (total porosity 16.3 %) the fossiliferous limestone, # GT (26.3 %), and the oolitic fossiliferous limestone, # 30 (32.5 %), pores are smoothly distributed and the main volume is accumulated in the area of pores radius ranges between 8.0 and 128.0 μm. Only for the red fossiliferous micritic limestone, # 34 (0.8 %), two main pore volumes are observed; one in the area of 0.016 - 0.128 μm and another one in the area of 8.0 - 128.0 μm. (Figure 4)

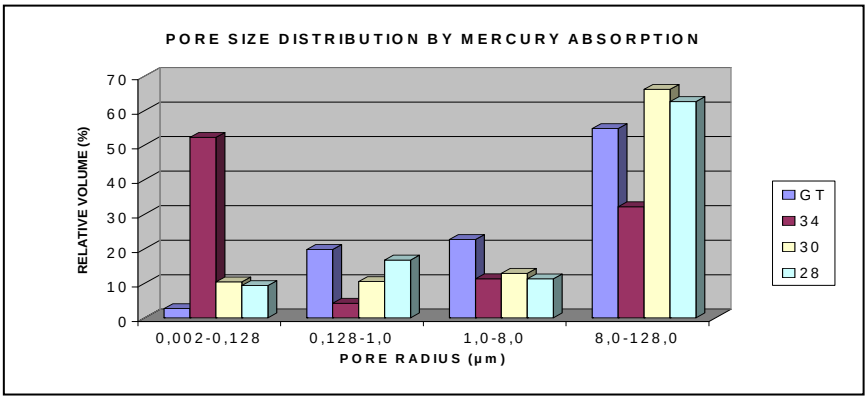


Figure 4. *Pore size distribution by mercury absorption*

Water absorption is high for the the oolitic limestones, # 30 and # 31 (15.5 - 16 %) and the fossiliferous limestones, # 33 and # GT (9 - 12 %), which have a denser structure than the oolitic limestones observed also by polarized microscope, while for the calcareous sandstone the absorption is 5.5 % and for the marble, # 23, the rhyolite, # 32, and the red fossiliferous micritic limestone, # 34 is below 1 %. Therefore, the measured water absorption is obviously connected with the composition and the fissures of each tested stone type. Generally, low percentages of measured water absorptions correspond to high compressive strength numbers. The wide range in strength variations between samples of the same stone type is attributed to the nature of the material and could be, possibly, also attributed to a different state of conservation. For instance, among the three samples of the fossiliferous limestone # 33, there is a big difference between the minimum percentage of water absorption which is 7.4 % (compressive strength: 14.4 MPa) and the maximum which is 12.48 % (compressive strength: 8.8 MPa).

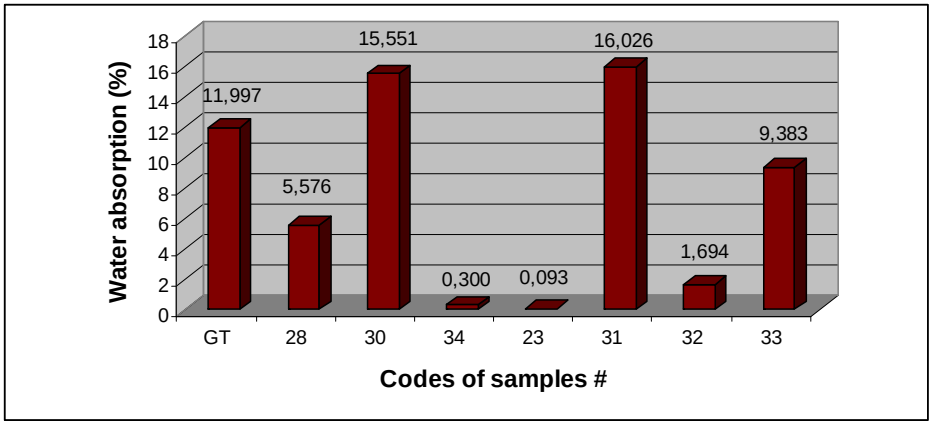


Figure 5. *Water absorption*

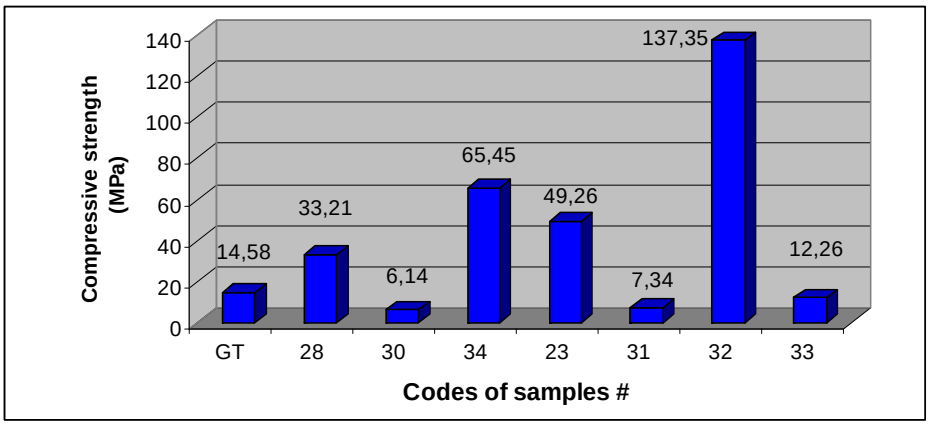


Figure 6. *Uniaxial compressive strength*

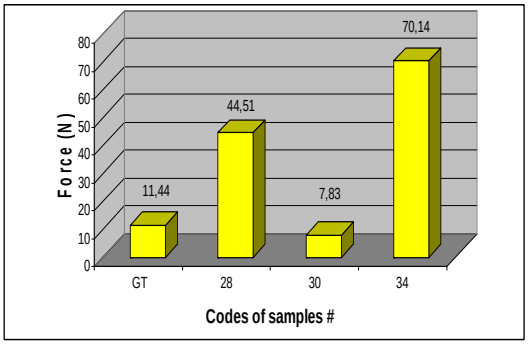


Figure 7. *Average forces for 10mm penetration depth - Drilling Resistance Measurement System*

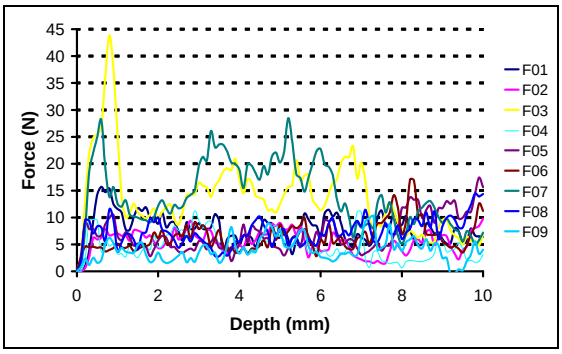


Figure 8. *Drilling Resistance Measurement System - 9 different penetrations on the oolitic limestone, sample 30*

The heterogeneous structure of the stone samples is also shown in the drilling resistance measurement's results, where for the same penetration depth (a total of 10mm) and the same operation conditions, big variation on the demanded forces is observed as it can be seen for instance on the results of the measured oolitic limestone, # 30 (Figure 8). From the average values of the drilling test (Figure 7), a good correlation is observed between the results of that test and the relevant uniaxial compressive strengths (Figure 6). This conclusion and the fact that the micro-drilling test can be easily applied in-situ on a high total of samples, could be useful for the future steps of the present research since sampling a high quantity of monumental materials from the Székesfehérvár Ruin Garden is almost prohibited.

4. Conclusions

Good correlation is observed among the results from different measurments. Low percentage of water absorption and low porosity correspond to high compressive strength and drilling resistance. The oolitic limestone is the stone type on which most of the observed decay forms occur such as black crust, detachments and biological growth. This can be correctly attributed to the highest water absorption and total porosity and the lowest compressive strength and drilling resistance that were measured. The fossiliferous limestone which has denser structure, lower water absorption and total porosity than the oolitic one, does not present so intensively the above mentioned decay forms. Calcareous sandstone is generally less decayed than the above mentioned types of limestone. Cracks and detachments are observed. Its water absorption and total porosity is lower than the fossiliferous limestone and much lower than the oolitic one. The red fossiliferous micritic limestone seems to be quite healthy and durable comparing with the other investigated stone types. This is in total accordance with the measured results; very low water absorption and total open porosity and much higher compressive strength and drilling resistance. The pores of the oolitic limestone, the fossiliferous limestone and the calcareous sandstone are smoothly distributed and their main volume is accumulated in the highest radius range of the pores measured by mercury porosimentry. The fact that the red fossiliferous micritic limestone is the only one with two main pore volumes observed, one in the highest and one in the lowest pores radius range, does not seem to have affected negatively either the compressive strength and the drilling resistance or its state of conservation.

Acknowledgements

The authors acknowledge the ICVBC-Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali (CNR, Florence) for the Mercury Intrusion Porosimetry and the Drilling Resistance Measurement System. A special thank to the archaeologist in charge of the monument, Biczó Piroska for her help concerning the archaeological information and the permission of sampling. The research is a part of the EPISCON project - European PhD in Science for Conservation which is financially supported by Marie Curie Actions.

References

[1] A. E. Charola, "Stone deterioration in Historic Buildings and Monuments", 10th International congress on Deterioration and Conservation of Stone, D. Kwiatkowski, R. Lofvendahl, Stockholm, 2004, pp. 3-14.

[2] B. Fitzner, "Documentation and Evaluation of Stone Damage on Monuments", 10th International congress on Deterioration and Conservation of Stone, D. Kwiatkowski, R. Lofvendahl, Stockholm, 2004, pp. 677-690.

[3] D. Dercsényi, "A székesfehérvári királyi bazilika. Magyarország művészeti emlékei I. [The Székesfehérvár Royal Basilica. In: Relics of art in Hungary I.", Műemlékek Országos Bizottsága, Budapest, 1943.

[4] A. Arnold, "Methodology of the study on decay, weathering and conservation of monuments" Lecture Notes International course on the Technology of stone conservation, 1995.

[5] N. P. Eurin, "Action of time and environment durability of construction materials", Materials and Structures, March 1988, Vol. 21, pp. 131-136.

[6] B. Fitzner, “Porosity properties and weathering behavior of natural stones – methodology and examples”, Proc. Second course on Stone material in monuments: diagnosis and conservation. Heraklion – Crete, 24-30 May 1993, pp. 45-53.
[7] B. Fitzner, “Porosity analysis – A method for the characterization of building stones in different weathering states.” The Engineering Geology of Ancient works, Monuments and Historical Sites, Preservation and Protection, P. G. Marinos, G. C. Koukis, Athens, 1998.
[8] B. Fitzner.& K. Heinrichs, “Damage diagnosis on stone monuments - weathering forms, damage categories and damage indices.” In Prikryl, R. & Viles, H. A. (ed.): Understanding and managing stone decay, Proc. International Conference "Stone weathering and atmospheric pollution network (SWAPNET 2001)", 11-56, Charles University in Prague, The Karolinum Press, 2002.

OBTENCION DE UN METODO NO CONTAMINANTE Y SUSTENTABLE QUE PERMITA LA CONSERVACION DE EDIFICIOS ANTIGUOS CONSTRUIDOS EN MADERA. APLICACION AL CENTRO HISTÓRICO DE MORELIA (MEJICO)

Enrique Morales Méndez [(1)], Antonio Jaramillo Morilla [(2)]
Dpto. de Construcciones Arquitectónicas 1, Universidad de Sevilla.
Avda. Reina Mercedes nº 2, 41012 Sevilla, España
acram@us.es [(1)] jarami@us.es [(2)]

AREA TEMATICA DE ESTUDIOS, METODOLOGIAS Y DIAGNOSTICOS PARA LA CONSERVACION Y RESTAURACION DEL PATRIMONIO CULTURAL

Palabras claves: Patrimonio, madera, metodología no destructiva

Introducción

Se trata del Proyecto de Investigación financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional e iniciado durante 2007, concedido en convocatoria pública para investigar conjuntamente la Universidad de Sevilla con la Universidad de San Nicolás Hidalgo en Morelia (Méjico) y el Instituto de Antropología y Patrimonio Histórico (IAPH) Mexicano, bajo la dirección del arquitecto Enrique Morales Méndez [1].

La 12ª Asamblea General del ICOMOS celebrada en México del 17 al 24 de Octubre de 1999, dictaba respecto a la conservación de estructuras de madera, en total sintonía con la Carta de Venecia, la Carta de Burra y la doctrina de la UNESCO la necesidad de:

- Reconocer la importancia de las estructuras en madera de todas las épocas como parte del patrimonio cultural de Méjico
- Ser consciente de la vulnerabilidad de las estructuras construidas en madera debido a la dureza del clima mejicano
- Admitir la gran pérdida que se ha producido en los últimos años de ellas como consecuencia de la agresividad medioambiental, de la desaparición de los oficios artesanos relacionados con las técnicas de diseño y construcción tradicional
- Sopesar la diversidad de medidas y tratamientos requeridos para lograr la preservación y conservación de estos restos históricos, ya que la mayoría de los productos aplicados son agresivos para el medio o la vida y no permiten una sostenibilidad en el tiempo

Consciente de ello, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo firmó un convenio de colaboración con el "Aula de Construcción y Rehabilitación Arquitectónica de la madera" de la Universidad de Sevilla para investigar sobre "La preservación de la madera por diseño". En esta línea se intentan aplicar procedimientos no contaminantes y sustentables en la protección de la madera, evitando los tratamientos químicos.

El Proyecto se justifica en la necesidad de encontrar modelos no contaminantes que permitan un mejor desarrollo social, económico y cultural sostenible en el tiempo, caracterizando de esta manera el Patrimonio como un recurso factible de ser desarrollado e incorporado a la vida de la ciudad; potenciando una posible actividad turística tanto local, nacional como internacional. La actuación que se está realizando va a permitir un conocimiento de la ciudad y una capacitación técnica en los oficios tradicionales relacionados con la arquitectura patrimonial, lo que conseguirá con el tiempo integrar a grupos sociales en estado socio-económico y de formación educacional deficitarios, para así reactivar la comunidad en torno a la conservación del Patrimonio. Se pretende potenciar la recuperación de las técnicas tradicionales de carpintería para lo que el equipo de investigación cuenta con antecedentes de prestigio en diversos países americanos [2].

Edificios investigados

El proyecto se ha materializado realizando una selección previa sobre trescientas fichas del inventario de edificios históricos ubicados en cuatro sectores de la ciudad y en su entorno geográfico en el estado mejicano de Mitxoacán, eligiendo aquellos que representan una tipología particularmente representativa de la arquitectura, sin olvidar que el objetivo prioritario de la preservación y de la conservación es mantener la autenticidad histórica y la integridad del patrimonio cultural.

Los edificios seleccionados fueron:

- Casa los Morelos en Morelia
- Museo Regional Michoacano en Morelia
- Museo de Arte y Oficios Populares en Pátzcuaro (Morelia)
- Parroquia de San Juan Bautista en el ex convento agustino de Tiripetio (Morelia)
- Iglesia de San Nicolás del Obispo, en dicha población en el municipio de Morelia
- Iglesia del Señor Santiago de Tupátaro, en el municipio de Huiramba (Morelia)

En ellos, se han realizado levantamientos planimétricos y analizado el estado de la estructura y de sus elementos constructivos de interés, los cuales han sido cuidadosamente documentados, al igual que sus materiales y técnicas empleadas. También se ha investigado el historial patológico junto al análisis y diagnóstico exhaustivo y riguroso de las condiciones y causas del deterioro.

Entre los diversos métodos de diagnósticos, además de la inspección visual se han priorizado técnicas no destructivas, utilizando: medidores de humedad, resistógrafos y ultrasonidos para determinar la calidad de las maderas, aplicando algunos de ellos también a las fábricas de piedras, morteros, etc. Además se ha recurrido a mediciones dinámicas a partir de vibraciones ambientales para obtener una idea aproximada de la rigidez del edificio en el momento actual, comprobando a su vez las deformaciones que presentan para obtener las frecuencias propias. El periodo fundamental de un edificio (inverso de la frecuencia) es función de la rigidez y depende fundamentalmente de la masa, del tipo de estructura y de su estado de conservación. Mientras más alto es el periodo fundamental de un edificio, menos rígido es, y más se mueve en caso de vibraciones o cargas accidentales como puede ser el viento o el sismo. A partir de las Normas Sísmicas podemos estimar el periodo fundamental de cualquier edificio [3]

En general las transformaciones que se producen en los edificios son visibles y evidentes, pero muchas veces, los cambios introducidos por los agentes agresivos no son visibles hasta que es demasiado tarde y obligan en muchas ocasiones a la sustitución de materiales o elementos. El paso del tiempo y las agresiones medioambientales producen la degradación de los edificios, que van acompañados por cambios de rigidez originadas por: deformaciones, apertura de grietas en zonas de muros no visibles, fendados en armaduras ocultas, muchas veces inapreciables en una simple inspección visual. Las técnicas no destructivas como las medidas de las vibraciones dinámicas permiten obtener un valor actual y poder compararlo con mediciones posteriores. Por otra parte en Méjico los edificios patrimoniales son muy queridos por el pueblo y cualquier intervención, aunque sea tan simple como una toma de muestras se considera un ataque al propio edificio.

Uno de los edificios investigados **"La casa de los Morelos"** (1758), se sitúa en la avd. de Morelos nº 323 esquina a Soto Saldaña. Su planta baja de forma rectangular se distribuye alrededor de dos patios, siendo la primera de primeros del siglo XIX. Actualmente es Museo del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México y da cobijo al Archivo Histórico, con documentos del Obispado y conventuales de la época. Sus muros son de mampostería ciclópea aglutinada con arcillas (lodos), columnas de cantería y alfarjes de madera.

Si bien hace unos treinta años fue desprovista de sus "aplanados" (revestido exterior), tras una primera inspección se han detectado los siguientes daños:

- Disgregación de los muros de piedra y de las columnas del patio
- Corrosión y disgregación de las gárgolas metálicas y de piedra
- Ligeros ataques de xilófagos en la viguería de madera
- Problemas de humedad en determinados recintos por ascensión capilar

Tras una investigación más exhaustiva, se pudo comprobar que en su patio las columnas de piedra granítica presentaba un importante estado de disgregación en la parte superior, justo en la zona afectada por el agua de lluvia y ninguna en su parte inferior zona afectada por la acción capilar.

A la búsqueda de las razones del deterioro de la piedra, se pudo comprobar que el Centro Histórico de Morelia es Patrimonio de la Humanidad, y quizás por ello no existe una circulación rodada intensa como suele ser habitual en otras ciudades con alta contaminación atmosférica. Sin embargo, la papelera Crisoba (antigua Cepamisa) al suroeste de la ciudad, arroja a la ciudad los productos que emanan de sus chimeneas, debido a los vientos dominantes del sur que traen las lluvias continuas y persistentes de junio y julio (temporada de lluvias).



Gárgolas dañadas por la contaminación de las aguas de lluvia en la "Casa de los Morelos". Foto: autores



Capilaridad en las columnas y protección inadecuada de la madera con chapas adosadas a las vigas "Casa de los Morelos". Foto: autores

No existe disgregación de la piedra en las bases de las columnas en las zonas de patios que soportan las galerías perimetrales si están a cubierto del agua de lluvia, aunque estén afectadas por fuerte capilaridad. También existe corrosión y disgregación generalizada en las gárgolas (metálicas o de piedra) que sólo evacuan agua de lluvia y en los chapas metálicas adosadas a las vigas de madera que conforman los patios que además actúan como capilares, que retienen el agua e impiden el oreo de la madera, cuya acidez daña los galvanizados o el propio hierro; hubiera sido mejor solución colocar "maderas de sacrificio", a sustituir con el paso del tiempo. Esta agresividad del agua de lluvia quizás justifique la razón de que en Morelia se beba agua embotellada cuando las lluvias son constantes en los meses de junio y julio.

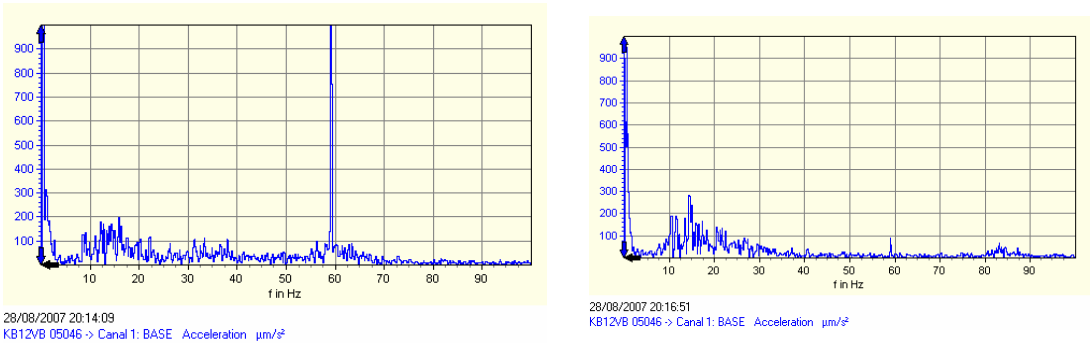
El **Museo Regional Michoacano** situado en la calle Allende 305 esquina con Abasolo, construyó su planta baja a principios 1700 y la superior en 1775. De planta poligonal irregular está labrado en cantería, ordenando sus espacios en dirección norte sur. En proximidad a su entrada principal se dispone un patio de triple arquería sobre columnas; un segundo patio de servicio se conforma con estructura porticada. El acervo de este Museo es propiedad de la Universidad, teniéndolo en custodia el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

La medición de la rigidez en los dos sentidos perpendiculares dio valores aceptables, lo que nos confirmaba el buen estado de conservación.

El **Museo de Arte y Oficios Populares en Pátzcuaro** (Morelia), situado en la esquina que forman las calles de Arciga y Alcantarilla, fue construido en el siglo XVI por obreros nativos. El patio principal en proximidad a la esquina de ingreso es de trazado cuadrado con arista poniente en ochavo y galería perimetral, existiendo un segundo patio al noroeste de la parcela. Sus muros son de adobe y los techos de viguería de madera con "tapa de tejamanil" en algunos espacios. Su cubierta con armadura de pares, cuenta con aleros sobre canes de madera y se cubre con teja árabe. Cuenta con pavimentos originales de madera, cierres del mismo material de gran valor y un gran portón en una de las esquinas del edificio a la

calle D. Vasco de Quiroga. En el patio sur del edificio se manifiesta un basamento prehispánico de piedra formado por dos cuerpos troncopiramidales superpuestos de forma escalonada.

Se realizaron mediciones de las vibraciones del edificio en la zona donde se disponen las construcciones prehispánicas, apreciándose diferencias notables entre las medidas realizadas directamente sobre el basamento, las realizadas en la estructura del edificio de la época colonial y las realizadas directamente en el terreno, como se pone de manifiesto en las gráficas que se acompañan.



Gráficas de medida del periodo fundamental en el Museo de Artes y Oficios Populares de Pátzcuaro

Tras la realización de ensayos de laboratorio se pudo confirmar que los primeros constructores mejicanos optimizaron los morteros de cal mediante el uso de aditivos naturales como el jugo de cactus (baba de nopal), que aumentaba la adherencia y resistencia y permitía a las fábricas soportar la agresividad medioambiental, las lluvias persistentes y el paso del tiempo, en contraposición a la probada incompatibilidad entre la piedra y los morteros de cemento actuales. Esta baba de nopal fue utilizada tradicionalmente como preservante de la madera no solo en Méjico sino en el noroeste argentino. La he visto aplicar a los constructores de Salta para consolidar sus fábricas de tapial y proteger sus maderas, como mejor propuesta ante productos químicos agresivos para el medio y la vida.

La **parroquia de San Juan Bautista** de la Casa de Estudios Mayores, ex convento agustino **de Tiripetio** en la provincia de Morelia, fue construida en adobe en 1538, pero tras sufrir un incendio en 1640 se reconstruye con muros de cantería y vigorosos contrafuertes; la cubierta y basas de piedra de los soportes han sido restauradas en 2006. Un atrio con cruz de cantera gris da ingreso a la nave del templo de orientación E.-W. y fachada de piedra al poniente que dispone de torre de cinco cuerpos yuxtapuestos que cambian en su forma y disposición de los huecos y se integra en su muro de cantería al N. El techo de su única nave lo forma un enduelado de madera de forma parabólica soportado por armaduras de madera. Está dividido en tres espacios longitudinales por dos grandes líneas de piés derechos de madera de una única pieza de 11,50 m de altura que se rematan en la techumbre con capiteles de madera de orden jónico y arrancan de basas de piedra con abundante humedad de capilaridad. Cuenta con un magnífico portón de madera muy deteriorado.

En la última intervención realizada con motivo de la reparación o sustitución de las basas de piedra se ha producido el giro de 13-15 cm. del lado mayor, por torsión en la base de los arranques, de algunos piés derechos rectangulares de 27x 14,96 cm. La separación entre la madera y la piedra permite ver el clareo e introducir hojas de control. Para comprobar la gravedad de los daños se procedió a:

- Medir por ultrasonidos el arranque de los pies derechos de madera, para estimar la gravedad de las fendas de la madera, y el estado de la piedra
- Medir la rigidez del edificio para ver la importancia del movimiento de torsión

En primer lugar se procedió a medir por ultrasonido los diversos materiales para su caracterización: piedra nueva, piedra antigua y madera. La piedra en estado sano respondía a velocidades de transmisión de 4.200 a 5.600 m/s. La piedra en mal estado o reparada, no alcanzaba velocidades de transmisión superiores a 2.350 m/s.

La exploración nos iba a permitir conocer el tipo de apoyo de la madera sobre la piedra y comprobar si se realiza según un plano o existe algún sistema de machihembrado. Por las mediciones realizadas, se llegó a la conclusión de que la transmisión de la carga se materializa mediante espiga de madera en la base del pié derecho.



Aspecto general del interior del templo de Tiripetio y de los soportes de madera que lo conforman.
Foto: autores



Giro de la columna de madera respecto a la pilastra. Obsérvese la diferencia del color de la piedra en la base.
Foto: autores.

La medición de la frecuencia en la estructura del coro variaba entre 3,4 y 3,8 Hz. Es decir el periodo era aproximadamente de 0,29 s (movimiento en el sentido transversal de la iglesia) a 0,26 s (dirección longitudinal de la iglesia). Dada la altura y las proporciones del edificio resultaban bastante adecuadas y se podía corroborar su estabilidad estructural.

La **iglesia de San Nicolás del Obispo**, del siglo XVIII, se sitúa en esta pequeña población del municipio de Morelia. Consta de un pequeño templo y sacristía (lado sur) con cubierta a dos aguas en el desarrollo de la nave y tres en el ábside poligonal; se cubre con teja árabe. Su planta rectangular la forman muros de mampostería ciclópea ordinaria que en fachada se tornan de sillería irregular sin "aplanados". El ingreso se realiza por puerta de entrada al poniente a través de un atrio con cruz y cuenta con torre cuadrada muy robusta con orientación norte, exenta del cuerpo de la iglesia. El techo de la nave se conforma mediante falso techo de "tejamanil", muy característico de la zona, que ha desaparecido en gran parte, con pinturas al temple (las mas modernas en tonalidades azules y las más antiguas en color mas oscuro) que ocultan armaduras de pares de pino que soportan las "fajillas" de asiento de las tejas cerámicas. También es de madera la estructura de la torre campanario y el magnífico retablo barroco, con abundantes daños. El portón de madera es de dos hojas casetonadas y se remonta a la segunda mitad del XVIII.

Las medidas realizadas de frecuencias horizontales en el eje de simetría del edificio y en dirección transversal, nos aportaron un periodo de 0,33 s, que es bastante similar al obtenido en la iglesia de San Juan Bautista. La caña de la torre no nos permitió medirla por ultrasonido, quizás por la heterogeneidad de sus materiales.

La **Iglesia del Señor Santiago de Tupátaro**, en el municipio de Huiramba (Morelia), con estructura portante de adobe, es de 1725 y así consta en el primer par de "vigas de amarre" sobre el coro de tablones de pino y barandal torneado. De planta rectangular con ábside recto, se orienta en la dirección NE.- SW., situándose en el lindero N. la fachada con la torre campanario de planta cuadrada y cubrición de teja árabe, cuya construcción es de una etapa posterior. Dispone de un magnífico suelo de tablones registrables sobre durmientes invadidos por las ardillas, al igual que el resto del templo lo es por las abejas. Está cubierta por armadura de pares con tres juegos de tirantes dobles y revestida interiormente por una magnífica bóveda de tablas a tope sin ensamblar, ricamente decoradas con pinturas al temple, de alegorías pasionarias y marianas (en la parte central), muy deterioradas por la humedad. El retablo principal es barroco recubierto de panes de oro y el altar, en alto relieve, está labrado en pasta de caña y recubierto con hojas de plata. Su portón muy deteriorado con "abatimiento en molinillo" es de gran valor.

Tras medir la rigidez de la iglesia y la torre por separado, la frecuencia de ambas prácticamente era coincidente. Por esta similitud de frecuencias, la torre, contribuye a rigidizar el conjunto en el sentido

transversal, siendo su influencia menor en el sentido longitudinal, lo que nos sugiere que en caso de un terremoto tendrían movimientos muy similares, lo que garantiza su permanencia en el tiempo.

	Sentido longitudinal	Sentido transversal
Torre	3,5 Hz	3,0 Hz
Iglesia	3,8 Hz	3,0 Hz

La metodología que va ser aplicada en la reparación se basa en técnicas reversibles, no contaminantes y sustentables en el tiempo que no impidan en el futuro la aplicación de nuevos sistemas. Se prescriben soluciones muy simples y económicas que pueden ser realizadas por los propios artesanos de la ciudad con sus herramientas y maquinarias. Cuando ha sido necesario, por encontrarse los elementos muy deteriorados, se han empleado piezas de madera de la misma especie aunque siempre con posibilidad de poder distinguirlas de las auténticas.

Las actividades contempladas en el proyecto están permitiendo la capacitación en técnicas básicas y el rescate de oficios tradicionales implicados en la arquitectura patrimonial de la ciudad. La recuperación del patrimonio está incentivando la noción de pertenencia, aumentando la autoestima de sus habitantes, mejorando sus entornos urbanos y arquitectónicos y tendiendo a crear una participación social abierta con iniciativas de elevación de sus niveles de formación, lo que va a permitir una incorporación adecuada a la vida laboral en áreas de desarrollo cultural. Esta integración social está consiguiendo que la propia comunidad se sienta incorporada a los beneficios económicos que produce el patrimonio, convirtiéndose los propios vecinos en los principales depositarios de la preservación de su identidad.

Conclusiones

Mediante ensayos no destructivos se han medido: desplomes visibles, velocidades de ultrasonidos en muros, piés derechos o columnas y medidas dinámicas de la rigidez de los edificios. Las medidas dinámicas quedaron recogidas como registro histórico para estudiar su comportamiento en el tiempo. Los periodos fundamentales de los seis edificios investigados con la salvedad de las mediciones realizadas sobre la pirámide de Patzcuaro han oscilado entre 0,25 s y 0,35 s. En general los edificios presentan una rigidez y resistencia más que suficiente, observándose que las estructuras de madera en Morelia suelen estar sobredimensionadas para los criterios de cálculo actuales, por lo que no es preocupante una ligera pérdida de sección por ataques de xilófagos, tan sólo se recomienda prescribir medidas de prevención.

El agua, por capilaridad, o bien de lluvia contaminada está produciendo la degradación de la piedra en sus edificios, por lo que se aconseja dos tipos de intervenciones: 1) habilitar sistemas de drenaje en el terreno para reducir la altura de ascensión capilar (Iglesia de Tiripetio); 2) realizar un estudio medioambiental para evitar la contaminación producida por la papelera que provoca una lluvia ácida, que aunque débil, por su constancia, ataca a los materiales tradicionalmente empleados en la ciudad.

Los tapiales pueden también verse afectados por la humedad, de capilaridad o de lluvia, por lo que el drenaje y protección superficial son importantes. La torre de la iglesia de San Nicolás del Obispo es una muestra de esta necesidad.

Referencias

[1] *Colaboran por parte mejicana los investigadores J. Cruz León, L. Aguilera Garibay y R. González Garrido. Por parte española junto a los autores de este artículo el investigador J. Arquillo Torres y los arquitectos A. Morales Guisande y J. Ruiz Jaramillo*

[2] *Durante mas de doce años el responsable de esta Proyecto y gracias a a AECI, ha dirigido proyectos de formación e investigación en: Chile, Argentina, Colombia, Cuba, Venezuela, Uruguay, Paraguay, Méjico, Brasil, etc*

[3] *Espinoza, F., Canas, J.A., Pujades L.G., Caselles, O., Mena, U., (2000). "Utilización de la vibración ambiental como fuente de excitación para el cálculo de periodos fundamentales de edificios". Edit. Instituto Geográfico Nacional. Madrid.*

LOS AGENTES MEDIOAMBIENTALES EN LAS MADERAS A LA INTEMPERIE

Enrique Morales Méndez
Dpto. Construcciones Arquitectónicas 1, Universidad de Sevilla.
Avda. Reina Mercedes nº 2, 41012 Sevilla, España
acram@us.es

AREA TEMATICA DE GEOMATERIALIDAD Y PATRIMONIO INMUEBLE: TECNICAS Y METODOLOGIAS CIENTIFICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACION DE MATERIALES

Palabras claves: Patrimonio, madera, durabilidad, agentes medioambientales

Introducción

En este trabajo se incluyen las conclusiones que por el momento se han logrado en el Proyecto de Investigación I + D, BIA 2005-04185: *"Obtención de un método que garantice y optimice el empleo de elementos de madera al exterior frente a los agentes medioambientales"* que, obtenido en convocatoria pública, actualmente estamos desarrollando y del que soy su director. En él se incluyen investigadores de la Universidad de Sevilla y de Córdoba, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y de la Junta de Andalucía, la mayoría de ellos con muchos años de dedicación al estudio de la madera.

Cuanto más favorable sea la apreciación de los aspectos positivos del empleo de la madera en exteriores y mayores garantías de seguridad podamos ofrecer a restauradores, autoridades políticas, opinión pública e incluso a nosotros mismos, mayor será la probabilidad de que puedan recuperarse edificios de gran valor que pertenecen a nuestro patrimonio cultural.

La investigación se realiza tanto desde la perspectiva general de las soluciones constructivas históricas que han sido empleadas tradicionalmente, como sobre el conocimiento científico actual de las propiedades técnicas de la madera, olvidando la mayoría de las veces las características resistentes del material ya que en la conservación de los edificios construidos en madera el problema mas representativo no suele ser éste. Los principales problemas que presenta hoy día el empleo de la madera en arquitectura están relacionados con su empleo al exterior, pues poca preocupación ha existido al respecto y poca documentación se puede recoger en el tiempo mediante documentación bibliográfica. De los datos obtenidos por ASEMAS, Compañía de Seguros del Colectivo de Arquitectos a nivel nacional, en lo que concierne a partes de incidencias, expedientes abiertos y sentencias en Primera, Segunda Instancia y Supremo, tramitadas a través de esta Mutua, se puede considerar que en el conjunto de daños en que intervino la madera: un 20 % de siniestrabilidad fue debida al deterioro de la madera empleada en cubierta; un 30 % a los revestimientos de suelos; un 35 % a la madera situada en el exterior y un 15 % a causas varias. Además se ha podido confirmar como principal causa de estos daños, la acción de la humedad que da lugar a cambios volumétricos, deformaciones o al ataque de otros organismos[1].

Este trabajo ayudará a solventar el problema que plantea la conservación del Patrimonio, con indudables ventajas sociales y económicas al incidir en actitudes y motivaciones que subyacen en la defensa del patrimonio monumental, en las razones por las que se protege o se demuele y en las necesidades y aspiraciones de los encargados de la conservación. Servirá para poner de manifiesto las imprecisiones contenidas y las dificultades que presenta la puesta en práctica de las normas europeas. No se puede normalizar sobre la base de lo que es válido para los países del norte de Europa, pueda también servir para España. En la actualidad el Código Técnico de la Edificación como una rama más surgida de la EH, transcribe el Eurocódigo 5, se preocupa principalmente del cálculo y carece de soluciones constructivas prácticas sobre la durabilidad de la madera.

Durabilidad por la especie de madera empleada

En general, la poca efectividad que se ha encontrado hasta el momento en la mayoría de los sistemas de protección, incluso a nivel industrial (presión en autoclave), la agresividad generalizada de la mayoría de

los productos químicos que en la actualidad se comercializan y las prohibiciones decretadas en los últimos años, nos aconsejaron investigar sobre durabilidad natural. Mas aún teniendo en cuenta que en toda la normalización y bibliografía consultada, a pesar de las continuas referencias a la importancia de los problemas medioambientales, poco se ha encontrado sobre los tipos de madera que presentan mejor estabilidad dimensional y comportamiento abiótico y menos aún, un listado de especies apropiadas.

Por otra parte, los resultados que se iban obteniendo contradecían los criterios que tradicionalmente habían imperado en el uso de la madera al exterior. Construir con madera de una extremada calidad no era argumento suficiente ni garantía para una mayor durabilidad. Además, ni la economía de obra ni la protección que merecen las reservas forestales que aún nos quedan, permiten el empleo de maderas de una excesiva calidad, ya que por el sólo hecho de su excelencia no va a evitarse su destrucción si el diseño no es el apropiado.

En los diversos pabellones construidos en madera en la Expo´92 el diseño se impuso a la calidad de la madera. De las maderas exteriores, con la salvedad del Pabellón de Suecia que empleó abedul, se utilizaron diversas variedades del género "pinus"; tenemos constancia de su empleo en pabellones como Hungría, Bélgica, China y en edificios representativos como el denominado Umbráculo y el Auditorio.

Se han buscado alternativas a maderas de probada durabilidad y estabilidad como la teca *(tectona grandis*), el lapacho *(tabebuia ipe*), el doussie (*afzelia africana*) o merbau (*intsia bijuga*), ensayando otras alternativas como el iroko (*chlorophora excelsa*), el bambú (*guadua angustifolia)*, y otras maderas que son estables, aunque necesitan tratamientos para mejorar su durabilidad. Por supuesto se han evitado aquellas especies incluidas en la CITES (Acuerdo sobre Comercio Internacional de especies protegidas), exigiéndose en las importadas su certificación con el sello FSC (Forest Stewart Ship Confield), organismo que supervisa y garantiza el origen de la madera.

Por otra parte, el pH de la madera, la presencia de taninos, el contenido de humedad y los tratamientos protectores empleados determinan la acidez y el poder de corrosión química o electroquímica de la madera sobre los elementos metálicos de fijación.



Corrosión electroquímica de la madera sobre los elementos de fijación. Foto: autor



Corrosión producida por la madera sobre elementos de fijación en el cerramiento de la Iglesia de Nercón en Castro (Chile). Foto: autor

Durabilidad por diseño

La preocupación medioambiental de encontrar un método de preservación de la madera que fuera sostenible, nos puso en el camino de la búsqueda de soluciones que, más allá de la protección de la madera por la aplicación de un producto químico, lograran que éstas se protegieran por si misma, lo que hemos llamado "protección por diseño", es decir, la utilización de soluciones constructivas específicas tanto al construir como al restaurar para una exposición a la intemperie.

A pesar de las múltiples recomendaciones sobre la importancia del estudio de estas soluciones constructivas específicas, es raro encontrar en la información bibliográfica consultada referencias que permitan, a nivel práctico, comprobar si la intervención realizada podrá soportar el paso de los años. La

bibliografía sólo versa sobre diseño estructural desde el punto de vista de la resistencia mecánica y no desde otros aspectos de mayor valor en la madera como su durabilidad en el ambiente que se sitúa, lo cual es del todo primordial si la madera se expone a la intemperie. La durabilidad por diseño, a modo de tratamiento no contaminante, es la mejor forma de resolver la degradación de la madera y es mucho más efectiva que la que se pueda lograr por calidad del material y tratamientos.

La metodología empleada ha sido el análisis y la observación de aquellas soluciones que consiguieron superar el paso de los años considerando las condiciones climáticas del lugar donde se situaban y las dificultades que podían darse tanto en su reparación como en su mantenimiento, para constatar lo acertado de la solución y buscar puntos de coincidencia

En esta búsqueda de soluciones originarias hemos encontrado en el continente americano propuestas que asombran por su funcionalidad y perfección. La escasez de medios les obliga, en beneficio de la economía y durabilidad en el tiempo de sus edificios, a utilizar soluciones que permiten cambiar aquellas piezas que por su exposición van a tener un mayor deterioro, lo que suelen llamar “maderas de sacrificio”.



En Santa Ana en el nordeste argentino, las zonas más vulnerables de cualquier elemento (maderas de sacrificio), pueden ser remplazadas con gran facilidad. Fuente: autor

Tres aspectos son fundamentales a considerar cuando se utilizan maderas a la intemperie: a) el análisis de las condiciones climáticas y los agentes externos que pueden actuar en el emplazamiento; b) la coordinación dimensional y modular, de gran importancia debido a las relaciones que en toda construcción con madera se establecen entre la geometría y los materiales, elementos y componentes, que van a marcar los condicionantes del diseño; c) la utilización de prescripciones constructivas básicas que son recomendaciones en la realización del proyecto o en la ejecución de las obras para que el edificio mantenga junto a la seguridad, salubridad y ornato, la debida durabilidad. Si en el diseño o la reparación contemplamos estos principios, las posibilidades de tener éxito en el uso de madera al exterior serán del mismo orden que las que puedan obtenerse con cualquier otro material de construcción.

Utilizar maderas a la intemperie es aceptar el reto de convivir con la imperfección geométrica de un material que siempre puede deformarse. En este sentido nos encontramos desarrollando la propuesta de un conjunto de medidas basadas en el hecho de que, aunque se altere la geometría de las formas, esta realidad pase desapercibida sin que se resienta la estética del conjunto, enmascarando las deformaciones que en mayor o menor grado se van a manifestar con el paso de los años.

Debemos partir de la base que no importa que la madera se moje, ya que siempre se deberá ventilar y evitar filtraciones, estancamientos, toma de agua por capilaridad, espacios condenados y degradación de los revestimientos de acabado. Respetando estos principios se podrán proponer soluciones de arranques, remates, juntas, esquinas, perforaciones y otros puntos singulares.



Cualquier deformación es claramente apreciable en una pieza recta, más aún si existe paralelismo que pueda ponerlo en evidencia. Pabellón de la Naturaleza de Expo´92 de Sevilla. Foto: autor



Las piezas de madera se fijarán en un solo lateral o punto, permitiéndose el libre movimiento controlado de ellas. Dibujo: autor

Alteraciones volumétricas

Dentro de la degradación medioambiental debe prestarse una mayor atención a las alteraciones volumétricas y deformaciones que sufre la madera debido a variaciones de humedad, no ya por tratarse de un tema poco estudiado o de escasa bibliografía, sino por la importancia que tiene en el comportamiento de la madera al exterior, ya que no solo puede generar cambios volumétricos y deformaciones, sino que la humedad con su presencia puede dar lugar a que aparezcan hongos y termes, los peores enemigos biológicos de la madera.

La higroscopicidad, como propiedad que tienen los cuerpos de intercambiar agua con el ambiente, relaciona el coeficiente de dilatación volumétrica con el peso específico aparente anhidro. Se ha comprobado que es un buen índice para detectar las alteraciones de la madera por humedad. Su relación con la especie de madera y los anillos de crecimiento, constituye el triangulo en el que se ha centralizado la investigación sobre durabilidad medioambiental pues, todos ellos, determinan las deformaciones de la madera debido a la humedad.

El proceso higroscópico consiste en que el aire va quitando agua de los huecos de la madera y esta va absorbiendo el agua de la atmósfera hasta que llega un punto en el que ambas fuerzas se equilibran, con lo que cesa el intercambio de agua. En ese momento se dice que la madera ha alcanzado la humedad de equilibrio higroscópico (HEH). Para que no se produzca la alteración volumétrica de un elemento de madera, éste debe tener una humedad lo más parecida a aquella en la que se produce este equilibrio. Se denomina humedad de servicio y debe determinarse previamente el valor en cada localidad y situación.

Partiendo de valores reales de temperaturas y humedades mensuales y ayudados por el ábaco de Kollman, se han obtenido, no los valores medios como viene siendo habitual, sino los valores característicos con un grado de confianza del 95 por 100 de que no van a ser superados tanto en máxima como en mínima, como se suele actuar con otros materiales de construcción. Así, se han elaborado hojas de cálculo en las que pueden recogerse las operaciones realizadas para determinar la humedad de equilibrio higroscópico característico en el lugar que se precise, utilizando medias mensuales mucho mas precisas [2].

Tradicionalmente, el comportamiento de la madera frente a la humedad, se ha determinado por unos coeficientes que marcan las dilataciones tangenciales radiales y axiales y unos coeficientes volumétricos que son suma de todos ellos. Estos coeficientes de contracción volumétrica lineal, marcan la avidez por crecer o menguar pero nada sobre sus posibles deformaciones. Si bien las frondosas son las que más se hinchan por cada 1% de humedad, también son las que con mayor dificultad cambian de humedad de equilibrio pues tienen que tomar mucha agua para ello. El almacenamiento de sustancias de duramen rebaja su apetencia por tomar agua, el punto de saturación de las fibras (precisamente a mayor PSF la hinchazón aumenta) y mejora su durabilidad y resistencia frente a hongos, aunque hinchazones y mermas puedan ser importantes. Este problema puede controlarse con holguras suficientes dentro de las tolerancias que se establezcan.

Una vez clarificadas las condiciones climatológicas que van a incidir en la destrucción de las piezas de madera a la intemperie, se ha realizado un análisis de la higroscopicidad referida a distintas especies de madera a nivel documental de ensayos, tablas, gráficos y formulaciones numéricas, todos ellos obtenidos de investigaciones aisladas sobre cada especie, lo que ha hecho posible agrupar ciertos comportamientos análogos, permitiendo desechar viejas teorías que afirmaban que las maderas más pesadas eran las de peor comportamiento frente a cambios volumétricos.

Otro aspecto interesante a analizar junto al peso específico de la madera es la influencia que ejerce el espesor de los anillos de crecimiento en los coeficientes volumétricos. De la investigación documental realizada, no han podido obtenerse resultados relevantes, por lo que se ha iniciado un proceso de investigación experimental con ensayos de laboratorio sobre el pinus pinea L., de dos procedencias distintas, Punta Umbría e Hinojos (Huelva), para conocer la influencia en el comportamiento higroscópico del espesor de los anillos de crecimiento [3]. Actualmente estamos realizando ensayos normalizados sobre probetas de pequeño tamaño 2x2x4 cm. en los laboratorios de la Junta de Andalucía que están poniendo de manifiesto la diferencia que puede existir entre las características de una madera aunque sea de la misma especie, si son de procedencias distintas.

Estabilidad frente a deformaciones

La diferencia entre los coeficientes de dilatación tangencial y radial, marca la importancia de las deformaciones que se van a producir. La relación entre la contracción total en dirección tangencial y radial se denomina coeficiente de anisotropía y la diferencia entre ambos valores anisotropía absoluta. Ambas van a determinar el potencial de deformación que puede tener una madera.

Tras analizar el listado de características de las distintas especies de madera se ha podido comprobar que el coeficiente de anisotropía, disminuye al aumentar el porcentaje de contracción o hinchazón y también por tanto al crecer el peso específico aparente, lo que nos ha permitido obtener la conclusión que las maderas más densas son las que menos se deforman. Todas estas razones justifican el buen comportamiento de maderas pesadas en exteriores y con ello se desmienten criterios más extendidos que aconsejaban el uso de maderas resinosas protegidas a la intemperie.

La investigación en esta apartado nos ha permitido completar el listado de especies que tienen una mayor estabilidad a la intemperie con maderas como el kosipo *(entandrophragma candollei*) o el pino del caribe (*pinus caribaea*), de durabilidad media a no ser que se apliquen tratamientos químicos.

Estabilidad por elección del corte de la madera

Con la ayuda del programa de elementos finitos SAP2000 se ha diseñado un programa informático higroscópico que puede aplicarse a la madera y permite, según la inercia de la pieza, geometría de los anillos de crecimiento y los valores característicos de las especies, conocer las deformaciones que pueden alcanzar. Así, se ha podido comprobar que tanto la curvatura como la disposición de los anillos en el corte de la madera tienen una gran importancia en el estado de las deformaciones que adoptan las piezas cuando se ven sometidas a la acción de los agentes exteriores.

El desarrollo de este programa informático nos está permitiendo, para cada uno de los cortes de las piezas (radiales, tangenciales u oblicuos), la obtención de las deformaciones y flechas en cada una de sus caras, en valores absolutos y en porcentaje suponiendo diversos cambios de HEH. Todo ello según dimensiones de las piezas, distancia de la médula al centro de gravedad, tipo de corte, anisotropía o cambios de HEH.

Se han obtenido gráficas que marcan las tensiones higroscópicas de compresión y tracción en un perfil y se ha podido comprobar en algunos casos, que las tensiones higroscópicas por la presencia o proximidad a la médula pueden llegar incluso a fragmentar las secciones resistentes o a debilitar cualquier sección. Por tanto, es un parámetro ausente del Código Técnico que debería considerarse en el cálculo general de estructuras de madera bien en forma de un valor de tensión añadido o como coeficiente corrector de la sección, según el tipo de corte, ya que puede provocar la rotura de una pieza.

Durabilidad por protección química

Si bien la investigación se inició con la búsqueda de especies de durabilidad natural adecuada para exteriores, debido al elevado coste de estas maderas y la protección de la que hoy gozan muchos de los

bosques que la producen, nos aconsejó ver las posibilidades de las maderas de bajo coste con algún tipo de protección química. Tanto productos químicos como tratamientos adecuados pueden hacer que especies no durables de forma natural, debido a su buena impregnabilidad, bajo coste y fácil labra, puedan mejorar su comportamiento si se tratan adecuadamente. La valoración de los productos se hizo en función de parámetros como: impregnabilidad del duramen, grado de toxicidad, permanencia, penetrabilidad, coste, seguridad para el medio y la vida, etc. La primera conclusión extraída de toda la información analizada fue que, en general, todos los protectores son nocivos tanto para el medio como para el hombre.

Se ha comprobado que maderas muy estables pero de escasa durabilidad como el framiré (*terminalia ivorensis*) o la samba *(triplochiton scleroxylon*), debido a su buena impregnabilidad pueden ser aplicadas en una exposición exterior.

Tras demostrar que las soluciones de pincelado o pulverización no son admisibles en maderas a la intemperie que no tengan durabilidad natural, se han analizado las tablas y gráficos que muestran los productos químicos registrados por el Ministerio de Sanidad y Consumo [4], que incluyen tratamientos hidrosolubles protectores en profundidad, que en la actualidad son los más demandados En estas tablas comparativas, se ha prestado un especial interés al número de registro del Ministerio de Sanidad (ya que muchos de ellos no lo tienen), ensayos de laboratorio y normas UNE-EN que son de aplicación. Además, se han analizado otros parámetros como: el tipo de tratamiento, disolvente base utilizado (agua en su mayoría), tipo de protección que aporta, penetración, etc. Los protectores en disolvente orgánico al utilizar productos de arrastre a base de derivados del petróleo, no se aconsejan debido al necesario control de la emisión de COV (compuestos orgánicos volátiles).

Realmente el panorama actual de la protección de la madera es bastante limitado, no ya porque los productos deben tener registro del Ministerio de Sanidad y Consumo, sino debido a la legislación vigente (Ley de Residuos 10/1998), que considera como residuos peligrosos todos los conservantes de la madera y agresivas medioambientalmente, todas las actuaciones desde el proceso de tratamiento hasta su reciclaje. Las maderas no tratadas a presión son las únicas que pueden reciclarse como maderas sin tratar.

Conclusión final

Ante la agresividad de los tratamientos, la necesidad de la conservación de los bosques y el elevado precio de la madera de durabilidad natural, no queda más remedio que recurrir al diseño constructivo, con lo que el arquitecto no pierde el papel fundamental que ocupa en toda obra de arquitectura. El diseño constructivo como tratamiento no contaminante puede considerarse como la mejor forma de conseguir una mayor durabilidad a la intemperie.

La realización de un buen diseño de acuerdo con la especie elegida se hará, a ser posible, partiendo de maderas con durabilidad natural o con tratamientos no agresivos para el medio y la vida. Se recurrirá a la coordinación modular y se atenderán las prescripciones constructivas habituales en su empleo (evitar que el agua se detenga, el contacto con el suelo, filtraciones y tomas de agua por capilaridad, ventilar cualquier espacio, etc.). Además son parámetros que influyen en la durabilidad, la especie, una mayor exposición a la humedad, la fijación empleada, el tipo de corte y escuadría de la pieza, la protección lograda respecto a la luz y el sol, la disposición de los anillos de crecimiento al situar las piezas en su emplazamiento y el mantenimiento, del todo obligado para que cualquier elemento de madera pueda sobrevivir en el tiempo.

Referencias

[1] *Escribano, Joseba. "Protección... ¿ Contra qué ?. II Simposium Nacional de la Protección de la madera en la construcción 1.999". Pág 34*

[2] *"Los problemas de humedad en la protección de la madera". III Congreso Nacional de la Madera. CIDEMCO. San Sebastián. 2002. Libro de Actas págs 96 a 102*

[3] *Madera laminada encolada estructural. Resistencia al fuego y características mecánicas. F. J. Jiménez Peris, I. Cuevas Espinosa, E. Morales Méndez. Libro, 225 págs editado por la Junta de Andalucía. ISBN 10:8496560-06-6 y 13:978-84-96560-06-2*

[4] *Véase: http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/prodQuimicos/sustPreparatorias/biocidas/ listadoRegistroPlaguicidas.jsphttp*

METODOLOGÍA PARA EL REGISTRO DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS, EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES, DURANTE EL SIGLO XX. CASO SAN CRISTÓBAL, VENEZUELA.

E. Orozco Arria
Programa Tecnología y Producción. Grupo de Investigación Arquitectura y Sociedad. Decanato de Investigación. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela.

eorozco@unet.edu.ve

ÁREA TEMÁTICA: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL. INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

El trabajo desarrollado informa sobre la metodología aplicada para caracterizar las técnicas de construcción, utilizadas en el siglo XX, en la ciudad venezolana de San Cristóbal, urbe que reúne los aspectos particulares de las poblaciones andinas. Se consideró para su realización sólo la producción formal de viviendas, en el entendido que este término abarca los procesos de construcción efectuados bajo las normas y regulaciones vigentes y correspondientes.

Conceptualizadas las técnicas de construcción como el grupo de procedimientos que implican ejecutar una edificación apropiada para el usuario; y fundamentadas sus variaciones en los aspectos aportados por los materiales predominantes y componentes constructivos disponibles, se realizó una caracterización en lapsos establecidos de tiempo que fundamenta una valoración constructiva. Es de interés señalar el uso indiferente dado a los términos sistema constructivo y técnica de construcción en nuestro medio latinoamericano, con un mismo significado. Muy utilizadas por los diversos actores del amplio mundo de la construcción, estas palabras tienen acepciones diferentes; en el sentido que la primera debe referirse al conjunto total edificatorio y no a los métodos o procedimientos utilizados para ejecutarlos, que involucra la técnica constructiva.

Ámbito geográfico

San Cristóbal es la capital del Estado Táchira y del municipio que tiene el mismo nombre. Está situada en el valle medio del río Torbes en la llamada Depresión del Táchira, al suroeste de esta entidad. Ubicada a una altitud de 825 m sobre el nivel del mar, presenta durante todo el año una temperatura promedio de 23°C, con un pequeño rango de tolerancia independiente a las épocas de sequía o de lluvia, características de la zona.

Fue fundada en 1561, con importancia como núcleo agrícola y comercial de la región andina; pero su auge tiene lugar en el siglo XIX, con el crecimiento de la economía cafetalera tachirense con exportaciones a nivel mundial. A pesar de su irregular conformación topográfica, la ciudad tiene sus orígenes en la forma tradicional de cuadrícula constituida por manzanas, con un crecimiento acorde a sus desniveles. Para el año 2001 se presentó un censo poblacional cercano a los 255.000 habitantes en una superficie aproximada a 240 km^2.

Aún cuando no tan marcada como en otras ciudades venezolanas, San Cristóbal no escapa a una característica de contraste urbano con relación a sus áreas residenciales; existen en ella tanto zonas bien consolidadas, como áreas marginales en constante crecimiento que buscan consolidarse. Conforma un área metropolitana con otras poblaciones vecinas que cada día se entrelazan más a manera de un solo conglomerado urbano.

Las técnicas de construcción y sus clases

Las técnicas son susceptibles a presentar una interesante variación con referencia a lugares y tiempo de aplicación; debe considerarse así mismo la importancia del recurso humano para utilizarlas de forma práctica. Sobre este basamento es factible clasificar las técnicas constructivas en artesanales e industriales.

Las técnicas artesanales se refieren a los procesos de construcción de edificaciones, en donde la realización requiere de la participación de un personal especializado, el artesano, el cual repite esos procesos de forma generalmente unidireccional con un esfuerzo físico determinado. Se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Planificación y ejecución realizadas por el artesano.
- Organización y trabajo realizados en base a los oficios o especializaciones.
- Existencia de trabajos aislados e independientes.
- Utilización de herramientas sencillas y máquinas simples.
- Producción y calidad del producto dependientes de la habilidad del artesano.
- Baja escala de producción y limitada complejidad de lo producido.
- Producción de objetos particulares.

En tanto las técnicas calificadas como industriales, están referidas a los procesos de producción de edificaciones en donde el uso de equipos, maquinarias específicas e insumos materiales, predominan sobre la mano de obra. Es la sustitución de la artesanía por los medios de producción. Se pueden caracterizar por aspectos tales como:

- Fases de planificación y diseño separadas de la ejecución, lo que permite una división del trabajo.
- Diversas etapas del proceso son realizadas mediante el uso de herramientas, máquinas y equipos adecuadamente diseñados, construidos, instalados y operados.
- La calidad del producto no depende exclusivamente de la habilidad del operador.
- Utilización de insumos con diversos niveles de terminación en la construcción y conformación de la edificación.
- Realización posible de producción en serie, con diversos grados de cantidad y complejidad.

Según el grado de predominio de los medios de producción en las actividades constructivas, resulta válido diferenciar las técnicas de construcción semi-industrializadas de otras de mayor grado de industrialización, que pueden ser definidas como industrializadas en sí. Las primeras se refieren a los procesos donde la organización de la producción está determinada por la organización de la mano de obra; en ellas aparece el personal especializado, con carácter artesanal, pero al mismo tiempo los aspectos característicos listados anteriormente dentro de las técnicas industriales, con menor grado de dependencia de los recursos en materiales y equipos necesarios para la construcción de la edificación. En las definidas como industrializadas, predomina claramente la utilización de los equipos sobre la mano de obra y la maquinaria es el centro de la organización productiva.

Con relación a la producción, los procesos constructivos tomarán características propias según sea la finalidad; la elaboración de un objeto particular que no se repetirá, o del objeto en serie, repetible. Es válido considerar en la actualidad, el valor de la producción en serie en la aplicación de técnicas constructivas; lo cual es observable en el uso de componentes tales como puertas o ventanas por ejemplo.

Lo tradicional y lo no tradicional en la construcción

La arquitectura al igual que la construcción que ella concibe, puede tener numerosos calificativos que le imprimen un carácter relevante, más que clasificaciones absolutas según diversas variables. De tal modo se pueden listar de manera general, no considerando su relación o dependencia en su significado, vocablos muy interesantes como arquitectura indígena, histórica, popular, vernácula, tradicional, rural, urbana, colonial, civil, religiosa, militar,

entre muchos otros. Términos como arquitectura popular pueden abarcar una clase muy amplia de manifestaciones que se localizan en rangos igualmente amplios de situaciones ambientales y culturales. La arquitectura tradicional por su parte, es aquella establecida en un lugar y que se reproduce constantemente en un tiempo determinado.

Según Fonseca y Saldarriaga[1] en su publicación sobre la arquitectura popular colombiana, los procesos de modernización de lo tradicional pueden basarse en transformaciones socioeconómicas y culturales, desarrollando nuevas maneras de hacer arquitectura, pero estructurándose análogamente en tipos, formas, técnicas y elementos distintivos. El hecho constructivo, como tal, puede coincidir con todos los calificativos que se empleen para clasificar y conceptualizar la arquitectura. Siendo de particular importancia e interés, al discurrir sobre las diferentes formas de desarrollar construcciones en un ámbito determinado, el definir términos como el de construcción tradicional.

Nos podemos referir con este concepto al conjunto de procesos de ejecución de edificaciones, que en un lugar específico se reconoce como la práctica común y usual de construcción durante un período de tiempo importante. El término relativo a tradición se puede fundamentar en la transmisión de costumbres, normas y hechos. Para entender mejor el concepto es conveniente mencionar que éste no se hace con la intención de ser estático en el tiempo, pero si referido a un sitio o lugar determinado. De tal forma lo que se puede identificar como construcción tradicional en una región, territorio, o un país, no lo es en otro; y lo más substancial, lo que es tradicional hoy en día en un sitio determinado, no tiene porque ser definido como tradicional una vez transcurrido un tiempo considerable.

Tanto el personal necesario como los diversos materiales utilizados son factores que, junto a la técnica constructiva, definen el producto edificado. En la construcción tradicional latinoamericana juega un importante papel el albañil artesano, persona que generalmente en nuestro medio, ha aprendido un oficio a través del tiempo, práctica y observación, y posee unos niveles de habilidad que transmite a la obra construida en términos de calidad y estética. Así mismo existen instituciones especializadas en la capacitación de mano de obra, haciendo particular énfasis en los oficios del proceso constructivo que se pueden identificar como tradicionales. Tales procesos, aún cuando utilizan materiales y elementos constructivos producidos industrialmente, se apoyan en métodos ampliamente experimentados y altamente arraigados en la rutina constructiva del lugar determinado.

Con referencia al caso venezolano fue tradicional durante un período considerable de tiempo, la aplicación de las técnicas de tierra cruda: el bahareque, la tapia pisada y el adobe, las cuales definieron el hábitat del país. Posteriormente con la aparición del concreto y el acero, nuestra construcción tradicional está fundamentada de manera general, en elementos de soporte aislados de vigas y columnas de concreto armado en su mayoría, aunque también se utiliza en una escala menor la madera y el acero; las paredes se elaboran de bloques huecos de arcilla o de concreto, con cubiertas en base a concreto armado o a madera y tejas de arcilla. En los sectores populares de las ciudades y poblaciones venezolanas son utilizadas generalmente de manera no apropiada, las cubiertas de láminas livianas industriales, tanto por su bajo costo como por lo benigno de nuestro clima tropical.

La construcción calificada como no tradicional en Venezuela, se ha relacionado siempre a una industrialización más compleja en la producción de partes componentes que de la edificación en su totalidad. Es lo novedoso, la modernización de lo usual y de lo habitual. Fue considerado y aparece el término de sistema constructivo para identificar nuevos procesos basados en diferentes tecnologías constructivas, tales como la prefabricación y el vaciado de concreto con encofrados metálicos; lo usual correspondía al sistema tradicional de construcción. Lo usual lo representan los encofrados de madera, elaborados por carpinteros como personal especializado. Lo usual lo representan paredes de ladrillos macizos o bloques huecos de arcilla o concreto que a pesar de ser elaborados con altos niveles industriales, son colocados uno a uno por el albañil quien posteriormente los reviste y les da un acabado final para conformar el componente de la edificación. Es la construcción tradicional con la presencia

[1] Fonseca M. y Saldarriaga R., “La Arquitectura Popular en Colombia, herencia y tradiciones”, Altamir Ediciones, Santafé de Bogotá, 1992, p.29

de técnicas artesanales y semi-idustrializadas ya definidas. Y es que la actividad constructiva exige como todo proceso, contar cada vez más con mejores niveles de racionalización, en la optimización de los insumos de los cuales se dispone.

La industrialización de los materiales reviste particular importancia, y el personal que interviene en un proceso constructivo debe conocer el material utilizado para poder asegurar la calidad de lo construido. Históricamente los materiales de construcción han modificado técnicas constructivas, tanto en el uso más racional de materiales tradicionales, como en la incorporación de nuevos materiales. Se tiene así que el uso y la aplicación de los materiales de construcción; el personal necesario para utilizarlos; y las técnicas de construcción, son los factores que definen la producción de una edificación.

Instrumentos de registro aplicados y su concepción

Según los fundamentos desarrollados en el punto anterior y el desarrollo urbano residencial existente en la ciudad de San Cristóbal, fueron definidas y delimitadas en el tiempo varias etapas constructivas, dentro de un gran marco general contextual en el quehacer constructivo de la población. Paralelamente a la determinación de estas etapas, fueron seleccionadas diversas edificaciones de uso residencial actual o concebidas originalmente como tales, definidas como edificaciones representativas de cada lapso de tiempo.

Para realizar la recolección de la información de las edificaciones, fueron elaborados dos tipos de fichas para cada uno de los casos estudiados seleccionados: La ficha de registro de viviendas representativas; y la ficha de levantamiento planimétrico y registro fotográfico.

En la ficha de registro de viviendas o edificaciones representativas, se dispuso definir los siguientes apartados:

1. Información general: Se refiere a datos de carácter general tales como ubicación, propietario original y actual, área de construcción, uso actual de la edificación y año de construcción. Fue considerada así mismo cualquier observación de interés, que permitía tener una visión general de la historia de la vivienda, desde la fecha de su construcción hasta la fecha de realización del registro correspondiente.
2. Características arquitectónicas: Involucra este aspecto información sobre la relación de la edificación con su parcela, refiriéndose a su agrupación, retiros, forma de la planta, número de pisos, ubicación de los accesos. De igual forma existencia de espacios y ambientes relevantes en relación a los tipos de acceso, garaje, jardín, espacio y elementos conectores, descripción de patios, balcones y terrazas. Y por último la presencia de elementos formales destacados, tanto exteriores como interiores, tales como salientes en puertas y ventanas, molduras, ornamentos en cerramientos, cornisas, zócalos y poyos de ventanas, entre otros.
3. Características constructivas: Están referidas a los componentes constructivos que constituyen la edificación, describiendo en lo posible los componentes primarios estructurales de infraestructura y superestructura, tales como fundaciones, vigas, columnas y escaleras; componentes primarios de cerramiento, como paredes exteriores, paredes interiores, entrepisos y cubiertas; componentes primarios de servicio, tales como instalaciones sanitarias, de aguas blancas y aguas negras, instalaciones de aguas lluviales, instalaciones eléctricas e instalaciones mecánicas; componentes secundarios complementarios, como puertas, ventanas y cielos rasos; y los secundarios de terminación, en paredes exteriores, paredes interiores y pisos.
4. Lesiones de la edificación: Considerando las lesiones más notorias de los diversos componentes constructivos de la vivienda en cuestión, en relación a humedades, eflorescencias, oxidaciones y corrosiones, suciedades, desprendimientos, grietas y fisuras, erosiones, pudriciones y estéticas.
5. Intervenciones: Trata este apartado de las intervenciones que fueron efectuadas a la edificación, ya sean de restauración, de remodelación y de nuevas construcciones; a fin de tener información más verídica de sus componentes constructivos originales.

Es de interés señalar que el utilizar términos como características arquitectónicas y constructivas, obedeció más a razones de practicidad en el manejo de la información que al significado pormenorizado de los mismos; en el entendido que las características arquitectónicas se refieren a la existencia de espacios y ambientes relevantes, y de elementos formales destacados, así como a la organización espacial de la edificación. Mientras que en las características constructivas se hace referencia a la descripción de los diversos componentes constructivos presentes en cada edificación estudiada.

Con relación a la ficha destinada para el levantamiento planimétrico y registro fotográfico de cada edificación, se consideraron para su elaboración los siguientes apartados:

1. Información gráfica digitalizada, una vez efectuado el respectivo levantamiento planimétrico en el sitio, de la edificación seleccionada; realizando las plantas de distribución, de techos, de fachada principal, de cortes y de su situación respectiva en base a su contexto inmediato.
2. Registro fotográfico pormenorizado tanto interior y exterior de la edificación en estudio, señalando en la planta de distribución elaborada previamente en el paso anterior, la ubicación del objeto de la fotografía, de aspectos tales como: espacios y ambientes relevantes, elementos formales destacados, componentes primarios estructurales, componentes primarios de cerramiento, componentes secundarios, y lesiones observables de la edificación. Con referencia a este registro, posteriormente eran seleccionadas las fotografías más representativas habida cuenta del espacio disponible y la forma de presentación de las fichas.

Resultados

En cada una de las diferentes etapas que fueron establecidas se consideró una exposición del o de los materiales constructivos predominantes en la misma, definiéndolos y caracterizándolos en sus propiedades más notorias, así como también una reseña histórica del uso del mismo. Posteriormente se elaboró una descripción de las técnicas constructivas aplicadas durante el lapso de tiempo especificado, explicando los procesos de ejecución respectivos. Seguidamente se ubican todas las edificaciones seleccionadas como representativas, en la trama urbana de la ciudad, y se describen sus características arquitectónicas y constructivas ilustrándolas en lo posible con productos del registro fotográfico realizado. Finalmente el estudio comparado y analítico del material anterior, permitió desarrollar para cada una de las etapas, dos apartados:

- Una caracterización generalizada de las viviendas representativas, discurriendo sobre los siguientes aspectos:
  - Relación de la edificación con su parcela.
  - Espacios y ambientes relevantes.
  - Elementos formales destacados.
  - Componentes constructivos primarios: estructurales, de cerramiento, de servicio.
  - Componentes constructivos secundarios: complementarios, de terminación.
  - Lesiones.

- Consideraciones sobre la etapa:
  - Influencia del contexto político y económico vigente en el país.
  - Innovaciones observables.
  - Influencia de soluciones foráneas.
  - Características comunes apreciadas bajo las técnicas presentes en la etapa, en base a un discurso común de las viviendas estudiadas.

Finalmente fue posible, en base a la rigurosidad de la teoría desarrollada para los puntos que fueron elaborados para cada lapso establecido, presentar de forma comparativa y a fin de facilitar una visualización global, un resumen de la caracterización de las etapas constructivas definidas según las viviendas representativas.

Conclusiones

El demarcar un estudio tan amplio como es el trabajar sobre las técnicas de construcción empleadas en un sitio específico, durante un período de tiempo considerable, exige definir y establecer determinados parámetros y lineamientos. En el presente caso se determinó primeramente el destino de uso de las edificaciones seleccionadas, estableciendo el uso residencial. La importancia de este parámetro se fundamenta en que la construcción de viviendas significa la realización del hábitat en toda sociedad. Las poblaciones se fundan, crecen, se desarrollan y pueden desaparecer, según la establezcan, crecen, se desarrollan o desaparecen sus pobladores, en sus casas, sus hogares, sus viviendas.

Fue de gran interés de igual manera, el definir el crecimiento residencial de la ciudad, identificando y observando los diversos puntos de ensanche urbano, analizando siempre la edificación en su contexto. Importante relación fue apreciada en este aspecto al establecer acontecimientos calificados como hitos histórico-constructivos, tanto de la ciudad, como de la región y zona de influencia donde está asentada. Tales hechos están reflejados invariablemente en el desarrollo de las edificaciones de uso residencial en una población.

Los materiales utilizados en la construcción, sus procesos de aplicación y la predominancia de uso de los mismos durante un cierto período de tiempo, junto al personal en disposición de emplearlos, permiten visualizar las técnicas constructivas como factor determinante en la producción de edificaciones de toda población.

La recolección de información aplicada a edificaciones representativas, que fueron seleccionadas tomando en consideración aspectos tales como fecha de ejecución, niveles de intervención observables y estado general de la construcción, su ubicación según el crecimiento de la ciudad, y factibilidad de realizar su registro fotográfico y levantamiento planimétrico o bien tener acceso al mismo, permitió la valoración constructiva de varias de estas edificaciones. Es de sumo interés destacar la identificación de procedimientos constructivos de los diversos componentes que constituyen la edificación, así como de los medios de producción disponibles en los diferentes casos de estudio del trabajo realizado, que implican definir niveles de valoración de lo construido.

Bibliografía

Departamento de Construcción. ETSAV. Universidad de Valladolid. (1990). *Patología de Fachadas Urbanas, Universidad de Valladolid Secretariado de publicaciones*. Valladolid, España: Autor.

Fonseca M., y Saldarriaga R. (1992). *Arquitectura Popular en Colombia, herencia y tradición.* Santafé de Bogotá: Altamir ediciones.

Mandolesi, E. (1981). *Edificación (El proceso de edificación, la edificación industrializada, la edificación del futuro)*, Barcelona: Gustavo Gili.

Peña, J. (1990). Construcción industrializada. Ponencia en Primer Simposium Iberoamericano sobre Técnicas Constructivas para viviendas de bajo costo, Maracaibo: Venezuela.

Orozco, E. (2005). *Técnicas de Construcción utilizadas en San Cristóbal, Venezuela, en edificaciones de uso residencial, durante el siglo XX*. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Valladolid, Valladolid.

Experimental Analysis on Masonry Arches Reinforced with SRP and subjected to Loads and Horizontal Displacements

Prof. Arch. M. Paradiso, Dott.ssa D. Sinicropi
Dipartimento di Costruzioni, Università degli Studi di Firenze
michele.paradiso@unifi.it daniela.sinicropi@unifi.it

Thematic Field: Studies, methodologies and diagnosis for the conservation and restoration of cultural heritage. Innovation and new technologies applied to the documentation and information of the cultural heritage

Abstract

In the past twenty years there has been a considerable increase in studies on fibres, be they carbon, glass or aramid, reinforcing masonry, concrete and even wooden structures. The most recent technologies for the production of high tensile strength steel have made it possible to manufacture strands of steel, then twisted into a cord and glued on to a weightless net so to create a new type of fibre made of steel. The objective of this research is to study the behaviour of masonry arches reinforced with the steel fibre and a polymeric matrix (SRP), subjected to both loads and horizontal displacements. For this purpose, 10 arches were built in the Experimental Laboratory of the University of Florence, nine of which were reinforced. The tests on these arches lead to some useful conclusions in the field of research on fibre reinforcements. In the arches subjected only to concentrated loads, the steel fibre gave excellent results in terms of resistance and not one of the three arches tested with this material collapsed. In the case of the horizontal displacements, it was clear that the steel fibre was less effective, since all three arches collapsed at displacements that were about 5/6% less than the displacements supported by arches tested with carbon fibres in a previous work.

Key Words: masonry, arches, SRP, tests

1. Advanced Composite Materials

Advanced composite materials have been clearly defined as “a mixture of two or more components that, conserving as they may their own chemical identity, mutually contribute to furnish mechanical and physical properties on the whole much superior to those of the single elements taken separately[1].”

The components in the definition are divided into two categories, the matrix and the reinforcement, also called fibrous phase, as it is constituted of fibres. The matrix is fundamental for keeping the fibres in their designed position and for distributing the stresses evenly, while the fibres are the component that takes on the structural function of the reinforcement. For the correct functioning of the composite material it is necessary that the resistance to the tangential actions of the fibre-matrix interface is sufficient enough to allow the fibres to break before the matrix rips off from the structure. Another characteristic of this material is its anisotropy, that is the capacity of giving excellent results in the direction of the fibres, while the results are scarce in all other directions, unless the composite material has been expressly designed to function in other directions as well, as in the case of bidirectional fibres or mats. Most importantly, composite materials have the characteristic of little weight and generally great resistance to stress, ideal for applications on existing structures as reinforcements that do not overweigh already damaged parts.

Composite materials may be divided into categories that differ from the type of matrix utilized, but in this work only two categories will be mentioned as two are the types of matrixes that have been used in the experimentations: a polymeric matrix for steel fibres and a cementitious matrix for the organic fibres.

The fibres may also be divided into categories, organic (aramid, X Mesh Gold), inorganic (glass,

1 G. Fonseca, A. Pirollo, “Materiali compositi: stato dell’arte e prospettive di sviluppo della tecnologia della pultrusione”, Università degli Studi di Cassino, 1991.

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES	*PBO*
Density (kg/m^3)	1560
Tensile Strength (N/mm^2)	5800
Coefficient of Elasticity (N/mm^2)	270000
Extensibility (%)	2,15
Decomposition Tempurature (°C)	650
Coefficient of thermal expansion (10^{-6} °C^{-1})	-6
Weight of the net (kg/m^2)	0,144
Weight of the PBO fibres in the net (kg/m^2)	0,096

Table 1. Physical and mechanical properties of X Mesh Gold. Table furnished by Ruredil, S.p.a.

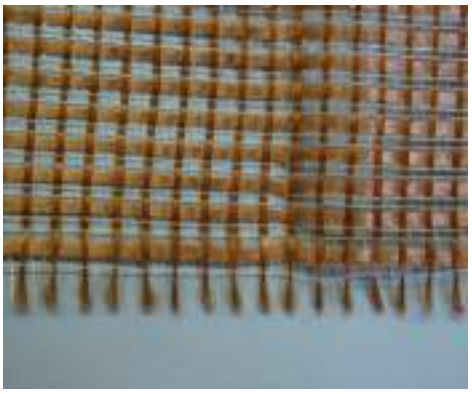


Figure 1. Close-up of the bidirectional fibre X Mesh Gold.

carbon) and metallic (steel). Glass, carbon and aramid fibres are well known in the construction sector, whereas X Mesh Gold and steel fibres are quite new to this sphere of application. X Mesh Gold is an organic fibre recently produced by the Italian company *Ruredil, Inc*. This fibre has a mixed composition (PBO), and is a gold coloured bidirectional fabric glued on to virtually no weight net (Fig. 1) with the characteristics listed in Table1.

The fact that the fibre is actually is the form of fabric makes it applicable to all surfaces, even curves as there are in arches which were the surfaces of the present study case. Its elevated mechanical characteristics makes this fibre appropriate for reinforcements in seismic areas, where carbon and glass are not advisable. As mentioned above, X Mesh Gold has a cementitous matrix, produced by Ruredil, which is compatible with masonry and cement structures.

The other advanced composite material used in this work is the steel fibre with the polymeric matrix, SRP (Steel Reinforced Polymer). This fibre is produced by the American company *Hardwire, llc*, which has the exclusive patent for steel fibres, and distributed in Italy by *MAPEI*. As all composite materials, to function correctly the fibre must adhere perfectly to its matrix, so as not to lose the structural function of the fibre. For this reason the strands of ultra-high tensile strength steel are twisted into cords with variable diameters, based on the number of strands used to make the cord and their original diameter. Hardwire currently produces three different types of cords, varying in diameter and number of strands. For this work 3×2Cord was used, made of three linear strands with two strands twisted around them, all of 0,35mm each. The advantages of this material are immediately apparent: its weight is circa 25% less than that of GFRP, and SRP is about 70% thinner. This fact should not be underestimated, especially if the reinforcement is to

TECHNICAL FACTS	*3×2 Cord*
Diameter of the fibres (mm)	0,35
Diameter of the cord (mm)	0,89
Tensile Fracture (kg)	157
Extensibility (%)	2,1

Table 2. Technical Facts of 3×2 Cord. Table furnished by Hardwire, llc.




Figures 2 and 3. Strips of 3 × 2 Cord steel fibre used in the tests.

be applied on historical structures where increase of weight is not advisable. Furthermore, SRP is sufficiently ductile to be utilized in seismic areas, as X Mesh Gold. Finally, steel fibres present the capability of being anchored and then subjected to a pre-tension before applying work loads to the structure, something that has never been done with any other fibre. Technical facts regarding the steel fibre are listed in Table 2.

2. Laboratory Tests

Tests on the two composite materials described above were carried out at the Experimental Laboratory of the University of Florence. Ten identical arches were built, all with a 180cm span, and width and height of 10cm. Nine of these arches were reinforced, three with X Mesh Gold and its cementitious matrix and six with SRP. Arch 01 was not reinforced and subjected to the application of an increasing load centred on the keystone which lead to the collapse of the structure at 65kg load. The tests were divided into three cycles, each performed on three arches per cycle.

2.1 Cycle 1

The first cycle of arches consisted in two tests. The first was performed by applying centred loads on the non reinforced arches 02, 03 and 04, increasing the load until they presented an isostatic structure with the opening of three hinges. The second test was carried out after arches 02, 03 and 04 had been reinforced with a 5cm wide strip of X Mesh Gold on the entire intrados, and then subjected to increasing centred loads applied on the keystone. In one case (arch 02) the arch collapsed at 432kg, after several hinges had opened throughout the structure, the fibre had almost completely ripped off of the intrados and there had been a noticeable lowering of the height of the keystone. In the other two cases (arches 03 and 04), the fibre was more less prone to ripping off the surface of the intrados and in the keystone there was a good amount of crushing of the bricks until the fibre ripped off in these isolated points. These two arches did not collapse, and instead they found a position of equilibrium in their deformed configuration.

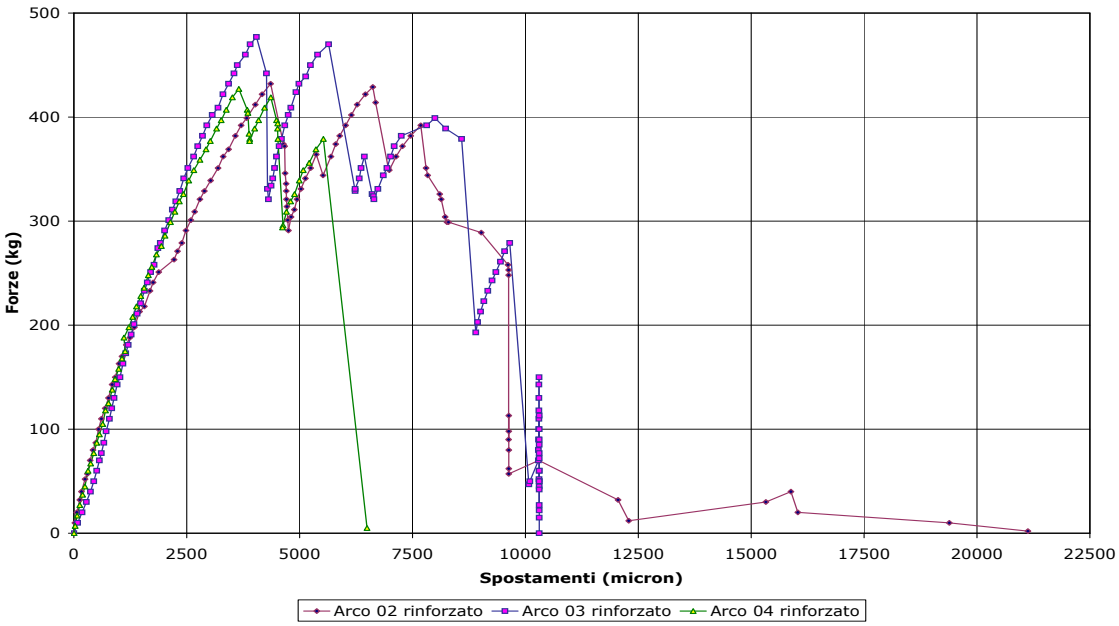
The behaviour illustrated by the tests performed in the first cycle shows that the fibre guarantees within certain load limits, in average about 430kg, the security of the structure, but not the integrity of the structure, since the compression that is applied on the fibre is much more than is supported by the masonry structure, which is crushed under such stress. This is obviously dangerous for structures with historical value, provoking more damage than necessary.



Figure 4. Photogram of arch 02 reinforced with X Mesh Gold instants before collapse.



Figure 5. Final position of arch 03 reinforced with X Mesh Gold.



Graph 1. Comparative diagram of lowering of the keystone in arches 02, 03 and 04, reinforced with X Mesh Gold fibre.

2.2 Cycle 2

The second cycle was performed on arches 05, 06 and 07 in identical manner to cycle 1, with the only difference of the type of fibre. In fact, after the three arches had been lead to their isostatic scheme, they were reinforced with a 5cm wide strip of steel fibre on the entire intrados. The results were clearly different form those of cycle 1, as in not one of the three arches collapsed. The fibre proved an excellent adherence to its matrix, and only in limited points of ripping did hinges in the arches appear. The maximum load supported by the arches was an average of 10 times the maximum load supported by non reinforced arches, that is circa 650kg. Every arch presented crushing under the centred load, destroying in fact the masonry, as happened with the organic fibre in the first cycle. The tests show that the arch reinforced with steel fibre changes its behaviour from that of a masonry arch to that of a steel arch with bricks and mortar glued on top of it, not giving way even under elevated loads, and snapping at an acute angle when it has reached its maximum resistance. The steel fibre guarantees security of the structure subjected to these types of loads, for the arch does not collapse but it rests on its steel reinforcement, which presents an adequate ductility in these tests. The integrity of the masonry structure is instead not guaranteed, as the crushing of the keystone bricks commences as soon as the load is greater than their resistance to compressive strength (about 420kg/cm^2).

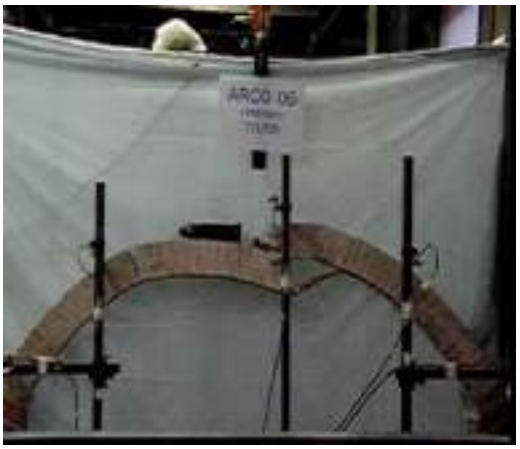
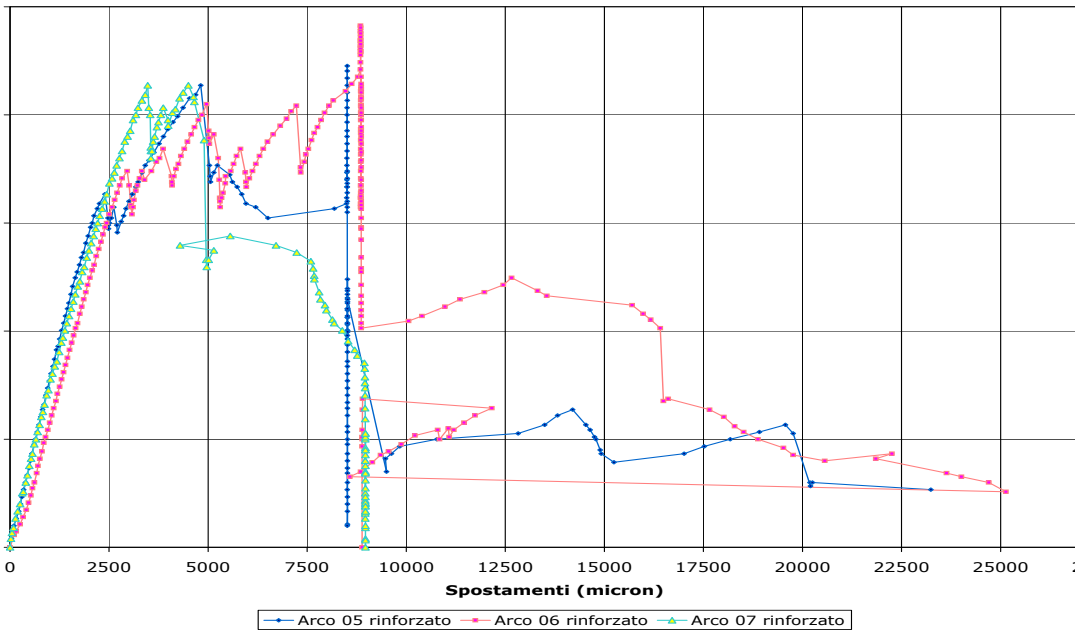


Figure 6. Final position of arch 06.



Figure 7. Final position of arch 07.



Graph 2. Comparative diagram of lowering of the keystone in arches 05, 06 and 07, reinforced with steel fibre.

2.3 Cycle 3

The third cycle was not performed with loads applied on the keystone but rather with horizontal displacements applied at the left impost. Only arches 08 and 09 were first lead to their isostatic scheme before being reinforced, while arch 10 was directly reinforced, considering that presumably it would have behaved in the same way when subjected to displacements not reinforced. The three arches were reinforced with a strip of steel fire 5cm wide on the entire intrados, and arch 09 had two 10cm strips placed on the intrados and the extrados of each impost. The results of the tests performed on the reinforced arched were all the same, even for arch 09 that had anchoring strips: the arches lost completely their ductility, behaving as steel arches, and therefore concentrating all stresses at the imposts, collapsing at values of displacements equal to about 6% of the total span of the arch, not showing any kind of fracture throughout the rest of the structure. These tests were compared to tests done in a previous work[2] where the arches were reinforced with carbon fibre fabric. The results show that displacements in carbon fibre reinforced arches were possible up to 15% of the total span before the structure collapsed. Clearly, the carbon fibre fabric is more ductile, and allows the arch to distribute stresses throughout the whole structure by opening hinges if necessary, without causing collapse.

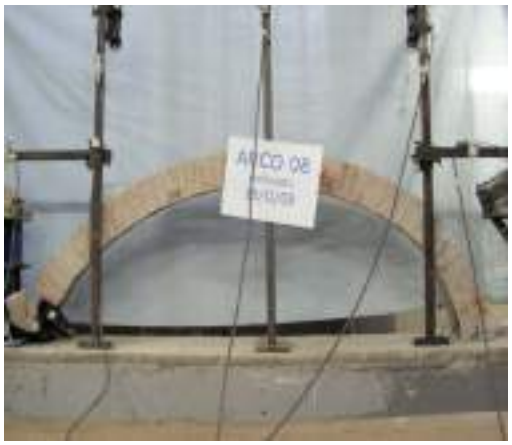
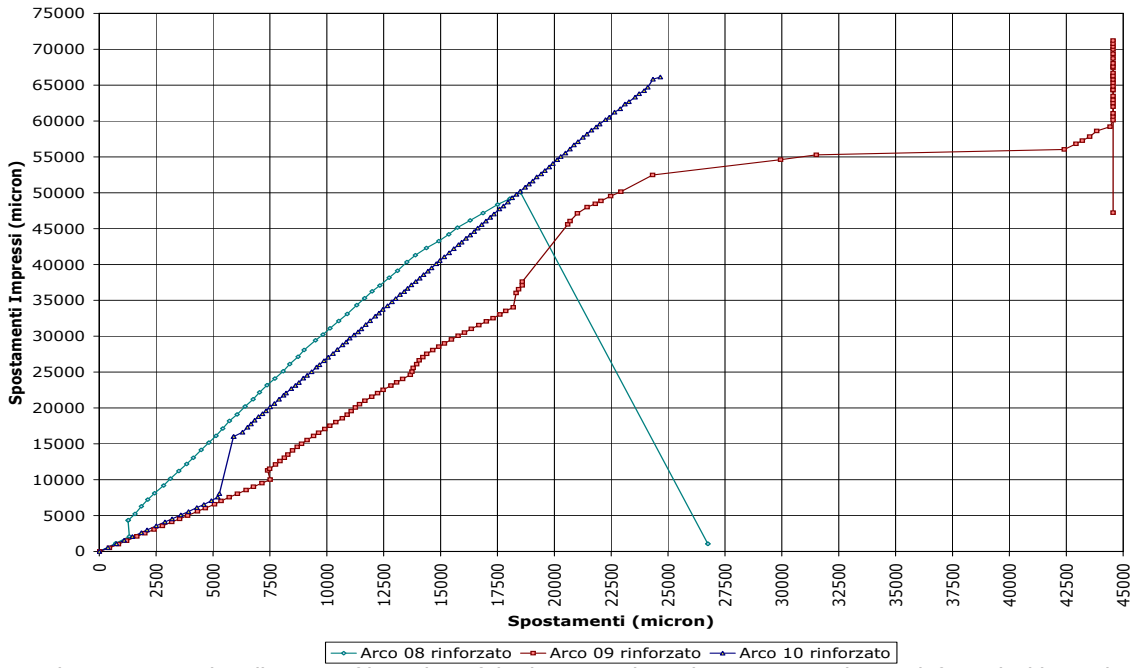


Figure 8. Crollo arco 08 rinforzato.



Figure 9. Final Position of arch 09.

2 Pieri, C. *Analisi teorico-sperimentale su archi in muratura consolidati con C.F.R.P. soggetti a carichi e cedimenti vincolari*, Dissertation for degree at the Faculty of Architecture of the University of Florence, academic year 2001/2002.



Graph 2. Comparative diagram of lowering of the keystone in arches 08, 09 and 10, reinforced with steel fibre.

Conclusions

The tests lead to some interesting deductions regarding the applicability of steel fibres on masonry arches. In the case of horizontal displacements, carbon fibre reinforcements are advisable more than steel fibres. Carbon fibres are more ductile, therefore preventing the two hinges at the imposts and distributing stresses throughout the whole structure. On the contrary, steel fibres absorb all the stresses of the arch preventing any kind of hinge or fracture, but at the same time causing collapse for accumulation of stress at the weak points, that is to say at the imposts. In the case of arches subjected to loads, the steel fibre gives excellent results, not allowing for collapse even for loads greater than the maximum load. This is not the case with the organic fibre X Mesh Gold, where collapse is possible at less than nine times the maximum load of non reinforced arches. These are only the first results of an experimental campaign which will be carried out on a larger data basis.

References

[1] Borri, A., Castori, G., Giannantoni, A., Gori, B. “Interventi di Rinforzo e di messa in sicurezza su archi in muratura con nastri di SRG pretesi”, *ANIDIS 2007, XII convegno, L’Ingegneria Sismica in Italia*, Pisa, 10-14 giugno, 2007.

[2] Borri, A., Castori, G. “Interventi con SRG sulle volte di Palazzo Jacobilli in Foligno”, *ANIDIS 2007, XII convegno, L’Ingegneria Sismica in Italia*, Pisa, 10-14 giugno, 2007.

[3] Briccoli Bati, S., Rovero, L. “Consolidation of masonry arches with Carbon-Fiber Reinforced Plastics”, *12th International BRICK/BLOCK Masonry Conference*, Madrid, 25-28 giugno, 2000.

[4] G. Fonseca, A. Pirollo, “Materiali compositi: stato dell’arte e prospettive di sviluppo della tecnologia della pultrusione”, Università degli Studi di Cassino, 1991.

[5] Minguzzi, G. *Fiber Reinforced Plastics. Utilizzo dei materiali compositi a matrice polimerica in edilizia civile*, Firenze, Alinea Editrice, 1998.

[6] Pieri, C. *Analisi teorico-sperimentale su archi in muratura consolidati con C.F.R.P. soggetti a carichi e cedimenti vincolari*, Dissertation for degree at the Faculty of Architecture of the University of Florence, academic year 2001/2002.

LOCALIZACIÓN DEL FOSO DE LA MURALLA CRISTIANA DE VALENCIA MEDIANTE LA TÉCNICA NO DESTRUCTIVA DEL GEORRADAR EN EL ENTORNO PRÓXIMO DEL PORTAL DE QUART.

Ramírez M. [(1)]; Benlloch J. [(1)], García F. [(2)], Martínez R. [(3)], Rodríguez I. [(1)]
(1) Dpto. Construcciones Arquitectónicas, (2) Dpto. Geodesia, (3) Dpto. Física Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España.

mramirez@csa.upv.es [(1)], jabenllo@csa.upv.es [(1)], fgarciag@trr.upv.es [(2)], rmsala@fis.upv.es[(3)], isrodab@aaa.upv.es [(1)]

ÁREA TEMÁTICA: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL. INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra el resultado del estudio geofísico realizado con el objeto de localizar los posibles restos del foso de la muralla cristiana de Valencia en el entorno próximo de las Torres de Quart (S XV) y determinar la geometría del talud de la cimentación de las torres. Estas torres eran un antiguo portal de la muralla y es hoy en día uno de los monumentos más singulares y representativos de la ciudad de Valencia (España). En este estudio geofísico se empleó el equipo de georradar GSSI modelo SIR-3000, con antenas de frecuencia de 100 MHz y 200MHz. Para el estudio del talud de cimentación de las Torres se realizaron los perfiles en el perímetro de éstas y se adoptaron distintos rangos de medición de 100 ns hasta 150 ns. Los perfiles realizados en el entorno de las torres para localizar los restos del foso de la muralla se midieron con rangos de 200 y 350 ns. Los resultados del estudio mostraron que no se podía extraer ninguna conclusión en cuanto a la geometría del talud de la cimentación de la torres, ya que no se apreció evidencia alguna de su existencia en los radargramas, pero si se pudo conocer que en el suelo de éstas no existía ningún hueco, ni elementos enterrados. Así mismo, se detectó y localizó con gran claridad los restos del foso de la antigua muralla cristiana en el entorno próximo de las torres apreciándose incluso la existencia de una canalización que discurre por el fondo del mismo.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo ha sido el de dar apoyo geofísico al estudio de localización de los posibles restos de la muralla cristiana de Valencia en el entorno próximo del portal de las Torres de Quart, siendo éstas uno de los monumentos más singulares de la ciudad de Valencia (España). Para evitar en la medida de lo posible actuaciones invasivas en la fase de búsqueda y estudio se ha aplicado esta técnica geofísica aplicada en otros casos de estudio en la ciudad de Valencia de forma exitosa en diferentes estudios de patrimonio [1], [2], [3].

A lo largo de su historia la ciudad de Valencia ha tenido 3 murallas: la romana, islámica y cristiana. La muralla cristiana se construyó a mediados del siglo XIV para defender la ciudad en el contexto de la Guerra entre Aragón y Castilla. La muralla del siglo XIV sirvió para defender tanto a los barrios extramuros como a los numerosos conventos asentados fuera de la vieja muralla islámica. Ésta supuso una colosal obra, construida en 7 años, con un perímetro de más de 5000 m, de los cuales apenas quedan hoy restos visibles.

En el siglo XV y bajo el gobierno de Alfonso III el Magnánimo, Valencia vivirá el momento más esplendoroso de su historia. Se convertirá en la ciudad más poblada, cosmopolita, rica y potente de la Corona de Aragón, basándose en el comercio. Y en 1442, el mismo año que el rey conquista Nápoles bajo el sufragio económico de Valencia, se comienza la construcción del nuevo portal de Quart. La muralla cristiana se refleja en el primer plano topográfico de la ciudad de Valencia (Mancelli, 1608) y en él se observan los doce portales que tenía la muralla: Portal de Sant vicent, de Serrans, de Torrent, de la Trinitat, de Sant Joan, del Reial, de Quart, de la Mar, del Tints, de Sant Andreu, Nou, de Russafa, llegando a durante los siglos XVI y XVII a tener 15 portales.

La escenografía que Valencia presentaba en el siglo XVI siempre tuvo en su fachada norte la cara más destacada. En concreto el portal de Quart, pese a o formar parte de la fachada norte, se remonumentalizó al tratarse del portal de acceso a Castilla.

La Conselleria de cultura la declaró la muralla Bien de Interés Cultural y actualmente se respetan e integran los restos conservados. En cuanto a los portales, sólo se mantienen en pie el de Serranos y el de Quart. Es en 1865, el gobernador Cirilo Amorós daba orden del derribo de la muralla medieval. Con el derribo de esta muralla se dio paso al desarrollo del Ensanche del arquitecto Mora y a las nuevas edificaciones modernistas de la ciudad.



Figura 1. *Vista Panorámica del Portal de las Torres de Quart.*

Las Torres de Quart fueron construidas por el arquitecto Pere Bonfill en el siglo XV, entre los años 1441 y 1460. El estilo de las Torres es neogótico o gótico tardío militar, imitando a las Torres del Castell Nuovo de Nápoles, diseñado por el mallorquín Segrera. A partir del 1626 y hasta el siglo XVIII se alojó en su interior la cárcel de mujeres. Hasta el 1874 se les llamaba las Torres de la Cal porque la cal con la que se encalaba las casas de Valencia debía entrar por la puerta situada entre las dos Torres. En 1931 fueron declaradas Monumento Nacional.

3.- MATERIAL Y MÉTODO

El georradar es una técnica de prospección geofísica no destructiva que permite realizar estudios de alta resolución de las zonas superficiales del subsuelo. Su resolución supera notablemente a la de cualquier método geofísico clásico (como los geoeléctricos, sísmicos, magnéticos y gravimétricos).

La prospección con georradar se basa en la emisión de una onda electromagnética de alta frecuencia y su propagación por un medio heterogéneo que suele ser el subsuelo terrestre. La incidencia de esta energía en las heterogeneidades del medio provoca fenómenos de reflexión, refracción y de difracción. La fracción de energía electromagnética reflejada, refractada o difractada, tras su propagación por el medio material, puede ser detectada por una antena receptora. De modo que con este método de prospección lo que se detecta son los cambios en las propiedades electromagnéticas de los materiales del subsuelo, ya que son los parámetros electromagnéticos y las características de la onda emitida, las que determinan la propagación de la energía por el medio.

Las características del georradar tales como la rapidez, la alta resolución, la direccionalidad, el rango de profundidades de penetración, el carácter no destructivo y la sencillez de los procedimientos de campo lo convierten en una técnica idónea para estudios en el ámbito del Patrimonio Histórico-Artístico donde se ha de actuar en todo momento de forma respetuosa con el conjunto arquitectónico y sus elementos constructivos [4],[3].

En este estudio geofísico se ha empleado el equipo de georradar GSSI modelo SIR-3000, con antenas de frecuencia de 100 MHz y 200MHz para estudiar tanto el talud de cimentación de las Torres como la ubicación o posibles restos de la muralla cristiana en el entorno del portal.



Figura 2. *(a) Momento de medición de uno de los perfiles de georradar en la zona perimetral de las Torres. (b) Unidad central SIR-3000 del equipo de georradar.*

En primer lugar, en el estudio de los taludes de las Torres se empleó la antena de 200 MHz. Se han estudiado dos áreas tal como vemos en la figura 3(a), por una parte están los 3 perfiles de 10 m de longitud realizados en la zona de acera existente entre las Torres (perfiles F1-F3). La otra zona estudiada ha sido el lateral de la Torre derecha donde se midieron 2 perfiles de 15 m de longitud (F4, F5).

Los perfiles realizados para localizar los restos de la muralla cristiana se muestran en la figura 3(b), siendo un total de 4 cuyas longitudes están en torno a los 28.5 m. En cada uno de los perfiles de georradar, dependiendo de la zona estudiada y de la antena empleada, se adoptaron distintos rangos de medición de 100 ns hasta 150 ns en la zona perimetral y de entre 200 y 350 ns en la localización de los restos de la muralla.

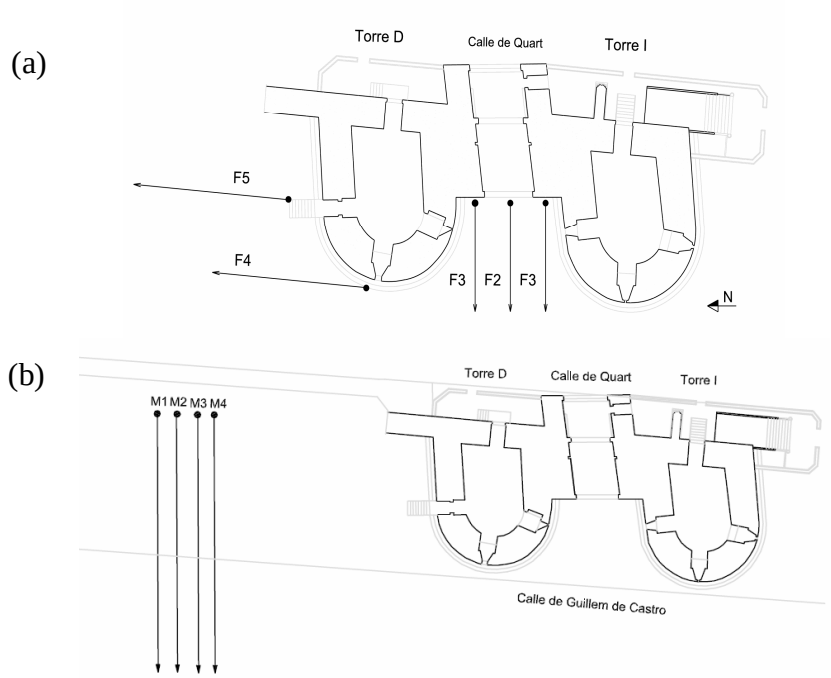


Figura 3. *(a) Situación de los perfiles en la zona perimetral; (b) Situación de los perfiles de localización del foso de la muralla.*

El procesado y análisis de los registros de campo se ha realizado con el programa RADAN-NT. Basándonos en estudios previos geofísicos realizados en el subsuelo de las Torres [5] se ha determinado el valor de la constante dieléctrica del subsuelo obteniéndose un rango de la misma de ε=12-14. Asimismo, se han aplicado diversos filtros, deconvolución y en algunos casos migración y transformada de Hilbert con el objetivo de llevar a cabo un análisis detallado de las distintas estratigrafías que componen el subsuelo y el análisis de las anomalías que se han presentando. De esta manera se han obtenido, fundamentalmente, los resultados que se exponen en el siguiente apartado.

4.- RESULTADOS

Como ya se ha demostrado por diversos autores la técnica de georradar es muy resolutiva en casos como el que nos ocupa [6], [7]. A continuación vemos los principales resultados deducidos de su empleo.

En la zona perimetral de las Torres a lo largo de los aproximadamente 15 m de longitud de los perfiles estudiados y hasta la profundidad total analizada que en este caso ha sido de 6.5 m, se detectan una serie de horizontes o reflectores: un primer estrato de 0.5 m de espesor, un segundo de 1.4 m, un tercero de 5.4 m y el último que se extiende hasta la profundidad de análisis (figura 4). Estos estratos podrían corresponder con las capas del relleno de un posible foso perimetral de carácter defensivo. En esta zona no se han encontrado anomalías que puedan ser relevantes, ni se han registrado eventuales estructuras enterradas.

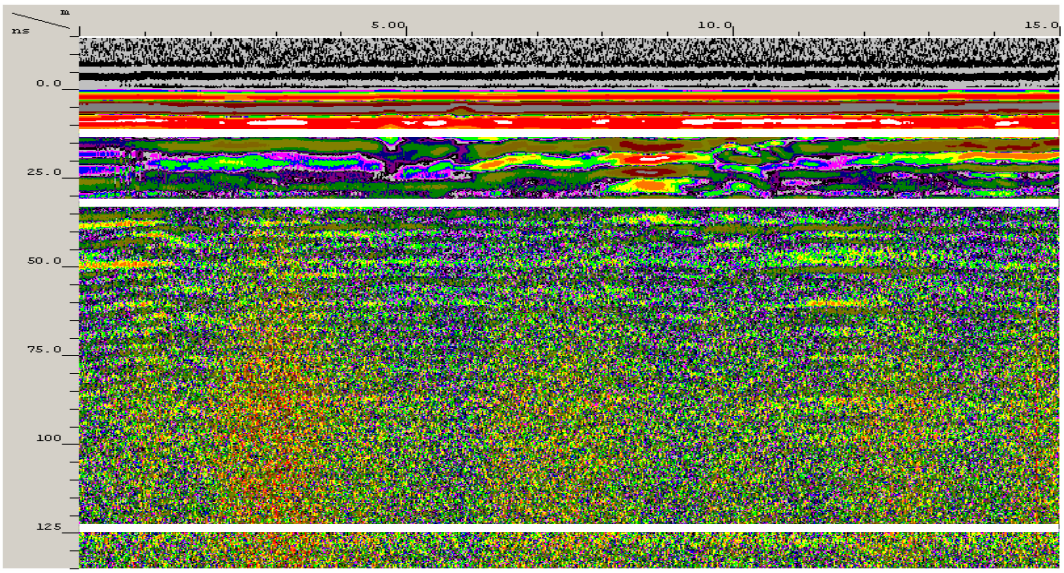


Figura 4.- *Perfil F5 de la zona perimetral, realizado con la antena de 200 MHz. En este perfil se aprecian los reflectores situados a 12 ns (0.5 m), 32 ns (1.4 m) y 125 ns (5.4 m).*

En cuanto a la localización de la antigua muralla cristiana, se ha alcanzado mayor profundidad y se comprueba como en el M4 como se ha registrado la sección del antiguo foso de la muralla cristiana, con una conducción en su parte central y taludes en sus laterales, cuya profundidad máxima es de 8.1 m (figura 5).

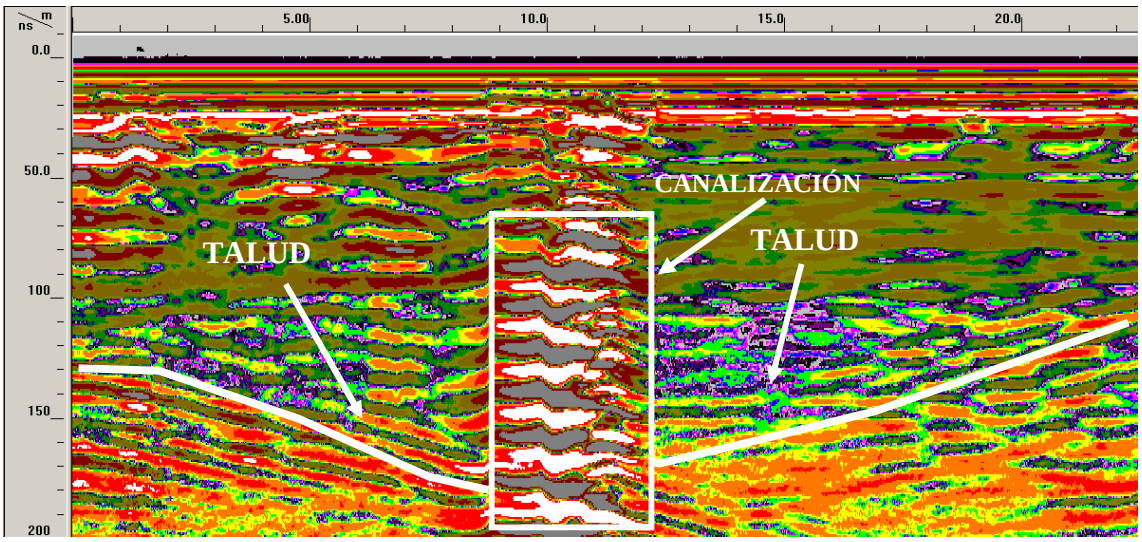


Figura 5.- *Perfil M4 de la zona perimetral, realizado con la antena de 200 MHz. En este perfil se aprecian una sección del foso de la muralla cristiana, donde se observa en su parte central la canalización abovedada de fábrica de ladrillo, cuyo inicio está sobre los 80 ns (3.5 m) y en sus laterales los taludes llegan a una profundidad de 180 ns (8.1 m).*

5. CONCLUSIONES

Después del análisis realizado se puede concluir que la técnica no destructiva de georradar es una excelente herramienta de apoyo tanto para los estudios previos de los proyectos de conservación y de rehabilitación de monumentos históricos como para la localización de estructuras antiguas enterradas todo ello sin provocar daño alguno, ni perturbación sobre el monumento a estudiar. En el caso concreto de las Torres de Quart nos ha permitido conocer que en el suelo de éstas no existe ningún hueco, ni elementos enterrados, así como la proximidad y confirmación de los restos de la antigua muralla cristiana.

6. REFERENCIAS

[1] F. García, M. Ramírez, C. Ballester y J. Benlloch, “Study o the archaeological structures of the subsurface in churches of the Society of Jesus, city of Valencia (Spain), derived from the GPR technique”. Actas del 10th international Conference on Ground-Penetrating Radar, 2004. Delft, Paises Bajos.

[2] F. García, M. Ramírez, I. Rodríguez, R. Martínez, I. Tort, J. Benlloch, J. L. Montalvá, “GPR technique as a tool for cultural heritage restoration: San Miguel de los Reyes Hieronymite Monastery, 16th century (Valencia, Spain), 2007, Journal of Cultural Heritage, 8, 87-92.

[3] V. Pérez, ”Radar del subsuelo. Evaluación en arqueología y en patrimonio histórico-artístico”. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

[4] F. García, “ Aplicaciones de la técnica geofísica de prospección por geo-radar en ingeniería civil y glaciología”. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, 1997, Barcelona, España.

[5] M. Ramírez, F. García, I. Tort, I. Rodríguez, R. Martínez, V. Pérez, J.L. Montalvá, R. Capuz, J. Benlloch, ”Estudio geofísico preliminar en la rehabilitación de las “Torres de Quart”

(siglo XV, Valencia, España)". Actas de la 5ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica, 2006, Sevilla, España.

[6] F. García, M. Ramírez, J.L. Montalvá, I. Rodríguez, R. Martínez, I. Tort, J. Benlloch, R. Capuz, "High resolution methods for detecting the Moorish moat beneath La Lonja (15th c, Valencia, Spain)". Actas del 12th European Meeting of Environmental and Engineering Near Surface Geophysics, 2006, Helsinki, Finlandia.

[7] I. Tort, J. L. Montalvá, I. Rodríguez, R. Martínez, F. García, M. Ramírez, "La técnica del georradar integrada en la restauración y conservación del patrimonio arquitectónico y cultural". Actas del I Congreso Internacional de Patrimonio e Historia de la Ingeniería, 2006, Las Palmas de Gran Canarias, España.

LA ENCARNACIÓN DE ALONSO CANO EN LA CATEDRAL DE GRANADA: ESTUDIO FORMAL E ICONOGRÁFICO[1].

M.A. León-Coloma(1) , L.R. Rodríguez-Simón(2)
(1) Departamento de Patrimonio Histórico. Universidad de Jaén. Campus las Lagunillas s/n 23071 Jaén
(2) Departamento de Pintura. Facultad de Bellas Artes. Universidad de Granada. Avda de Andalucía s/n, 18071 Granada, España

maleon@ujaen.es(1) lrsimon@ugr.es(2)

ÁREA TEMÁTICA: INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

Precisamente porque la Anunciación o Encarnación fue un tema recurrente en la producción pictórica y dibujística de Alonso Cano, sorprenden más las singularidades compositivas y las innovaciones iconográficas que incorpora la versión que realizara para la capilla mayor de la Catedral de Granada, dentro del programa de siete lienzos dedicado a la vida de la Virgen[2]. En tal sentido, el venecianismo inherente a sus recursos técnicos[3], está también en la base de soluciones formales, compositivas e iconográficas adoptadas por el pintor granadino a partir del profundo conocimiento que pudo tener, por su privilegiada posición en la corte, de las colecciones reales, especialmente ricas, ya desde el siglo XVI, en obras de Tiziano y de otros pintores venecianos. Influjos asumidos también desde su irrenunciable afición por la estampa que le procuraría el conocimiento de otras obras inaccesibles. Pero en uno y otro caso, influjos asumidos desde la propia reelaboración personal, desde una actitud eminentemente dialéctica frente al prototipo admirado, alimentada por su proverbial talante discursivo y sus cultos intereses literarios[4].

La obra fue la primera del ciclo que Cano realizaría, entre mediados de mayo y mediados de agosto de 1652[5], poco después de la toma de su ración en la Catedral de Granada. La composición, netamente barroca, se organiza a través de dos grandes diagonales de discurso zigzagueante que unen las manos del arcángel y de la Virgen con el rayo de luz emitido desde el foco que irradia desde la bóveda de querubines que abre el rompimiento de gloria. Idealismo y naturalismo, polos entre los que bascula la poética formal del Racionero, sirven para formular sin contradicción alguna las dos figuras protagonistas. La de la Virgen se resuelve con una *serpentinata*, sin que postura tan compleja evidencie artificiosidad alguna en su formulación, sólo una sinuosa elegancia ilustrativa de la mejor *sprezzatura*[6]. Con una postura menos formalizada, el arcángel comparece reverencialmente arrodillado, exhibiendo unas bellísimas alas que, acreditando un atento estudio de la naturaleza, hubieran satisfecho los intereses científicos de un Leonardo.

La complejidad de esta composición viene dada por la alineación oblicua al plano figurativo de las dos figuras, a diferencia de la disposición paralela que suscriben en otras versiones del

1 Este estudio ha sido viable gracias a la financiación obtenida del proyecto de I+D “Aplicación de nuevas tecnologías científicas aplicadas al estudio de la pintura y escultura de Alonso Cano en Granada”. Referencia: HUM2006-09262.
2 A. Calvo Castellón ha destacado al respecto “el importante avance que la obra supone respecto de precedentes versiones “en lo iconográfico y en la articulación del espacio” (“El espacio como emblema, sugerencia y metáfora en la pintura de Alonso Cano”, Symposium internacional Alonso Cano y su época, Granada, 2002, p. 97).
3 Puesto en evidencia por el análisis científico practicado a este cuadro, objeto de otra comunicación presentada a este congreso.
4 “Su deleite y gusto era gastar lo más del tiempo en discurrir sobre la pintura, y en ver estampas y dibujos”. Jusepe Martínez, Discursos practicables del nobilísimo arte de la pintura, IX, ed. de M. E. Manrique Ara, Madrid, 2006, p. 238. B. Navarrete Prieto, “Hipótesis de reconstrucción de la biblioteca de Alonso Cano”, Alonso Cano: Espiritualidad y modernidad artística, Granada, 2001, pp. 153-155.
5 Como afirmó ya M. E. Gómez-Moreno (Alonso Cano, Madrid, 1954, pp. 16, 27) y precisó documentalmente E. Orozco, “Los grandes lienzos de Cano en la Catedral de Granada”, Centenario de Alonso Cano en Granada. Estudios, Granada, 1969, p. 355.
6 La figura de la Virgen mereció a H. E. Wethey un desafortunado juicio: “un tanto amanerada debido a un contrapposto exagerado” (Alonso Cano, pintor, escultor y arquitecto, Madrid, 1983, p. 69).

artista: dibujos de colección particular de Sevilla y colección Boix (Madrid)[7]. Esta solución, apenas insinuada en el dibujo del Museo del Prado, preparatorio del óleo de la Catedral de Getafe, vino sin duda forzada por el estrecho y alargado formato del lienzo (4,52 x 2,52 m.). Con la intención de atenuar la acusada tensión vertical que imponía su excesiva altura, el pintor introdujo en cuatro de los lienzos de esta serie un gran escalón en la base que recortaba el espacio figurativo, al tiempo que servía de transición y enlace entre la ficción representada y la realidad arquitectónica de los arcos de la capilla mayor que los enmarcan[8]. En el de la *Encarnación*, por ende, la superposición de una tarima alfombrada, paralela al plano pictórico, rectifica aún más el formato del lienzo, intensificando, en consecuencia, la diagonal que sirve para articular el tema. Pero, independientemente de los beneficios procurados a la composición, esta tarima es un recurso utilizado por el pintor en otras representaciones del misterio, sirviendo para situar a las dos figuras en planos de desigual altura y subrayar, en consecuencia, la primacía iconográfica de la Virgen respecto del arcángel[9]. Solución ya utilizada por Tiziano en la *Anunciación* que regalara a la emperatriz Isabel, obra que nuestro pintor tuvo que admirar durante su estancia en la corte. Hoy perdida, la versión del pintor veneciano consta documentada al menos hasta 1778 en la capilla del Palacio Real de Aranjuez[10], siéndonos conocida por la estampa de Giovanni Jacopo Caraglio.

Frente a otros lienzos de esta misma serie, frente a las otras versiones sobre el mismo tema, Alonso Cano ha planteado el espacio restringiendo al máximo las referencias materiales. Han desaparecido el baldaquino del dibujo del Museo del Prado, la balaustrada del dibujo de la Colección Boix o la baranda del lienzo del Museo Goya de Castres; cierres estos que permitían, como en la *Anunciación* del Veronés en el Monasterio de El Escorial[11], otra versión veneciana que Cano debió conocer igualmente, establecer una transición entre el espacio interior de la alcoba de María y un exterior abierto a imprecisos paisajes. Sólo permanece la tarima escalonada, recubierta por una lujosa alfombra orientalizante, y el reclinatorio que, inalienable de la meditación piadosa de María interrumpida por la salutación del arcángel, aparece con frecuencia en la iconografía occidental del tema, a diferencia de la oriental que presenta a la Virgen hilando. Una actividad, la de la oración, no consignada por el *Evangelio*, tal como reconocía Gabriele Paleotti que, tan riguroso en la justificación de los temas representados a partir de las fuentes canónicas, acababa por rendirse a la evidencia de una secular tradición iconográfica: “Tutti i pittori l’hanno sempre raffigurata in ginocchio nell’atto di pregare, e così probabilmente ci dobbiamo persuadere che debba essere stato”[12]. Pero lo cierto es que también la propia literatura religiosa había sancionado la oración de la Virgen en el momento de la Anunciación. Una de las más antiguas *Vidas de María*, la redactada por Epifanio de Constantinopla, que vivió entre finales del siglo VIII y principios del IX, la describe “rezando en ayunas”[13]. Anteriormente, san Ambrosio y san Agustín la imaginaron meditando la profecía de Isaías: *Ecce Virgo concipiet*[14]. Contemporáneamente a la realización del lienzo, sor María de Ágreda recreaba al arcángel Gabriel, “mancebo elegantísimo y de rara belleza”, “acompañado de muchos millares de ángeles hermosísimos”, irrumpiendo en “el estrecho aposento, desnudo de los adornos que usa el mundo”, de la humilde casa de Nazaret, donde se hallaba la Virgen en oración[15].

Tanto el reclinatorio, un elaborado mueble de ebanistería[16], como la lujosa alfombra, desacreditan en el lienzo de Cano la pretendida humildad de la morada de la Virgen, rara vez satisfecha por los

7 Dibujos de colección particular de Sevilla y colección Boix (Madrid). Publicados por F. J. Sánchez Cantón, Dibujos españoles, IV Alonso Cano, Madrid, 1930, nº 308 y 317, figurando entonces el primero en la misma colección Boix. *Vid*. Alonso Cano: Dibujos, Madrid, 2001, nº 18.

8 Tal como advirtió ya E. Orozco, Op. cit., pp. 362-363.

9 Aparece en el lienzo de Getafe, en su dibujo preparatorio del Museo del Prado y en el dibujo de colección particular sevillana.

10 F. Checa, Tiziano y la Monarquía Hispánica, Madrid, 1994, p. 65.

11 El lienzo fue encargado por Felipe II al pintor veneciano con destino al altar mayor de la Basílica, si bien un replanteamiento iconográfico del mismo acabaría sustituyéndolo por una Adoración de los Pastores de Tibaldi, pasando aquél a decorar el Aula de Moral o de la Escritura. F. Checa, Op. cit., 123a.

12 Discorso intorno alle immagini sacre e profane (1582), Ciudad del Vaticano, 2002, p. 120.

13 Vida de María, ed. de G. Pons Pons, Madrid, 1996, pp. 68-69

14 Testimonios invocados por Pacheco a partir del Flos Sanctorum de Alonso de Villegas (El arte de la pintura, ed. de B. Bassegoda y Hugas, Madrid, 1990, p. 593 y n. 10).

15 Mística ciudad de Dios. Vida de María, III, 10, ed. de C. Solaguren, Madrid, 1992, pp. 387, ss.

16 La estructura troncopiramidal de lados achaflanados del reclinatorio es la misma de la citada versión dibujada de colección sevillana, incorporando el querubín enmarcado por una guirnalda que también decora la versión del Museo del Prado.

pintores, hasta el punto de suscitar las oportunas censuras iconográficas de los teólogos contrarreformistas. El propio Paleotti se manifestaría en tal sentido, esgrimiendo como argumentos la sencillez natural de María y el testimonio de la Santa Casa de Loreto[17].

Por lo demás, el elevado emplazamiento del cuadro obligó al pintor a plantear una composición de *sotto in sù*, tan recurrente en la pintura veneciana, que obvia el suelo, omitiendo también cualquier otra indicación vectorial o líneas de recesión que hubiera podido introducir una arquitectura inexistente en el lienzo. La ficción espacial se recrea así mediante recursos netamente venecianos[18], desafiando la trama racional del espacio geométrico y mensurable de la construcción perspectiva y oponiéndole una intensa sombra en la que apenas se vislumbra el jarrón con azucenas. Tras él, la ausencia más absoluta, el vacío desconcertante que impone la penumbra, sugiriendo un espacio indeterminado que reclama del espectador una participación activa para reconstruir no ya racionalmente, sino intuitivamente, el contexto físico en el que acontece el misterio.

Iconográficamente, la composición de Cano es en general bastante respetuosa con las prescripciones de su maestro Pacheco[19], salvo por la posición erguida de la Virgen que el tratadista había censurado a propósito de Miguel Ángel, que "puso a la Virgen en pie como que quiere huir del ángel"[20]. En realidad, la representación de María con el brazo extendido ante el arcángel, en la versión del artista florentino que Pacheco debió conocer por el grabado de Nicolás Béatrizet[21], lejos de ser un gesto indicativo de fuga, recrea una solución expresiva bien conocida de la tradición clásica, la *adlocutio*, con la que Buonarroti traducía plásticamente la aceptación verbalizada por parte de la Virgen del mensaje divino y, consecuentemente, la inmediata consumación de la Encarnación misma[22].

También suscribe Cano las indicaciones del pintor y tratadista de Sanlúcar de Barrameda a propósito de la posición de las manos: "Tenga Nuestra Señora las manos puestas, o cruzados los brazos, como diciendo las últimas palabras: *Ecce ancilla Domini*, pues, acabadas de pronunciar, se obró el sacrosanto misterio de hacerse Dios hombre en sus entrañas". A este respecto, Pacheco censuraría también la versión de Tiziano para San Salvatore de Venecia, que conocería mediando el grabado de Cornelis Cort, por representarla "haciendo melindre de quererse cubrir con la toca cuando entra" el arcángel. La acción de levantarse el velo que Tiziano, al parecer, tomó de un relieve del siglo IV de la colección Grimani, ha sido interpretada por la moderna historiografía como "una actitud de completa aceptación del acontecimiento"; o incluso, más ajustadamente, como un medio de subrayar la *conceptio per aurem*[23].

Respecto del arcángel, Pacheco se había manifestado incómodo con las citadas versiones de Miguel Ángel y Tiziano por mostrarlo "muy desnudo". El del primero presentaba el torso descubierto, y el del segundo sólo los brazos. El de Alonso Cano, revestido con túnica blanca y reverentemente arrodillado ante la Virgen, hubiera suscitado el *placet* del pacato tratadista, salvo quizá por el pie desnudo que, escorzado y en primer término, exhibe la planta ostentosamente en una evocación indudablemente caravaggesca o riberesca. Es en la figura del arcángel donde el pintor introduce una interesante innovación iconográfica al representar sus alas abatidas. Tal solución, que no aparece en las versiones de Getafe y Castres, ni en las de los dibujos conservados, obedece fundamentalmente a razones compositivas. Las alas, dispuestas así, no compiten ni interfieren con el económico y efectista juego de diagonales que tan legible hacen el cuadro desde su elevado emplazamiento. Por otra parte, de haberlas desplegado enhiestas, hubieran irrumpido en la gloria que se abre en la zona superior, arrebatándole protagonismo a la densa oscuridad que se cierne bajo ella. Aún siendo tan evidente esta sumisión de la iconografía del arcángel a los imperativos de la composición, tal innovación resulta tan expresiva desde el punto de vista iconográfico que es difícil no evocar consecuencias semánticas. Obviamente, las alas así dispuestas subrayan la sumisión absoluta del arcángel ante quien es ya la madre de

17 Op. cit., p. 178.
18 Vid. D. Rosana, "Tiziano y el espacio virtual", Tiziano, Madrid, 1991, pp. 94-95
19 Ya advertida por A. Calvo Castellón, "La iconografía mariana de Alonso Cano en el programa catedralicio granadino a través de los textos sagrados y las recetas de Francisco Pacheco", Cuadernos de Arte e iconografía, IV-7, 1991.
20 Op. cit., p. 594.
21 Como presupuso B. Bassegoda en F. Pacheco, Op. cit., cap. 12, n. 15.
22 Pacheco recomienda colocar arrodillados a ambos personajes, lo que sin embargo él mismo había eludido presentando de pie al arcángel en su versión del Museo de Bellas Artes de Córdoba.
23 D. Rosana, "El arte narrativo de Tiziano: sacro y profano", Tiziano, ed. De Miguel Falomir, Madrid, 2003, p. 58.

Dios. La reverencia de Gabriel viene prefigurada, como no podía ser de otro modo, por la colorista y rica en anécdotas literatura mística: el Pseudo Buenaventura, a fines del siglo XIII, relata cómo el arcángel, encarnado el Verbo, "hincó la rodilla a su Señor, y a poco rato se levantó inclinándose otra vez hasta el suelo, y desapareció"[24]. Isabel de Villena, en su *Vita Christi* (1497), suma a la postración del mensajero la adoración, una vez consumada la Encarnación: "E Gabriel e els altres àngels qui ab ell eren, coneixent ja la senyora ésser prenyada, e lo Fill de Déu vestit de carn humana dins les sues entràmenes tancat, prostrats en terra adoraren sa Majestat…"[25]. También María de Ágreda imagina al arcángel haciendo una profunda reverencia a quien reconoce "como a su Reina y Señora"[26]. Y es que, como Miguel Ángel y Tiziano, Cano se muestra interesado por representar el momento culminante que sigue a la Anunciación con el consentimiento de María: la Encarnación del Hijo del hombre, no en vano ser este el tema del lienzo que centra y preside el programa iconográfico mariano de la capilla mayor como homenaje a la advocación del templo catedralicio.

La inexistencia de una fórmula iconográfica que ilustrara el momento de la Encarnación, diferente a la de la Salutación angélica o Anunciación, espoleó tempranamente la imaginación de los teólogos y artistas. El factor tiempo resulta decisivo en la discriminación de dos misterios que transcurren consecutivos. En puridad, ateniéndonos al *Evangelio* de Lucas, la única fuente bíblica que suministra información sobre el tema, la aparición del Espíritu Santo en las representaciones de la Anunciación sería indicativa de la consumación de la concepción de María ("El Espíritu Santo vendrá sobre ti…"). Mediante una contracción del tiempo narrativo y simultaneando la salutación angélica con la presencia de la paloma, se evidenciaría iconográficamente la sucesión de los dos episodios; una solución sin embargo que, como ilustran las tentativas posteriores por enfatizar el momento de la Encarnación, resultó insatisfactoria.

Si Miguel Ángel había optado por rescatar un gesto de la tradición clásica, la solución de Tiziano en el citado lienzo de San Salvatore tuvo que ser referencial de la adoptada por Alonso Cano, a través del grabado de Cornelis Cort. La gloria de nubes y ángeles -que en ambos lienzos ocupa la mitad de su superficie-, se rasga en la versión veneciana mediante un relámpago de luz que, proyectándose sobre la cabeza de la Virgen, surca con su vuelo la paloma del Espíritu Santo. Aún en la estampa de Cort, el planteamiento de Tiziano se constata más dramático: un tempestuoso fenómeno atmosférico que ilumina violentamente toda la composición, convulsionando en contorsionadas posturas los desnudos angelicales. La solución de Cano en el lienzo de la Catedral de Granada antepone la claridad expositiva al dramatismo sobrenatural, limitando la concurrencia de espíritus angelicales y, disipando la grisácea concentración de nubes, dejando traslucir un celaje de color más amable. El rayo de luz se deshace de la evidencia naturalista que en el Tiziano lo asemejaba al relámpago y, surgiendo de una bóveda de querubines, desciende metafísico describiendo una trayectoria rectilínea, tal como había especulado Plotino en sus reflexiones sobre la luz[27]; un filósofo bien conocido en los círculos neoplatónicos sevillanos que frecuentara Alonso Cano. Este haz luminoso culmina, no en la cabeza de la Virgen, sino en el parietal izquierdo, en el oído mismo de María. Estamos ante la expresión plástica de una fórmula enunciada por vez primera en el *Evangelio armenio de la Infancia*:

"No bien hubo pronunciado la Virgen con toda humildad estas palabras, el Verbo de Dios penetró en ella por la oreja, y la naturaleza íntima de su cuerpo, con todos sus sentidos, fue santificada y purificada como el oro en el crisol. Quedó convertida en un templo santo, inmaculado, mansión del Verbo divino. Y en el mismo momento dio comienzo el embarazo de la Virgen"[28].

La fórmula será reconsiderada por Tertuliano que establecerá un paralelismo entre la concepción del pecado por Eva a través del oído prestado a la serpiente y la del Redentor por María, resumiéndola Efrén el Sirio en términos muy gráficos: "La muerte hizo su entrada por el oído de Eva, por tanto la vida entró a través del oído de María". La ingenua imagen, sancionada por numerosos teólogos desde Zenón de Verona a Teodoro de Ancira, Proclo de Constantinopla o

24 Contemplación de la vida de Ntro. Sr. Jesucristo, desde su concepción hasta la venida del Espíritu Santo, 4, Madrid, 1824, p. 30
25 Vita Christi, 36, ed. de A. G. Hauf i Valls, Barcelona, 1995, p. 120.
26 Prestada sin embargo en el momento de la salutación, aunque la mística de Ágreda presupone que Gabriel posee el conocimiento del desenlace del misterio (Op. cit., p. 395).
27 Enéada IV, 5, 2, ed. de J. Igal, Madrid, 2002, II, p. 440.
28 Evangelio Armenio de la Infancia, V, 8, 9, Los Evangelios apócrifos, ed. de A. Santos Otero, Madrid, 1984, p. 360.

Juan Damasceno, encontraría su justificación y su éxito como ilustración cabal de la *conceptio per fidem* acuñada por san Agustín[29].

Alonso Cano reconocería tal solución iconográfica en el grabado de Cornelis Cort sobre la citada versión de Tiziano, replanteándosela en el lienzo de Granada en unos términos metafísicos, neoplatónicos que, no obstante, traduce iconográficamente de un modo bastante meno artificioso y ambiguo de lo que hiciera el pintor veneciano. De hecho, como ya señalamos, Pacheco no entendería ese peculiar gesto de apartarse el velo del rostro, interpretándolo erróneamente como el melindre de una Virgen turbada.

En esta reformulación del tema, un dato iconográfico fundamental va a ser la sustitución de la paloma del Espíritu Santo, que el examen radiográfico ha delatado incorporada en un primer momento de la realización del lienzo, por el foco que emite el rayo de luz. Tal innovación, sin precedentes iconográficos que sepamos, no es sino la trascripción plástica de una metáfora que, identificando a Dios con la luz, será recurrentemente expresada en el *Antiguo y Nuevo Testamento* y, consecuentemente, en posteriores especulaciones teológicas. Si el propio Cristo, en el *Evangelio* de Juan (8, 12), se había autoproclamado "la luz del mundo", san Agustín invocaría a Dios como "la luz verdadera que ilumina a todo hombre que viene a este mundo"[30]. La identificación del Espíritu Santo con un foco de luz, llegaría a erigirse así en una recurrente metáfora de la literatura teológica: "Muchos Padres y Doctores de la Iglesia concibieron el Espíritu como un foco de luz que crea un ámbito luminoso, el cual alcanza a todos los seres, un foco inagotable que –al modo de la Unidad neoplatónica- es concebido por analogía con los rayos solares. El Espíritu irradia luz inteligible e ilumina las almas… Esta iluminación está ligada también con la purificación… Por eso el Espíritu Santo es llamado Luz inteligible"[31]. Las posibilidades que para una rigurosa documentación teológica deparaba al intelectualmente inquieto racionero su privilegiada posición en la Catedral de Granada, debieron ser oportunamente rentabilizadas para este replanteamiento iconográfico, saldando convincentemente la complejidad de semejante concepto teológico con la eficacia plástica de sus incomparables recursos pictóricos[32].

Al margen de la presencia del Espíritu Santo, en la primera versión del tema perteneciente al retablo de Getafe, como en su dibujo preparatorio (Museo del Prado), Cano había puesto el énfasis en la *Anunciación*, o sea en el momento en el que el arcángel, con la vara de azucenas en una mano y extendida la otra, recreando la *adlocutio* clásica, pronuncia su mensaje ante una Virgen arrodillada, pudorosamente expectante, con las manos cruzadas sobre el pecho. Con ese mismo gesto, Gabriel expone a María el objeto de su embajada en el dibujo que dio a conocer Sánchez Cantón en la Colección Boix, el más próximo iconográficamente al lienzo de la Catedral de Granada, hasta el punto de permitir asegurar una íntima relación proyectual entre ambas composiciones, tanto por el *contrapposto* que describe la figura de la Virgen como por la singular postura, casi de espaldas, del arcángel. En las otras tres versiones de Cano, incluida la de la Catedral de Granada, el tema de la *Anunciación* ha sido replanteado muy expresivamente mediante el silencio de Gabriel que evidencia concluida la transmisión del mensaje, situando al espectador ante el *fiat* de María y, consecuentemente, ante el milagro de la Encarnación misma. En el dibujo de colección particular sevillana, un Gabriel expectante y arrodillado presta reverencia a la Virgen con los brazos cruzados sobre el pecho, al tiempo que mira hacia arriba presenciando –y testificando ante el espectador- la llegada del Espíritu Santo y la consiguiente concepción de María. También representada en el óleo de Castres, donde el arcángel reitera el mismo gesto, mientras que la Virgen se yergue ante el atril aceptando su destino. Muy similar es el planteamiento iconográfico del lienzo de Granada, anterior en algunos años, si bien existe una deliberada acentuación de los síntomas de la Encarnación en atención a la advocación del templo catedralicio. Así, la escasa altura del atril, a diferencia del que aparece en el lienzo de Castres, evidencia que la Virgen leía la palabra de Dios arrodillada y, así mismo que, abandonando su pasiva y expectante actitud ante el mensaje de Gabriel, y tras una inicial vacilación, se ha

29 Vid. J. Martí Ballester, "La Encarnación del Verbo. Una profundización en el misterio de la Encarnación", Catholic.net 2007.

30 Las Confesiones, IV, 15, 25, ed. de A. Uña Juárez, Madrid, 2007, p. 217.

31 J. Ferrater Mora, Diccionario de Filosofía, ed. de J. M. Terricabras, Barcelona, 1994, III, s. v. Luz.

32 La sustitución de la paloma del Espíritu Santo por un haz de luz ha sido justificada por F. J. Martínez Medina como la afirmación de un planteamiento "eminentemente cristocéntrico: el inicio de la presencia del Hijo de Dios en el mundo como luz de las naciones" según formula recogida ya en el IV Concilio de Calcedonia ("El Ciclo de la Vida de la Virgen de la Capilla Mayor", Alonso Cano y la Catedral de Granada, Córdoba, 2002, p. 36).

levantado finalmente para aceptar su consumación. Este consentimiento se redobla, respecto de la versión de Castres, cruzando los dos brazos sobre el pecho. Al mismo tiempo, su posición erguida frente al reverente mensajero arrodillado, evidencia la inversión de la jerarquía operada tras cumplimentarse la Encarnación del Verbo. La Virgen de Nazaret, la que se proclama ante el arcángel "esclava del Señor", se convierte, desde el momento mismo de la aceptación de su destino, en la madre de Dios, en la reina de los ángeles. De ahí que el mensajero celestial se postre ante ella, y la sumisión y reverencia que le presta en Castres, se enfatice en Granada colocando el pintor sus manos en oración, tal como consta prefigurado en la literatura mística. Con esta contundente afirmación del culto debido a la Virgen, prestado incluso por las más altas instancias celestiales, resulta ineludible afirmar una militante toma de postura contrarreformista a favor del culto debido a la Virgen, contraindicado por los protestantes.

Aún podemos verificar una argumentación más a favor de esta rica en matices iconográficos afirmación de la Encarnación. Si en el lienzo del Museo de Castres el rompimiento de gloria se produce sobre un cielo añil que en el horizonte se tiñe de rojo, en el de la Catedral de Granada existe una explícita negación del espacio interior o exterior mediante una densa y misteriosa sombra que se extiende, sin solución de continuidad con la gloria, envolviendo a los dos personajes: una indudable constatación plástica de la predicción del arcángel ante la extrañeza de la Virgen, destinada a ser madre de Dios aún siendo virgen: "El Espíritu Santo vendrá sobre ti y el poder del Altísimo te cubrirá con su sombra" (Lc 1,35).



Alonso Cano, Castres: Musée Goya. Alonso Cano, Catedral de Granada. Cornelis Cort, según Tiziano.



Alonso Cano, Museo del Prado. Alonso Cano, Madrid: colec. Boix. Alonso Cano, Sevilla: colec. particular.

LA ENCARNACIÓN DE ALONSO CANO EN LA CATEDRAL DE GRANADA: ANÁLISIS TÉCNICO-CIENTÍFICO

L.R. Rodríguez-Simón[(1)], M.A. León-Coloma[(2)]
(1)Departamento de Pintura. Facultad de Bellas Artes. Universidad de Granada. Avda de Andalucía s/n, 18071 Granada, España
(2) Departamento de Patrimonio Histórico. Universidad de Jaén. Campus las Lagunillas s/n 23071 Jaén

lrsimon@ugr.es[(1)] maleon@ujaen.es[(2)]

ÁREA TEMÁTICA: INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

Dentro de los proyectos de I+D titulados "Alonso Cano en Granada. Análisis Técnico-Científico y Estudio Histórico Artístico" y "Aplicación de nuevas tecnologías científicas al estudio de la Pintura y Escultura de Alonso Cano en Granada", se ha llevado a cabo el estudio de la *Encarnación*[1], lienzo perteneciente al programa iconográfico de la *Vida de la Virgen* desplegado en la Capilla Mayor de la Catedral de Granada. Este análisis está basado en la aplicación de nuevas tecnologías científicas que nos permiten conocer el proceso material seguido por el artista para la creación de esta obra, la estructuración interna de la misma, el planteamiento de un diagnóstico de su estado de conservación y la futura determinación de los tratamientos de restauración más idóneos.

La obra fue la primera del ciclo que Cano realizaría (entre mediados de mayo y mediados de agosto de 1652[2]) poco después de la toma de su ración en la Catedral de Granada.

En este artículo omitimos cualquier valoración de tipo formal e iconográfico dado que su estudio se desarrolla en profundidad en otra comunicación que, sobre este mismo cuadro, también presentamos en este Congreso. Abordamos aquí únicamente los estudios de carácter técnico-científico aplicados sobre esta pintura.



Imagen izquierda: Fotografía con luz visible del cuadro de la Encarnación.
Imagen central: Radiografía de la pintura.
Imagen derecha: Fotografía con iluminación Ultravioleta.

Examen radiográfico

Los documentos radiográficos de esta obra ponen de manifiesto un juego de diferentes densidades producidas por los pigmentos empleados en la elaboración de la pintura y por la disposición de éstos en el conjunto de la composición. Contrastes que varían en función del peso atómico de los elementos presentes en la formulación química de los pigmentos. Cuanto más elevado sea éste mayor será la capacidad para absorber los rayos X y más alto será el contraste de la imagen impresionada en una placa radiográfica. La representación producida en una radiografía no se corresponde con el primer estado de una obra, sino que se trata de una superposición de imágenes, en donde las transparencias y las opacidades están en función de las densidades y de los espesores de los materiales empleados en la ejecución de la pintura. Como consecuencia, en las placas radiográficas se aprecian una serie de manchas claras, otras oscuras y una importante gama de grises, que dependen de la mayor o menor utilización de los pigmentos de plomo, de la fluidez del pigmento y de la ligereza o grosor de las capas de pintura. Las sombras oscuras pertenecen a zonas con poca densidad, indicándonos la existencia de pigmentos radiotransparentes[3]; en las manchas blancas predominan los pigmentos radiopacos[4] y la gama de grises ponen de manifiesto la mayor o menor cantidad de blanco de plomo mezclado con otros pigmentos para constituir los distintos colores presentes en el cuadro.

La radiografía de esta pintura muestra un contraste muy acusado, perceptible en las placas, debido al uso del blanco de plomo tanto en la preparación e Imprimación del lienzo como en el modelado de las figuras, en las que participan también otros pigmentos radiopacos como el bermellón de mercurio y el amarillo de plomo y estaño. Repartidas por toda la extensión de los documentos radiográficos se aprecian las marcas de unos trazos con trayectoria curvilínea y diferente anchura, que se consideran como el resultado de la manera como fue extendida la imprimación sobre el lienzo, realizada con blanco de plomo y minio, mayoritariamente y distribuida, sobre una base previa de yeso, a modo de anchas paletadas, siguiendo la trayectoria curva producida por el movimiento del brazo. Esta forma de proceder puede ser una consecuencia del gran tamaño del lienzo, que exige un trabajo que facilite la aplicación del estrato de imprimación. Pero también podemos considerarlo como una influencia recibida directamente de Velázquez durante la estancia de Alonso Cano en la Corte. Siendo conocida la colaboración de los dos maestros en las restauraciones de los cuadros quemados en el incendio del Buen Retiro. Este recurso aparece por primera vez en la obra de Velázquez en las radiografías del cuadro de *La Fragua de Vulcano*[5], fechado alrededor de 1630 y, también, ha sido detectado en varios de sus cuadros, cronológicamente posteriores. Sin embargo, esta forma de trabajar la imprimación aparece en la radiografía de *El caballero de la cadena de oro* de Tintoretto, fechado hacia 1555.

En el conjunto radiográfico predominan la figura del Ángel y la mitad superior de la imagen de María, el ribeteado de las nubes, las partes iluminadas de algunas cabezas angelicales, las masas de alto contraste del cuerpo de los angelitos, la parte superior del atril con el libro y el dibujo de la alfombra. Destacando sobre todo, por su alto contraste, el rayo de luz que nace en el rompimiento de gloria, dirigiéndose hacia la figura de María. Sin embargo, no se detecta todo el trabajo pictórico, a nivel de superficie, realizado a base de numerosas veladuras, ni tampoco algunos elementos realizados con ligereza de pasta como las azucenas y las cabezas angelicales situadas sobre la figura del Ángel, que son apenas perceptibles. La cortina es absorbida por el alto contraste del fondo al estar pintada con pigmentos de poca densidad radiográfica.

El análisis de la radiografía evidencia una puesta en escena de las figuras sin titubeos, encajando cada elemento que forma parte de la composición en el lugar predeterminado para cada uno de ellos. No existen cambios relevantes producidos en el transcurso de la realización pictórica, exceptuando las pequeñas modificaciones que sobre el modelado inicial introducen las veladuras. Aunque existe un cambio perceptible en la cintura del Ángel, en la que inicialmente fue concebido un cíngulo rematado con flecos cayendo por la pierna izquierda, que queda oculto por los trazos del alba del ángel y que en la radiografía aparece dibujado, con precisión, por una línea blanca de alto contraste que lo rebordea. Este mismo tipo de trazo claro lo encontramos, a nivel radiográfico, en el filo de algunos de los pliegues iluminados del manto de la Virgen, y dibujando las aristas del reclinatorio y la silueta del libro. Suponemos que

Cano se sirvió de este trazo blanco para crear determinados efectos ópticos de volumen y espacialidad. Recurso que recuerda la forma de trabajar de Tintoretto en el *Lavatorio* del Museo del Prado y en la versión de The National Gallery de Londres; existiendo, además, otros ejemplos de dibujos en blanco en las obras de este pintor[6]. Esta línea clara se encuentra también en la radiografía de *Carlos V en la batalla de Mühlberg* de Tiziano.

Visualmente el inicio del rayo de luz aparece como una mancha muy luminosa con destellos; sin embargo, el estudio radiográfico nos sugiere la presencia de parte del cuerpo de una paloma, configurada de forma similar a la que sobrevuela la cabeza de la *Inmaculada Concepción*, de esta misma serie. Analizando las huellas de alta radiopacidad de los trazos del pincel, pensamos que, en un primer momento, Cano pintó una paloma semejante a la existente en su cuadro compañero y estando la pintura aún fresca, borró la silueta de la misma, extendiéndola con el pincel, conformando con ello los destellos apreciados visualmente y dejando el cuerpo y parte de la cola del ave mensajera como el germen de la mancha luminosa, que apreciamos con un alto contraste y de pintura consistente.

Profundizando en el análisis radiográfico de esta pintura encontramos algunas soluciones pictóricas que nos recuerdan a determinados recursos utilizados por Tintoretto en su *Lavatorio*[7], en donde destacan con gran fuerza y expresividad las rápidas pinceladas que realzan las luces de los pliegues en las vestiduras de Cristo y en la túnica y el manto de San Juan o en el de otros discípulos, que aparecen en forma de picos y de zigzag, entrecruzándose por las mangas de las vestiduras con una grafía característica del pintor. Una forma de trabajar similar a ésta la encontramos en los dobleces de la manga derecha de la túnica de la Virgen, aunque algunas pinceladas muestran trayectorias menos angulosas al aparecer redondeadas las puntas de los trazos en zigzag; otras, las que marcan dobleces más pequeños, presentan picos más agudos. Por esa diferencia, coincidimos con Carmen Garrido en que este tipo de pinceladas pueden ser consideradas como una característica de los pintores, constituyendo su propia grafía.

Los gruesos trazos que dibujan la espalda de la túnica del ángel en la radiografía, aparecen modelados en superficie con veladuras, proporcionando una visión que transmite una apariencia tupida y gran amplitud al tejido blanco y evidenciando en los documentos una grafía característica.

La parte superior del reclinatorio aparece realizada con amplias pinceladas directas de un solo trazo hasta completar el dibujo semicircular de la voluta, entre las que destacan unos finísimos filos blancos pertenecientes a la rebaba que deja el pincel cuando se extiende cargado de pintura[8]. Este mismo trabajo lo encontramos en la elaboración del libro, y en la decoración escultórica del atril.

La cara de María refleja, con exactitud, la fisonomía de la Virgen; sin embargo, el rostro del Ángel tiene menos definición y es retocado con veladuras superficiales que le transmiten esa expresión de adoración mística sobrecogido por el momento preciso de la concepción, ya planteada en el primer esbozo. De forma semejante, esta poca precisión radiográfica del semblante del ángel la encontramos en los rostros de ciertos personajes pertenecientes a los documentos de otras pinturas de Tintoretto, Tiziano y Velázquez. Teniendo en cuenta la instrucción que pudo recibir Cano en las restauraciones de las pinturas italianas tras el incendio del Buen Retiro, podemos llegar a la conclusión que este recurso de las veladuras, lo perfeccionó trabajando sobre las obras de Tiziano, como apunta Paolo Spezzani[9]: "Un dato constante, al menos para todas las obras de la juventud y primera madurez, es la intensificación del color mediante un sabio uso de veladuras, es decir pinceladas transparentes, por lo general, intensamente pigmentadas de verde, azul y rojo, que aplicadas sobre capas de color claro, aumentan su saturación sin perder brillantez y confieren profundidad a las zonas que las reciben".

Como dato curioso, en la radiografía destacan unas pequeñas manchas blancas, con alto contraste, que interpretamos como las huellas dejadas por el dedo índice del racionero al apoyarse sobre el lienzo, debido a sus grandes dimensiones. Y otras alargadas, a modo de restregado, que parece la mancha del propio dedo salpicado de pintura al limpiarlo sobre la tela. Marcas similares a las descritas, e incluso la huella completa de la mano izquierda, han

sido encontradas en mayor número, en otro cuadro de Alonso Cano, *San Jerónimo y el ángel trompetero*, del Museo de Bellas Artes de Granada[10].

Examen mediante fotografía infrarroja.

En esta pintura, entre los dedos del pie del ángel, se han visualizado unos trazos oscuros subyacentes pertenecientes al dibujo previo realizado a pincel. También, en el angelito que sostiene la cortina se detectan unos finos trazos inferiores que coinciden con los que siluetean la pequeña figura en superficie.

La decoración de la alfombra muestra un diseño similar al aparecido en el pie del ángel, que podemos extrapolar a la totalidad de la composición y apuntar que el encaje de las figuras y la puesta en escena del conjunto fue llevada a cabo mediante un dibujo, bastante preciso, realizado a pincel con una pintura oscura que destacara sobre el fondo coloreado del cuadro.
Se conocen varios dibujos sobre este mismo tema que fue repetido varias veces por el artista, como es el del Museo del Prado (h. 1645), la *Anunciación* de la colección Boix[11], el grafito existente en una colección particular de Sevilla ((1658-1667), y el del Courtauld Institute de Londres.

Estos diseños nos indican que para la composición de esta pintura de la Catedral granadina, casi con total seguridad, Cano tuvo que realizar estudios previos sobre papel, que, posteriormente, vieron su traslado al lienzo siguiendo algunos de los sistemas tradicionales de transposición, que además, se siguen utilizando hoy en día; por las grandes dimensiones del lienzo, pensamos que, posiblemente, se utilizara el sistema de cuadrícula utilizando finas cuerdas sujetas y tensadas en los cantos del bastidor e impregnadas de tiza blanca, que al tirar de ellas y volver a soltarlas dejarían su huella sobre la imprimación coloreada, quedando marcada sobre ésta las líneas rectas y perpendiculares del cuadriculado, sirviendo para el encaje y ubicación exacta de todos los elementos de la composición[12].

Materiales y técnica

Este cuadro está pintado sobre un soporte de lienzo fabricado siguiendo un tipo de ligamento en tafetán con una densidad de 12 X 15 hilos/pasadas por centímetro cuadrado, y textura de apariencia fina, en la que hay una alternancia de hilos de mayor grosor de la urdimbre con otros más delgados de la trama.

Conserva su bastidor original, claramente perceptible en la radiografía, que tiene una construcción bastante compleja e interesante para adaptarse a los huecos semicirculares de la pared donde van encastrados.

En la preparación del lienzo se comenzó con una primera impregnación con cola animal[13] para después aplicar un estrato de yeso también mezclado con cola animal, y constituido a su vez por dos subestratos, el inferior con molienda más grosera y el superior con tamaño de grano más fino[14].

Extendida sobre esta base de yeso existe lo que denominamos *imprimación*[15], capa coloreada con finalidad estética, elaborada con los **pigmentos: blanco de plomo, minio, negro de carbono, negro de vid, cuarzo,** algo de **yeso** y una pequeñísima cantidad de **lapislázuli**.

En esta pintura predominan las tonalidades rosas, carmines, blancas y azules, con algunas aplicaciones puntuales de ocres y ciertos tonos verdosos, mostrando una gran simplificación en la aplicación de los colores, ya que en la mayoría de los casos se encuentra una única capa, a veces dos[16], extendidas directamente sobre el fondo de imprimación.

La *túnica de la Virgen* está elaborada con **laca roja**[17] y **blanco de plomo**, predominando uno u otro pigmento dependiendo de la valoración del claroscuro. En el *color azul del manto* están presentes los pigmentos de **lapislázuli** y **blanco de plomo** extendidos en una primera capa de color matizada por una veladura más oscura de **lapislázuli** mezclado con **negro de carbono**. Para las *carnaciones* los pigmentos utilizados son: **bermellón, calcita, blanco de plomo, laca roja, azul de esmalte, lapislázuli, óxidos de hierro** y una pequeña cantidad de **negro de**

huesos. Apareciendo, además, el **amarillo de plomo y estaño** en los angelotes, al igual que procede Tintoretto[18] .También añade la calcita, material de carga, para otorgar mayor transparencia al color; recurso utilizado por Velázquez y Tintoretto, como anota Carmen Garrido[19]. Para el *alba del Ángel* los pigmentos utilizados son: **blanco de plomo**, fundamentalmente, con pequeñas adiciones de **negro de carbono**, estando presente también la **calcita**. Para matizar las sombras introduce **azul de esmalte, laca roja** y una pequeña cantidad de **bermellón**. En el *plumeado de las alas*, sobre este color de sombra, existe una primera capa de **laca roja** y **blanco de plomo** sobre la que superpone otra de **blanco de plomo** y **azul de esmalte**. En los cabellos del ángel aplica una mezcla de **amarillo de plomo y estaño**, **calcita**, **óxidos de hierro** y **blanco de plomo**. Para los toques de luz aumenta la proporción de **blanco de plomo**, disminuye la presencia de **amarillo de plomo y estaño** e introduce la **calcita**. El espléndido *color violáceo de la cortina*, típicamente canesco, está conseguido mediante la aplicación de un primer estrato de **laca orgánica roja**, sobre el que aplica una mezcla de **laca orgánica roja**, **negro de carbono**, **calcita**, **lapislázuli** y una pequeña cantidad de **blanco de plomo**. En cuanto a la elaboración pictórica de la *alfombra,* realizada con azul, amarillo y blanco sobre una base roja, el color rojo está conseguido con: **bermellón, rojo de ultramar, óxidos de hierro, laca orgánica roja, azul de esmalte y blanco de plomo**.



Cortes estratigráficos pertenecientes a distintas zonas del cuadrote la Encarnación:
1. Manto azul de la Virgen. 2. Túnica roja de la Virgen. 3. Carnación de la Virgen.
4. Rayo de luz. 5. Rayo de luz. 6. Dibujo azul sobre rojo de la alfombra.

En el *tono amarillo* encontramos una mezcla de **amarillo de plomo y estaño, blanco de plomo** y **calcita**. Igualmente la *decoración azul* está pintada con **azul de esmalte** y **blanco de plomo**. En el *celaje* del rompimiento de gloria están presentes los pigmentos **blanco de plomo** y **óxidos de hierro**. Sobre este cielo está pintado el *Paráclito* con **amarillo de plomo y estaño** y **blanco de plomo**.

La técnica pictórica con la que se ha elaborado esta obra viene determinada por los aglutinantes empleados. Siendo la cola orgánica la utilizada en las primeras capas de yeso de la preparación, con naturaleza magra; y el aceite secante en la elaboración de la imprimación y para el amasado de los pigmentos y elaboración de los colores, siguiendo con las prescripciones de la técnica de la pintura al óleo.

Conclusiones

A partir de la información obtenida de los exámenes analíticos deducimos el trabajo pictórico seguido por Alonso Cano para la realización de esta pintura, y las posibles influencias de pintores como Tiziano, Tintoretto y Velázquez.

Siendo destacable la complejidad de la mezcla de pigmentos presentes en las carnaciones, en las que introduce el amarillo de plomo y estaño, posiblemente por influencia veneciana. Comprobándose que esta combinación de colores también es utilizada por Alonso Cano en las carnaciones de otras pinturas de su etapa granadina[20]

En esta pintura hemos encontrado un pigmento negro con una elaboración especial, consistente en una matriz de negro de vid en la que aparecen incluidos granos de blanco de plomo y calcita[21].
En casi todos los estratos correspondientes a las capas de pintura, aparece la calcita mezclada con el resto de pigmentos para la elaboración de los colores, con la finalidad de darles consistencia y, a la vez, aumentar su transparencia.

Referencias

[1] Este trabajo de investigación ha sido financiado por el Proyecto de I+D (Referencia: HUM2006-09262), concedido por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.
[2] Como precisó documentalmente Emilio OROZCO ("Los grandes lienzos de Cano en la Catedral de Granada", p. 355)
[3] Los pigmentos radiotransparentes son: las tierras, óxidos de hierro y lacas orgánicas.
[4] Los pigmentos radiopacos son: blanco de plomo. Amarillo de plomo y estaño y bermellón de mercurio.
[5] C. Garrido Pérez, "Velázquez. Técnica y Evolución", Madrid, Museo del Prado, 1992, p. 238.
[6] C. Garrido Pérez, "El lavatorio de Tintoretto: la creación de un original" en Una obra maestra restaurada. El lavatorio de Tintoretto, cat, exp, Museo Nacional del Prado, Madrid, 2000, pp. 34-41.
[7] C. Garrido Pérez, Op. Cit., pp. 40-41.
[8] Esta rebaba dejada por el discurrir del pincel ha sido observada también en las radiografías de muchas pinturas de Velázquez.
[9] P. Spezzani, "La técnica pictórica de Tiziano", en Tiziano, cat, exp., Madrid, Anaya, 1991, p. 379.
[10] L.R. Rodríguez-Simón, "San Jerónimo y el ángel trompetero de Alonso Cano. Estudio Técnico" en Alonso Cano y su época. Sumposium Internacional, Actas, Granada, 2002, pp. 736 y 742.
[11] F.J. Sánchez-Cantón, "Dibujos Españoles IV. Alonso Cano", Madrid, Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes, p. CCCVI y CCCVIII.
[12] Existe un dibujo a pluma con la representación de la *Inmaculada Concepción*, de la Biblioteca Nacional, Cat. Barcia nº 216 (Madrid), que tiene encima un cuadriculado, que fue realizado posiblemente como recurso para su posterior traslado a un cuadro de mayores dimensiones.
[13] Los análisis realizados nos sugieren que la cola de origen animal puede estar mezclada con cola de huesos, siendo la combinación de ambas la utilizada para la impregnación del soporte.
[14] En algunas de las muestras analizadas han aparecido junto al yeso (sulfato cálcico), partículas de Celestina (sulfato de estroncio), que es un material asociado, considerado como enriquecimiento o rareza y que sirve para la localización geográfica de las canteras. En la provincia de Granada existen los yacimientos de Celestina de Montevives, entre Gabia la Grande y Alhendín y el de Escúzar.
La mineralización del yacimiento de Escúzar se asocia a estratos de rocas calizas, que localmente entran en contacto con una amplia formación de yesos, lo que, en nuestro caso, justifica la presencia de Celestina junto a la de yeso.
[15] A. Calvo Manuel, "Conservación y Restauración. Materiales, técnicas y procedimientos. De la A a la Z", Barcelona, Del Serbal, 1997, p.120.
[16] El número de capas aumenta en las zonas de máxima luminosidad por los toques superficiales de luz y en aquellas otras que son oscurecidas intensamente con veladuras.
[17] Como anota la Carmen Garrido Pérez, la laca orgánica roja es una característica de la escuela veneciana. Aparece también en nuestra pintura con diferentes intensidades; desde los tonos más rosados con alto porcentaje de blanco de plomo, hasta los más oscuros y fundidos de las zonas de sombra, en los que la laca está casi pura, aplicada directamente sin mezclas.
[18] C. Garrido Pérez, Op. Cit, pp. 51-52
[19] C. Garrido Pérez, Op. Cit. P. 52.
[20] L. R. Rodríguez Simón, La técnica pictórica de algunas obras de Alonso Cano, en Alonso Cano, Arte e Iconografía, cat. exp, estudios, Arzobispado de Granada, Granada 2002, pp. 145-157.
[21] L.R. Rodríguez-Simón, Alonso Cano en el Museo de Bellas Artes de Granada. Estudio Técnico, Método Ediciones, Granada, 2000. pp.40-42.

COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICIOS Y SU APLICACIÓN A LA INSPECCIÓN, CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN DE LA ARQUITECTURA PATRIMONIAL CONSTRUIDA EN MADERA

Jonathan Ruiz Jaramillo [(1)]
Dpto. de Construcciones Arquitectónicas I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. Avda. de Reina Mercedes nº 2, 41012 Sevilla, España

jonaruizjara@yahoo.es [(1)]

ÁREA TEMÁTICA: ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Introducción

Los fenómenos sísmicos están presentes de una manera constante en la vida humana. En los últimos años se han sucedido terremotos de intensidad elevada tales como el de Kobe (Japón) en 1995, Turquía en 1999 y más recientemente en Pisco (Perú) en 2007. Todos ellos han sido causantes de grandes pérdidas tanto materiales como de vidas humanas.

Son dos los principales cinturones sísmicos que tienen incidencia sobre zonas habitadas: el Circumpacífico (Chile, México, EEUU o Japón) y el Transasiático (Portugal, España, Italia o Turquía). Aunque tradicionalmente las zonas más afectadas por terremotos de elevada intensidad son la costa Este del continente americano y Japón, el Sur de Europa no está exento de riesgo. Tanto es así que, a lo largo de su historia, Sevilla ha sufrido numerosos daños producidos por sismos. Por su especial afección se puede resaltar el terremoto de Lisboa (1755) con daños documentados sobre edificios monumentales como la Catedral o la Iglesia del Salvador. En la actualidad, debido a los sistemas de registro y detección, pueden constatarse multitud de sismos de intensidad baja-media en el Sur de España[1].



Foto 1.- *Artículos de prensa que recogen el terremoto del 12 de Febrero de 2007*

Cada vez se encuentran más desarrollados los métodos de predicción aunque, al igual que con los fenómenos meteorológicos, aún no tienen la capacidad de detectar el peligro con la antelación suficiente para tomar medidas preventivas. Por ello, la prevención resulta fundamental para minimizar los daños materiales y personales.

Los efectos de un terremoto dependen, en general, de magnitudes poco controlables pero existen algunas sobre las que podemos intervenir, como las condiciones geotécnicas del terreno, el emplazamiento de urbanizaciones o las características intrínsecas de la edificación.

Medidas de prevención: el entorno urbano

Los factores de riesgo de los edificios y su emplazamiento son aspectos que pueden afectar tanto el desarrollo urbanístico como a la propia ciudad consolidada. Algunos de los parámetros que influyen en el impacto urbano de un sismo son la topografía, la amplificación de las ondas sísmicas en función del tipo de terreno (sobre todo en materiales heterogéneos y no consolidados), la posibilidad de licuefacción por la presencia de agua, asientos o posibles deslizamientos de laderas (naturales o artificiales) sobre zonas construidas. Por ejemplo, la

incidencia de una onda sísmica sobre un terreno de relleno se amplifica para unas frecuencias que, si coinciden con los modos propios de vibración del terreno, pueden producir un colapso. Asimismo, terrenos heterogéneos deben mejorarse o no edificar en ellos ya que pueden inducir aceleraciones diferenciales que afecten a la cimentación.

El análisis de la normativa sísmica desde el punto de vista urbanístico, sobre todo en los cascos históricos, indica que en las zonas urbanas deberían controlarse cuestiones como la densidad de población, la existencia de espacios libres accesibles o las distancias entre los edificios. El colapso de una de ellos puede afectar a los colindantes sobre todo en edificación entre medianeras por lo que, en el caso de no utilizar un sistema estructural y constructivo homogéneo, se deben prever juntas para que no se produzca el choque entre sus estructuras. Otros elementos son la protección frente a la caída de objetos, espacios de seguridad para la evacuación, tamaño de aceras, alineaciones en fachada, mobiliario urbano adecuado, etc.



Foto 3.- *Artículo de prensa que recoge el terremoto de Pisco (Perú, Agosto 2007)*



Foto 4.- *Indicación en pavimento. Punto de reunión en caso de sismo. México. Fuente: Autor*

A pesar de existir normas básicas de fácil cumplimiento, en general ninguna de sus directrices es contemplada. En la mayoría de las ocasiones son simples recomendaciones que no tienen reflejo directo en las ordenanzas de urbanización de las poblaciones que, situadas en zonas sísmicas, quedan expuestas a los daños. Tenidas en cuenta, tendrían reflejo en la rotulación y señalética urbana y edificatoria, marcando la imagen de edificios y ciudades.

En la actualidad se están desarrollando estudios que inciden en la evaluación urbanística del riesgo sísmico mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG). Se han elaborado mapas de peligrosidad sísmica y riesgo geotécnico, junto a gráficos y tablas que estiman las frecuencias de vibración según las zonas y los tipos de terreno. Estos estudios proponen la evaluación de la vulnerabilidad por sismo estimando el número probable de viviendas afectadas y los daños sobre ellas.

Medidas de prevención: la edificación

La mayor parte de la destrucción causada por un terremoto es directamente atribuible a la arquitectura debido a un diseño estructural y constructivo inadecuado. Una mejor inversión en la calidad de los edificios de nueva planta mejorando su comportamiento sísmico, aunque pueda representar mayor coste inicial, evitaría el colapso y los daños en un alto porcentaje, y por tanto supone evitar elevadas pérdidas tanto humanas como materiales, minimizando los costes de reparación. A pesar que se nos ha hecho ver que la demolición y nueva construcción tras un desastre es más rentable que la prevención de sus efectos, numerosos ejemplos recientes muestran la incapacidad de las comunidades afectadas para reponerse a los daños. Como primer paso para mitigarlos es necesaria una correcta evaluación de la vulnerabilidad del edificio, para lo que se debe realizar una inspección técnica adecuada que permita el análisis de su resistencia a esfuerzos sísmicos proponiendo refuerzos estructurales adecuados en el caso de que se consideren necesarios. Asimismo, establecerá unos criterios de intervención orientados a respetar sus valores patrimoniales. Algunos ejemplos son las actuaciones llevadas a cabo en la arquitectura tradicional Aymara en Chile, Purépecha en México o en la arquitectura colonial hispanoamericana. Muestra del desarraigo producido por la pérdida del

Patrimonio lo tenemos en Iquique (Chile) donde, tras el terremoto de Tarapacá en 2005, que produjo cuantiosas pérdidas de vidas humanas y edificios paradigmáticos como la Iglesia de San Lorenzo (1723) declarada Patrimonio de la Humanidad, los afectados llegaron a comentar al presidente del país en su visita a la zona “no me preocupa mi casa, pero quiero que me recupere mi Iglesia”.

Por tanto debe realizarse una inspección técnica utilizando una metodología de inspección y análisis que permita realizar un diagnóstico mediante el conocimiento profundo del estado del edificio, de vital importancia en el caso del Patrimonio, que facilite la toma de decisiones para la intervención más adecuada. En España, el Anejo D del Documento de Seguridad Estructural del Código Técnico de la Edificación incluye una serie de recomendaciones para la evaluación estructural de edificios existentes[2].

En una primera etapa debemos recopilar la información básica que permita un conocimiento previo suficiente del edificio y su entorno así como su descripción y estudio histórico, incidiendo en los aspectos patrimoniales que deben respetarse en el caso de una intervención. Posteriormente se realizará la inspección, que se debe dirigir fundamentalmente al reconocimiento y caracterización de materiales, lesiones y aquellos elementos específicos que definen la capacidad estructural del edificio ante el esfuerzo sísmico. No se olvidará el estudio del sistema estructural y su estado de conservación, características geométricas principales y de distribución de masas, técnica constructiva empleada, daños producidos en terremotos anteriores, etc. Para realizar esta inspección será determinante la elección de los instrumentos y medios auxiliares adecuados. Además, es necesario plantear la apertura de calos o catas para la inspección visual de zonas no accesibles y así examinar las partes de mayor riesgo estructural[3].

Asimismo, es conveniente la realización de pruebas y ensayos específicos para detectar los posibles elementos dañados. Estos ensayos pueden ser destructivos y no destructivos, siendo estos últimos más caros de realizar pero su coste se amortiza en relación con el precio total de la obra de refuerzo. Uno de los más efectivos de cara a la evaluación sísmica es el uso de un acelerómetro para realizar la medida del periodo fundamental (frecuencia natural de vibración) de un edificio en condiciones ambientales. Este ensayo permite la evaluación de la rigidez horizontal y vertical tanto del conjunto del edificio como de elementos puntuales (vigas, arcos o muros). Se obtiene la estabilidad estructural a partir de la cual se pueden establecer las adecuadas propuestas de intervención. También permite verificar en condiciones reales las mejoras introducidas tras las obras de refuerzo. Por ejemplo, en un edificio en el que se ha realizado una reforma eliminando parte de los muros de planta baja para colocar un local comercial, aunque se haya efectuado un refuerzo de la estructura existente, se ha empeorado el comportamiento sísmico al existir gran diferencia de rigidez entre la planta baja y las superiores. Otros ensayos aplicables a la detección de daños son la termografía, o el georradar, usado este último en la identificación del terreno y de uso incipiente en el campo de la inspección estructural.

En cuanto a los elementos no estructurales o constructivos, la inspección y posterior evaluación del riesgo sísmico debe incidir en el estudio de aquellos que, sin ser estructurales, intervienen en el comportamiento global tales como los cerramientos no portantes. Estos elementos, aún no siendo estructurales, en algún caso pueden requerir algún tipo de refuerzo. Previamente al colapso, el mayor peligro se produce en la vertical de las fachadas (interiores y exteriores) debido a elementos que pueden desprenderse con facilidad debido al efecto del terremoto. Los primeros que deben inspeccionarse y, en su caso, reforzarse ante la ausencia de voladizo perimetral en planta baja como protección del acerado son los revestimientos (paneles, azulejos, madera), pretiles y antepechos, elementos decorativos, esculturas, mástiles, viseras, alféizares, vidrios (ventanas o muros cortina), etc. Asimismo, deben controlarse los elementos más vulnerables de las instalaciones de especial riesgo como gas o electricidad capaces de producir un incendio como consecuencia del terremoto y agravar los daños producidos por este. En el interior del edificio, tendremos que prestar especial atención a la colocación y fijación de determinados elementos (fundamentalmente del patrimonio mueble) tales como esculturas o altares.

Si se han realizado intervenciones previas, la inspección debe revelar su efectividad, sobre todo si tras su realización se ha producido un sismo. Algunas experiencias en el campo de la rehabilitación estructural no han tenido el comportamiento sísmico adecuado como en la Catedral de Santiago (Chile) en la que el empleo de flejes metálicos para reparar las grietas de las uniones entre la mampostería ha incrementado los daños[4].

En la actualidad, numerosas intervenciones están fundamentadas en el uso de nuevas tecnologías y materiales como las fibras de carbono que, como se ha realizado en la Iglesia del Salvador de Sevilla[5], muestran que su aplicación en rehabilitación de edificios de valor patrimonial puede resultar fundamental. Ahora bien, debe considerarse que estos sistemas de refuerzo deben respetar el carácter del edificio, ocultos o integrados en el diseño y contemplarse la reversibilidad de la intervención.

Vulnerabilidad de las estructuras de madera

Los materiales cuyo comportamiento sísmico se ha estudiado con mayor profundidad son el hormigón armado y el acero, habitualmente utilizados en la construcción de nuevas estructuras. Estos estudios se derivan de que no sólo las construcciones de muros de carga y mampostería son las más afectadas por colapso estructural en caso de sismo. Como se ha demostrado en terremotos recientes como el de Turquía (1999), las estructuras construidas con hormigón y acero sufren un importante número de colapsos, fundamentalmente por un incorrecto diseño de los nudos. Ahora bien, en muchos países es muy habitual construir con estructura de madera, siendo además este material un elemento fundamental vinculado a las estructuras resistentes de la arquitectura patrimonial. En general, las normativas sísmicas muestran un desprecio hacia el comportamiento sísmico de este material, para el que no se recogen recomendaciones específicas. Apuestan por el diseño constructivo como la forma más eficaz para reducir el efecto de los terremotos incidiendo especialmente en los arranques desde la cimentación, distribución en planta o remates. Estas recomendaciones están basadas en principios físicos y constructivos sencillos como la distribución simétrica y uniforme de masas; sencillez, simetría y regularidad en planta y alzado; uniformidad resistente, evitando transiciones bruscas de material o sección; disipación de energía mediante la ductilidad de las articulaciones plásticas, deformaciones, etc.

Más allá de sus propios parámetros resistentes, la madera posee unas características intrínsecas que le otorgan un buen comportamiento ante estos esfuerzos. La gran ductilidad de sus uniones (madera-madera o madera-acero) permite reducir de manera importante el efecto del sismo sobre la estructura. Esta disipación de energía provoca incluso que, en condiciones de rotura, no llegue a producirse el colapso estructural. Actualmente las investigaciones se centran en el desarrollo de sistemas constructivos de entramado de madera para edificios de nueva planta, pero no se plantean soluciones específicas para la recuperación de arquitectura patrimonial en madera.

Un elemento fundamental para el control del efecto sísmico sobre un edificio es la fuerza transmitida al mismo a través de la cimentación. Gran parte de las investigaciones de la ingeniería sísmica actual se ha dirigido hacia el desarrollo de cada vez más complejos sistemas de amortiguadores que reduzcan este efecto. La ductilidad de los pilotes de madera en cimientos se encuentra como solución habitual en numerosas estructuras históricas. En una zona sísmica tan conflictiva como México, los aztecas creaban sus cimientos con pilotes de madera reforzados con fragmentos de roca volcánica y lodo, creando un basamento sobre el que se apoyaba el resto del edificio. Esta solución es idónea cuando el terreno presenta baja capacidad portante y existe un alto riesgo de licuefacción. Resultaba tan efectiva, que estos cimientos fueron reutilizados en las construcciones coloniales. Soluciones similares se han utilizado también en la arquitectura tradicional de los troje, también en México[6] o en localidades costeras del Sur de España.

En los pilares de madera es fundamental el control de la esbeltez. Además, es necesario la inspección y refuerzo de puntos débiles como la base y la solución de apoyo en el encuentro superior con el pie derecho. En la base, la transmisión de esfuerzos se suele realizar con el apoyo en una basa de piedra para el adecuado reparto de tensiones y protección de la

humedad mientras que el apoyo del forjado de la parte superior se resuelve mediante un capitel de madera que hace las veces de durmiente. El comportamiento de estas uniones en caso de sismo debe ser verificado tanto constructiva como analíticamente.



Foto 5.- *Detalle de cimentación. Detalle de cimentación azteca en el Templo Mayor. Ciudad de México. Fuente: autor.*



Foto 6.- *Encuentro en coronación de pie derecho de madera y galería. Catedral de Santiago (Chile) Fuente: Autor.*

Son dos los aspectos a controlar en la interacción de vigas y forjados con el elemento de apoyo. En primer lugar, el comportamiento horizontal como diafragma y su contribución al reparto homogéneo de la fuerza sísmica. En segundo lugar, la unión con la estructura de apoyo, en la que se deben plantear soluciones para evitar el punzonamiento de las viguetas en el muro y asegurar el comportamiento unitario del mismo mediante el arriostramiento en el punto de unión. Es muy habitual la recuperación de forjados de madera mediante la realización de estructuras mixtas con una losa de hormigón unida a la viguería mediante conectores. La fuerza rasante transmitida por el sismo al plano horizontal que constituye el forjado puede producir la rotura de estos conectores y por tanto, la pérdida de capacidad portante, provocando además el funcionamiento independiente del elemento mixto hormigón-madera amplificando la fuerza horizontal sobre el apoyo. En el caso de producirse un debilitamiento por pudrición en la cabeza de las vigas y colocarse prótesis que las sustituyan, se tendrá que verificar que existe la ductilidad suficiente en la nueva unión entre estos dos materiales.

En arquitectura patrimonial es habitual encontrar edificios que tienen una estructura vertical de muros de carga sobre la que se dispone una cubierta de madera en cualquiera de sus múltiples tipologías constructivas. Se pueden presentar daños durante un sismo debido a la pérdida de apoyo y falta de amarre con los muros o bien producirse el colapso durante el terremoto debido a un mal estado previo de la estructura de madera (pudrición, mal diseño o errores de ejecución). Además, en caso de que estos muros presenten un comportamiento deficiente, el vuelco del muro de fachada puede producir efectos secundarios sobre la propia estructura de cubierta que al fallar, induciría nuevos esfuerzos sobre el muro.

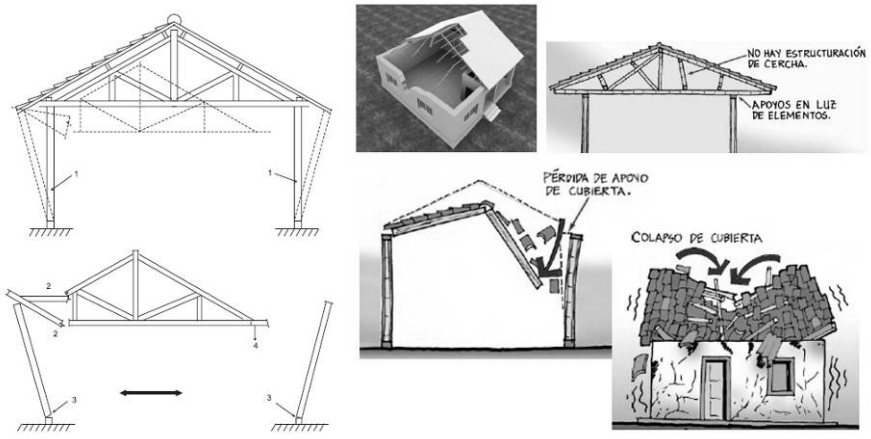


Foto 7*. Formas de rotura en cubiertas de madera bajo acciones sísmicas. Fuente: Varios autores*[7, 8]

Por tanto, en el caso de cubiertas de madera es importante verificar el comportamiento de los nudos entre sí, la unión con la estructura soporte o cerramiento y el comportamiento en sentido transversal. No sólo serán importantes los tratamientos de limpieza o la aplicación de productos preservantes sino también las operaciones de consolidación y refuerzo estructural incluyendo las sustituciones parciales de elementos dañados, con especial atención a la pudrición de cabezas de las vigas. Es decisivo el análisis del estado de la estructura tras su refuerzo para comprobar el comportamiento estructural ante el sismo una vez ejecutado este.

Conclusiones

En la mayoría de los países considerados de elevado riesgo sísmico un terremoto en las condiciones actuales puede provocar daños importantes en el patrimonio arquitectónico. Difícilmente las actuaciones posteriores podrán recuperar tanto la pérdida de vidas como la pérdida de identidad provocada por el colapso estructural que lleva aparejado la pérdida del contenido que atesora entre sus muros.

Es fundamental desarrollar instrumentos de control para el desarrollo urbanístico y del planeamiento como prevención del riesgo. Asimismo se deben desarrollar programas de mantenimiento de la edificación en los que se incluyan ensayos específicos para la evaluación del riesgo sísmico, especialmente en el caso de estructuras de madera. Se estima que el refuerzo sísmico de un edificio oscila entre los 100-1000 €/m^2 cantidad insignificante si la comparamos con la pérdida de un bien patrimonial.

Todas estas recomendaciones deben ser tenidas en cuenta para la recuperación de la arquitectura tradicional en zonas sísmicas en previsión de los daños irreparables que pueden ocasionar futuros terremotos sobre el Patrimonio. Será fundamental el intercambio de experiencias sobre las intervenciones realizadas y los sistemas de reparación en cada caso específico.

Referencias

[1] García Arribas, R., “El peligro sísmico en Andalucía”, INDYCCE, COAAT Málaga, Málaga, 2002.

[2] “Código Técnico de la Edificación”, Ministerio de Vivienda. Madrid, 2006.

[3] “ITE. Protocolo de Inspección Técnica de Edificaciones” COAS, FIDAS. Sevilla, 2005.

[4] Participación en el proyecto de investigación “Comportamiento sísmico de edificios construidos con técnicas tradicionales. Evaluación de la seguridad estructural. Propuesta de técnicas de rehabilitación no destructivas” en colaboración con diversas universidades chilenas.

[5] Jaramillo, A., Mendoza, F., Ruiz, J., “Subsuelo y rehabilitación de la Iglesia del Salvador de Sevilla”, Informes de la Construcción. Pdte. de publicación.

[6] Participación en el proyecto de investigación “Obtención de un método no contaminante y sustentable que permita la conservación de edificios antiguos construidos en madera. Aplicación al casco histórico de Morelia” en colaboración con la Universidad de San Nicolás de Hidalgo. Morelia (México).

[7] IAEE, “Guidelines for earthquake resistant non-engineered construction”, NICEE, Kanpur (India), 2004.

[8] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) “Manual de evaluación y rehabilitación sismorresistente de viviendas de bahareque tradicional”, Ed. AIS, 2007.

THE MEDIEVAL TOWN OF VAIRANO PATENORA. RECOVERY AND SEISMIC IMPROVEMENT METHODOLOGIES AS DEFINED BY THE DIRECTIVES OF NEW ITALIAN SEISMIC LEGISLATION.

Camilla Sansone
University of Studies of Molise– Faculty of Engineering – Dip.to S.A.V.A – Section Engineering and Environment Corso duca degli Abruzzi Termoli (CB) - Italy

camilla.sansone@unimol.it

THEME AREA 3: Projects of Intervention on cultural heritage

Abstract: The introduced study is inserted within a program of retraining in action, and it is finalized to the recovery of the Ancient Suburb of Vairano Patenora, that results completely abandoned to the actual state to the borders of the modern village. Departing from a historical and urbanistic close examination of the territory, this work has deepened with particular attention the technological and typological analysis of the building fabrics, the individualization of the characteristic architectural aspects of the suburb, the study of the materials and of the constructive techniques, the editing of cards of evaluation of the technological indicators, of the disarrangement and of the vulnerability of the different buildings of the suburb. The search concludes it with an hypothesis of project for the recovery and the refunctionalisation of the Norman Fortress and three housing unities, with the proposal of intervention for the recovery of the functional fitness of the structures and the analytical verification of the behaviour of the buildings under the action of seismic strengths, according to the normative in force.

Keywords: recovery, technology, risk, vulnerability

Introduction The evaluation of the potentialities of the building patrimony of the historical centres and the necessity to individualize the fittest tools to their functional and technological recovery is assuming a remarkable role both for the operative search and for the politics of management of the territory. Retraining, recovery, reuse, are today passwords of a tendency that, crossing the historical, artistic and economic interest, it permeates the general debate on the architecture of the present.The territorial unbalances, determined by the models of urbanistic development adopted in Italy in the second halves the twentieth century, have conducted to the conclusion that the new urban experimentations have not improved the quality of the life. The modern ways to live appear poorly fit to replace the intrinsic architectural values of the historical fabric.The custom to consider the Historical Centers as places to leave unchanged, has determined a strong system of guardianship through the tool of the tie. This methodology has dissuaded the building contractors from the recovery, for the difficulties determined by the bureaucracy. The most ancient buildings frequently have elementary forms strongly typified: the residences that were built in a certain historical period, in a certain area, they satisfied functional homogeneous demands, of cult, of residence or of defense. Described conditions have determined an integral maintenance of the buildings of the ancient centers, but they have also caused the technological and functional degradation of them.
The fortified town of Vairano, part of the Longobard county of Teano, was founded as territorial presidium between the ninth and tenth century.



Image 1. *The Ancient Centre of Vairano Patenora*

In the following centuries it passed hands several times, following the succession of different feudal dominations until 1806, when feudalism was abolished. The urban layout of Vairano did not suffer major changes: houses that lead up the top of the hill, where the castle, quadrangular with four corner towers, stands and enclosed by walls characterized by the presence of sixteen towers. Access to country was through three doors: Porta Castello, Porta di Mezzo, and Porta Oliva. Of special interest are cave architectures identified as suggestive hypogean cavity of human creation: most are simply the underground cavities which almost all the houses were equipped with. Their shapes and sizes, as the assembly criteria result drawn by the necessity of living and the available technical resources. The most valuable residences, like Villa Cirelli and the Palace of Jeremiah de'Geremei and the Church of St. Thomas have architectural features and design of value perceivable for the external finishes.

Technological features of the constructive systems The buildings of the village have as their common feature an average height of three stories above ground that emerge directly from the rock and follow the slope allowing differentiated access to different levels. The structure is made of load-bearing stone masonry: of large width, the walls have abundant mortar and are left to view outside and plastered inside. Widespread state of decline and abandonment has necessitated a careful study to identify types of architecture through a cataloguing of the types of technology. The walls, characterized by double external and internal lining and the core, built with a mixture of materials, that is the weak point of the structure. The residential buildings are instead made with walls of limestone or gray tuff blocks linked by mortar of excellent quality. The textures found in tuff walls are made with squared blocks with irregular or regular weaves and are composed in cavity walls while for those in roughly bossaged limestone blocks, assembled horizontally or vertically without any care in the placement of joints between contiguous elements . This process creates a discontinuity in the layout of overlapping joints between the stone elements that determine a smaller consistency of the manufactured element generating preferential crisis sections. The stones of the vestments have considerable differences in size, but starting from the base and at regular intervals of seventy centimeters there is a layer of mortar that lets you define that wall is a yard è *a cantiere*. The reduced resistance characteristics of these walls requires the adoption of thicknesses at the base of 50-60 cm tapering to the upper floors. For the shape and size of the stone blocks used these masonry works essentially for gravity, stabilizing thanks to enormous weights. The disadvantages stemming from dimensional variety of stone blocks, such as non-horizontal rows, minimum contact surfaces, uneven transmission of the loads with holes in the walls are limited by the use of abundant mortar that in addition to cementing the stones facilitates the installation and, filling homogeneously the interstitial cavities, ensures a more uniform load distribution. The compression of the stone block in its housing determined by the amount of superabundant mortar guarantees perfect covering of the sidewall and of the laying bed at the same time allowing the escape of mortar in excess. The mortar used is a mortar cement with a high particle size and low water content. The resistance of masonry, of uneven and not isotropic stones and mortars, is strongly influenced by the factors listed: characteristics, processing and configuration of components, layout, is likely to absorb almost exclusively compression loads, with traction resistances next to zero. The angle brackets are made with techniques similar to those of wall panels, characterized by frequent mixture of blocks of tufa regular in shape with roughly bossaged limestone, but the connection system necessary to ensure strength and stability to all, was not detected in the structures analyzed.





Image2. *Wall structure.* ***Image3.*** *Angle bracket* ***Image 4.*** *Structural arch*

The access stairs to dwellings are made of stone structure on vaults leaning on the side of the walls of the stairwell or on the lateral arches supported on these walls. The step supporting vaults, are barrel rampant. The structure is built with roughly cut stones. The steps are structurally supported on the extrados of the vault. The realization of barrel vaults started at the two shoulders and proceeded symmetrically to the key wedges. The installation of these wedges, supported by wooden ribs, was achieved through thin mortar joints aligned along the axis of the vault and staggered along the perpendicular direction. The static function of the mortar joints has the exclusive purpose of adjusting the outer edge of the wedges allowing uniform distribution of loads on the surface of the stone. The stairs use a simple systems, with rectangular plan ramps. The interior stairs of the housing, both rural and noble, are made of wood.

Distinguishing features the structures of the village, a sign of special attention to the static problems of the load-bearing structures are the flange plates, headsills and exhaust arches. The, stone and wood, flange plates and headsills are mostly well-preserved and free of structural failure, perhaps due to reduced width of the openings. To reduce the burden on headsills wide discharge arches have been made in the stone and brick masonry that increase and redistribute loads, playing a structural role of paramount importance. The presence of masonry inverted arches occurs even in the absence of openings to direct the main tensions towards more stable foundation.

The roof systems both flat and curved, are all structurally pushing elements and therefore free from tie rods. One of the more frequent types, both in rural buildings and noble palaces is the single pitched wooden structure that lay on the perimeter walls. The support of coverage mantle on the perimeter walls will be executed through a verge of small-sized stones mixed with mortar but there are no wood sleeper. The gutter is shifted outwards and is supported by a longitudinal beam set on wooden elements wedged in the walls. In the absence of gutters we find the technique of the "*romanella*", an rainwater drain system made with tiles staggered on double or triple layer. The coverage of the church of St. Thomas is realized with a dome. The vault systems, frequent at the first level of buildings, usually in bricks, are made of stone from splitting. The upper floors use vaults in some valuable architectural buildings while minor building have wooden ceilings. The portals that frame the access openings to the buildings are characterized by fine stone arches that, as well as playing a decorative role, restore the continuity of masonry ensuring the transfer of loads on structural parts that surround the openings. In the village equilateral and skene arches were found. The processing of the stones ensures a perfect fit with joint surfaces to allow better distribution of pressure and the maximum contrast between the blocks.





Image5. *Vaulted system.* ***Image6.*** *Dome of St Thomas* ***Image 7.*** *The technique named romanella*

The configuration of the blocks varies depending on the thickness of the structure and curvature of the intrados. The assembly has characteristics similar to that of the external walls even though the size is smaller, while presenting the same excess of mortar. The floors are made with planks on chestnut beams in both simple framework along the smaller side, and double framework laid directly on the walls with a spacing of about 80 cm without the use of a sleeper beams. The structure at the intrados is finished by false canvas. The structure is finished at the extrados with a layer of material linked with underlying mortar to cement the floor. The openings are finished in tuff blocks or cut stone. The wood or stone flange plates are visible. The cantilevers are present only in significant housing architecture and are made with stone slabs wedged in the masonry, with lower moldings and wrought iron railings.

Types of structural risk the construction fabric present on the territory and has characteristics of urban configuration and technology that will make it susceptible to various types of risk such as environmental, seismic or hydro geological that related to structural deficiencies and

maintenance result in an increase in the degree of damageability of the buildings. The types of risk identify a loss or a indicative reduction of structural safety margins determining phenomena of widespread structural collapse. The experience of surveys of damage as a result of seismic events and practice of structural intervention aimed at identifying the most common collapse mechanisms provide the most appropriate assessment tools to prevent the phenomena of structural damage. A first information is that the collapse mechanisms are frequently peculiar of a building type and technical assembly of materials. One of the objectives is to provide a set of tools to be able to identify, among the various types present in buildings analyzed, those indicators of structural vulnerability that need work in order to achieve a significant increase in static security of the building. First we must identify the elementary risk (static, seismic, hydrological) that contributes to define the complex structural risk. For each of these types we must activate mitigation strategies through coordinated prevention and protection. The prevention interventions are applicable through the provisions dictated by the rules affecting certain types of structure or requirements on the construction in seismic zone as L'OPCM of 20-03-2003 No. 3274 which defines the "First elements relating to general criteria for seismic classification of the national territory and technical regulations for construction in seismic zone" which, by radically changing the criteria for prevention seismic force introduces the presence of seismic risk throughout the country. The second type of intervention that is the protection, is rather more difficult to implement because it takes place during the useful life of the building and its effectiveness is directly linked to the sensitivity of the users of the buildings.

The components that define the structural risk are essentially three: danger, (the probability that a phenomenon occurs in a given site), exposure and vulnerability (propensity to damage to a building), which define the parameters to activate the protection and prevention strategies from risks that affect the structures of buildings belonging to previously identified typological classes.

Indicators of vulnerability for the functional regeneration plan of Old Town. The design approach takes into account, according to the regulations mentioned, indicators of vulnerability, namely precursors of damage rather than, as was the case previously, indicators of damage, on which it was necessary to restore. The procedural approach to the project follows a path complementary to custom and aims to finalize perform actions to ensure the effectiveness of interventions.

- Survey of the actual state for the identification of specific building types, the characterization of the constituent materials technological and structural determination of the characteristics of resistance of materials and the state of degradation of the same.
- Identification of indicators of damage, if available
- Identification of indicators of vulnerability under the various types of external stress
- Assessment with parameters of conditions of vulnerability in terms *ante operam*
- Identification of the types of intervention aimed at reducing structural conditions of vulnerability.
- Economic computation of structural interventions - verification of alternatives that, acting on other parameters of vulnerability obtain a technical and economic optimization - verification in the project of the solution chosen by the calculation of a new index of vulnerability *post operam* This approach philosophy of the problem of structural risk allows continuous monitoring, of the degrees of structural safety of the building. For implementation an instrument guide must be developed and streamlined to enable the continuous acquisition and verification of information. The operating model developed called immediate catalogue of the building. In order to identify the most appropriate technical assistance in risk reduction must be structural drawn a case for reducing vulnerability to adapt in each case the type building materials and construction.

The *indicators of vulnerability* are the result of knowledge of the mechanisms of possible collapse in relation to external pressures that may trigger actions damage. The actions are considered to be static, produced by vertical loads, and the dynamic ones produced by the earthquake, wind or other vibrant impulses and the assessment of the effects depends on the type instrument which broadly distinguishes the system to load bearing structural frameworks.

For mixed structures we refer to the prevailing system in quantitative terms. The village of Vairano refers mainly to a system in load-bearing masonry. For this type of vulnerability indicators are characterized in the subsequent breakdown.

- *Type and organization of the resistant system - Efficiency of connections*. It takes into account the efficiency of links between horizontal and vertical structures, and hence to the functioning of the box through the survey of the presence of links, presence of connections of the corners, of links between the seven walls.
- *Quality resistant System.* Consider the quality, consistency and organization of vertical walls from which depends the ability of walls to transferring loads provided by the ceilings.
- *Conventional Resistance*. Emphasize the resistant quality and quantity of masonry through an analysis which considers both the intrinsic resistance of masonry regardless of their section resistant
- *Position and foundations.* Takes account of two prevailing aspects: the nature of the land and their ability to amplify seismic stresses and morphology of the site that leads to a variation of the geometric height, as in the case of foundations positioned on different levels.
- *Horizontal structures*. Considers the nature and effectiveness of the connections between the floors and walls in order to assess the efficiency of the floors.
- *Planimetric configuration.* Takes in account of the plant through the evaluation of the relationship between the size of the building and any planimetric differences.
- *Configuration in elevation.* takes into account variations and differences in elevation and variations of mass.
- *Distance load bearing walls*. Consider the efficiency of the system through the distance between the perpendicular placed load-bearing masonry.
- *Roofing - Facilities coverage*. Coverage is regarded as a special horizontal element where you evaluate the structural elements and the forces they generate, weight and length of support.
- *Non-structural elements.* It takes into account the decline of resistance determined by a state of damage which the presence of damage, state of degradation due to maintenance deficiencies present in structural elements. The lack of unplanned maintenance, in fact, especially in poorer and more easily degradable masonry, reduce progressively the resistant section with severe injury.



COMUNE DI VAIRANO PATENORA — SCHEDA 1

INDICATORI DI VULNERABILITA' E TIPOLOGIE EDILIZIE

Unità immobiliare 1.1

BREVE DESCRIZIONE

L'unità edilizia conserva la sua muratura in pietra calcarea originaria; essa è stata restituita con apparecchi irregolari, ma con cantì d'orizzontamento; l'edificio si articola su due livelli e l'accesso è costituito da una porta ad arco ribassato; la finestra al primo livello posteriore non inferiorità di recente costruzione ed è costituita da una piattabanda in legno; la finestra al secondo livello invece, è in legno con davanzale in pietra privo di modanature e piattabanda anch'esso in pietra.

Sul prospetto laterale è ben visibile una trave in legno (probabilmente una ex piattabanda) all'altezza della fine finestra al secondo livello.

Sezione 1 tipologie edilizie		
Edificio in muratura		
Struttura in fondazione	superficiali su roccia	
Struttura in elevazione	blocchi lapidei sbozzati, pietrame di varia pezzatura	
Malta	aerea	
Strutture orizzontali	Solai in legno	
Scale	In legno	
Copertura	Legno spioventi	
Sezione 2 elementi strutturali specifici		
Strutture portanti		
Indicatori di vulnerabilità		
Età dell'impianto originario	<1800	▲
Consistenza della muratura	media	●
Tessitura irregolare	qualità media	●
Tipologia blocchi	muratura a sacco caotica	▲
Presenza catene, cordoli e tiranti	assenti	▲
Presenza architravi, cerchiature aperture	presenti	■
Indicatori di danno		
Lesioni capillari superficiali	presenti	●
Lesioni passanti	assenti	■
Parete fuori piombo	assenti	■



Table 1. *An example of card for the evaluation of the indexes of vulnerability.*

Conclusions

The tool of investigation elaborated on the indicators of vulnerability and damage, allows an evaluation detailed of the structural and implantistic safety of the building. The method of analysis individualize, for the load bearing or technologically remarkable structures, indexes of vulnerability and damage in the different sections. The investigation interests the more remarkable structural elements and the structures: on the base of the results it is expressed a structural safety judgment that founds itself on the level of risk.

Low risk: black square. Middle risk, black circle. Tall risk: triangle black.

POSITIVE JUDGMENT OF STRUCTURAL SAFETY: building practicable. Are proposed interventions of ordinary maintenance

INTERMEDIARY JUDGMENT OF STRUCTURAL SAFETY: building practicable but characterized by structural safety conditions that require a diagnostic close examination. Are proposed interventions of emergency for put in safety the structural elements

NEGATIVE JUDGMENT OF STRUCTURAL SAFETY: building not practicable is necessary the evacuation. A plan of intervention must be planned for the structural elements

The judgment expressed in this way allows to individualize the interventions necessary to put in safety the buildings or points out the need to deepen the investigations.

Referencias

M. D'Aprile, "Murature tradizionali in Terra di Lavoro", Napoli, 1992.
M. De Matteo, "Edifici in zona sismica", Sistemi Editoriali, Napoli, 2006
G. Di Muccio, "Storia di Vairano Patenora", Vairano Scalo, 1990
F. Iacobelli, "Progetto e verifica delle costruzioni in zona sismica", EPC, 2000
A. Panariello, "Storia di Vairano e Marzanella", Graphium Arti Grafiche, Vairano Scalo, 1996.
L. Santoro, "Tipologie edilizie e interventi di miglioramento strutturale", Dario Flaccovio Editore, 2002

BUILDING MATERIALS AND TECHNOLOGY APPLY TO COLONIAL RELIGIOUS ARCHITECTURE IN RIO DE JANEIRO

C. Nóbrega [(1)], R. Trevisan M. Ribeiro [(2)]
PROARQ, Faculty of Architecture and Urbanism Post-Graduation Program, Federal University of Rio de Janeiro, Avenida Pedro Calmon, 550/ 4º andar, Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ, Brazil.

claudiacln@uol.com.br[(1)] , rosinatrevisan@gmail.com[(2)],

THEME AREA: STUDIES, METHODOLOGIES AND DIAGNOSIS FOR THE CONSERVATION AND RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE.

Abstract

The churches and other religious buildings are among the most important architecture works in the Brazilian colonial period. This paper intends to study the building technology applied to the religious colonial monuments. It also aims to recognise the materials, techniques and particularities related to local geography and buildings sites. Stones such as granite and gnaisse are largely applied on masonry and all kinds of stoneworks used on façades, walls and ornamental details that characterize Rio de Janeiro's colonial architecture. Diversely, during the same period, "lioz" stone was used in Lisbon and calcareous rocks and sandstone were used in the costal cities of the Brazilian Northeast.

The study of historical building technology is of overwhelming importance for contemporary restoration projects and for the specification of new materials compatible with surviving original ones. The knowledge of the physical properties of old and new materials and their suitability for restoration technology will contribute to the quality and the perpetuation of historical colonial monuments in Brazil.

Key words: Building materials and techniques, colonial religious architecture.

Foreword

This paper is part of a CNPq-sponsored research conducted under the Federal University of Rio de Janeiro's School of Urbanism and Architecture post-graduate program (Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ) together with the Federal University of Espirito Santo Arts School Post-Graduate program (Programa de Pós-graduação em Artes da Universidade Federal do Espírito Santo) Graduate students of the UFRJ School of Architecture that are enrolled in subject-related Scientific Initiation projects contributed.

This paper will analyze the building materials and techniques used in religious monuments built during the colonial period in Brazil, more specifically in the city of Rio de Janeiro. Thorough knowledge of the materials and their properties as well as the manner in which the building elements were performed is paramount to ensure high quality intervention and consequently the perpetuation of the historical monument as an icon of national heritage.

The early 17th century Nossa Senhora de Monserrate church at the São Bento monastery, downtown Rio de Janeiro, was chosen as an example of the issues addressed in this paper. It is a typical example of colonial religious architecture, and received the historical monument status from the National Historical and Artistic Heritage Institute (IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) in 1938 due to its great historic and artistic value.

1. Colonial Religious Architecture

The kings of Spain and Portugal, as powerful players in the counter-reformist movement, joined the monastic religious orders in the mission to conquer the souls of the population found in the Americas. Hence, the first Portuguese colonials that arrived in Brazil were accompanied by Jesuits, Benedictine, Carmelite and Franciscan priests, the latter coming to build their churches, convents, monasteries, schools and asylums. Several of these buildings have been acknowledged worldwide as major Baroque architecture, and are considered as the most significant Brazilian colonial period architectural constructions as far as the building techniques and systems are concerned. Among this heritage, the monasteries, convents and churches built in the city of Rio de Janeiro during the referred period are noteworthy.

Brazilian colonial architecture in Rio de Janeiro comprises the period from the town's early days in mid-16th century, until early 19th century, when the Portuguese Royal family moved to Brazil in 1808. During this period of approximately two and a half centuries there were very little changes in the manner in which buildings were planned and materials and techniques were applied.

Constructions during this period may be classified into three major categories – military, religious and civilian architecture. Religious architecture, of an essentially utilitarian nature, was an instrument to provide spiritual solace to the population.

During this period in Rio de Janeiro, "the churches played a major role as symbols of architectural quality" (NÓBREGA et al in: CZAJKOWSKI, 2000, p. 14). They were the most significant buildings in town, and were originally built on the higher areas, but as of the 18th century, became distributed throughout the lowlands as well. .

As a rule, religious buildings employed qualified and specialized labor. The design and structural concept of the buildings were incumbent upon military engineers, while the interior decoration was commissioned to several professionals – engravers, carpenters, sculptors and painters, among others.

The Rio de Janeiro colonial churches, no exceptions made and regardless of their layout or volumetry, were all built in self-portant stone or combined masonry. The primitive chapels were even built in clay compressed horizontally (*taipa de pilão*) onto vertically placed wood or bamboo slats (*pau-a-pique*) but the permanent churches were built in stone, in a larger scale, probably due to the durability and resistance of stone and also to the existence of nearby quarries. The cut or squared stones are exposed on the façades marking the composition by contrasting with the whitewashed masonry areas. Structural elements such as quoin, vault thresholds, cornices and decorative elements such as pinnacles are made in stone. Stones were also used as the internal lining for cross vault that usually cover the side chapels, arches and pillars.

Wood is used in colonial churches as structure for two-slope ceramic tile roofs, doors and windows, and specially, as inner lining of walls and ceilings. On walls, there are carvings that cover entire walls of the nave and main chapel or specific elements such as retables, tribunes and pulpits. The richness and exuberance of these elements, although conceived as isolated pieces and subsequently merged into the church area, have an impact on these inner areas due to their richness of the carvings and monumentality of the pieces.

2. Nossa Senhora de Monserrate Church – a case study

Based on previous research such as the ones conducted on colonial religious architecture in Rio de Janeiro by Germain Bazin (1983) and Sandra Alvim (1997), this paper chose one of the most significant Rio de Janeiro monastic colonial churches as far as the religious architectural building materials and techniques are concerned: the Nossa Senhora de Monserrate church at the São Bento monastery. The variety of building and overlay material applied to the church, the massive primary documentation available, and its good maintenance conditions were crucial in providing an overview of the materials and their respective uses in local colonial religious buildings.

The construction of the São Bento church began in 1633, although it was designed in 1617 by the major-engineer in Brazil, Francisco Frias Mesquita, who designed many fortresses along the Brazilian coast. Later, in 1670, the church was expanded and changed by a monk who had been a construction foreman and served in the military prior to joining the monastery – Friar Bernardo de São Bento.



Photo 1: *Nossa Senhora de Monserrate church at the São Bento monastery, 2007.*

Francisco Frias de Mesquita and Friar Bernardo de São Bento were two highly qualified professionals. The São Bento religious order stands out in Brazil due to the fact that among its members there are monks whose knowledge of arts and erudition surpass their religious training. The sculptures, engravings and paintings found in the São Bento monastery and church were made by artist and professionals who were either Benedictine monks or laymen who subsequently joined the monastery in Rio de Janeiro, as in the case of Friar Bernardo de São Bento. The variety and large amount of qualified professionals that worked on the Benedictine church and monastery is evidenced through primary documentation sources and by the work they produced, such as the presbytery's famous painting "Cristo dos Martírios" by friar Ricardo do Pilar, one of the foremost painters of Brazilian colonial times.

Stone was used in the São Bento monastery church in its crude form – self-portant stone masonry compositions with lime and in elaborate form, i.e., squared stones. The latter form was used to enhance composition lines, frame openings and decorative elements on the face of the construction. According to a document source the crude form stones used in the masonry compositions was taken from a local quarry. Yet, as far as the squared stones are concerned, there is reference to the fact that some of the portals, panels and the church's pulpits were brought from Portugual, ready-made. The whitewashed masonry on the façade of the São Bento church contrasts with the composition lines, threshold frames and decorative elements. Stones are also used in the composition of galilee domes, and arches and vaults of the side chapels.

Inside the Nossa Senhora de Monserrate church, emphasis must be given to the use of wood to line the walls and ceilings of the nave and main chapel, which are covered by a continuous wood relief coated with gold. The reliefs of this church's nave and main chapel are some of the best examples of Portuguese-Brazilian relief, although they are not contemporaneous. The nave reliefs date back to the mid 1720's, while the ones that line the walls of the main chapel date back to the last decades of that same century.

Aside from the relief panels, this church also has richly crafted retables aside from saint images on the altars and nave pedestals, impressive sculptures that complement the Baroque atmosphere inside this church.

The nave is lines with wood panels that form one large barrel vault, which disguises the two-slope ceramic tile roof. On the side chapels there are some domes lined with golden relief as on the walls, and others have only paintings on the masonry. The paintings on the domes of the domes depicting Saint Bras, Saint Gertrude and Saint Laurence were only discovered in 1976

during the restoration work. There paintings were done between 1777 and 1779, and had been covered with a layer of white paint (ROCHA, 1991). The ceiling of the main chapel is entirely lined with pictorial wood panels also done by Friar Ricardo do Pilar.



***Photo 2**: View of the inside of the São Bento Church, showing a wood engraving.*
Fonte: http://www.osb.org.br/

Also in wood, the wind-shades and chancel doors are noteworthy. The wind-shades were made between 1733 and 1736 by José da Conceição and Simão da Cunha, who also made the Benedictine saints sculpted in mid-relief on the church carving. They were both important engravers and saint sculpturers during the colonial period in Brazil. The three wooden-padded doors were installed in 1671 and are also attributed to a Benedictine monk, Friar Domingo da Conceição da Silva.

Portuguese tiles are found in this church lining the walls, on the galilee side walls. They were applied in mid 18th century. According to D. Mateus Ramalho Rocha (1991), the galilee vaults were also lined with tiles, which, regretfully, no longer exist.

Our research indicates that the church underwent several refurbishments, and other materials and elements were added after the colonial period. Many of these have a considerable artistic value, such as the 1880 English iron gates, which currently protect the galilee entries and substituted the original ones, also made in cast iron. The same applies to the colored marble floor which, in mid 19th century, substituted the original ceramic flooring. According to Sandra Alvim (1997), marble was very expensive during the colonial period and there was a shortage of proficient craftsmen to cut and install it. The use of marble became widespread only during the 19th century, as during the colonial period it was used only in small sections of some churches.

Conclusion

It can be stated that the Nossa Senhora de Monserrate church at the São Bento monastery in Rio de Janeiro constitutes one of the most comprehensive records of building materials and techniques applied to local religious architecture during the colonial period in Brazil.

By analyzing an impressive collection of documents dealing with the construction, modification and expansion which the church and of the monastery underwent along time, the following was ascertained: qualified and specialized labor was employed; stone was used for the structure, in self-portant masonry and as squared stones for external and internal surface lining; wood was extensively used as an internal lining, in reliefs.

Additionally, there was a perfectly harmonious coexistence between the materials and techniques applied during periods subsequent and those used during the colonial periods, and they should be preserved during restoration work.

References

[1] Alvim S., “Arquitetura Religiosa Colonial no Rio de Janeiro. Revestimentos, Retábulos e Talha”, Rio de Janeiro: Editora UFRJ, IPHAN, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 1997.
[2] Alvim S., “Arquitetura Religiosa Colonial no Rio de Janeiro. Plantas, Fachadas e Volumes”, Rio de Janeiro: Editora UFRJ, IPHAN, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 1999.
[3] Bazin, G., “História da história da arte”, São Paulo: Perspectiva, 1983.
[4] Carrazoni, M. E., “Guia dos bens tombados”, Brasil: Expressão e cultura, 1987.
[5] Czajkowski, J. (org.), “Guia da Arquitetura Colonial, Neoclássica e Romântica no Rio de Janeiro”, Rio de Janeiro: Casa da Palavra, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2000.
[6] Rocha, M.R. “A Igreja do Mosteiro de São Bento do Rio de Janeiro”, Rio de Janeiro: Studio HMF; Lúmen Christi, 1991.

APORTACIONES METODOLÓGICAS A LA GESTIÓN Y EXPLOTACIÓN DE NUBES DE PUNTOS PROCEDENTES DE ESCÁNERES TRIDIMENSIONALES, APLICADOS A LA DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO. EL CASO DE LA PORTADA DE LOS HIERROS DE LA CATEDRAL DE VALENCIA

A. Rodríguez[(1)], J.M. Valle-Melón[(2)], J.I. Casar[(3)], J. Esteban[(4)]

[(1) y (2)] Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Nieves Cano, 01006 Vitoria-Gasteiz, Álava, España

[(3) y (4)] Conselleria de Cultura, Educació i Esport. Av. Campanar, 32, Valencia, España.

alvaro_rodriguez@ehu.es[(1)], jm.valle@ehu.es[(2)], casarpinazo@gmail.com[(3)], juescha@pra.upv.es[(4)]

ÁREA TEMÁTICA: ÁREA 2. ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL. INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

RESUMEN

La medida y representación de elementos patrimoniales, a través de su documentación geométrica, es una de las necesidades previas a la realización de cualquier tipo de intervención para su conservación o restauración, sirviendo tanto para registro del estado previo, como para el diseño métrico y espacial de las citadas intervenciones.

La diversidad técnica, metodológica e instrumental, existente en el entorno de la medida y la representación del patrimonio, obligan a un análisis previo de necesidades, posibles usuarios y recursos disponibles, que debe estar convenientemente sistematizado, con el fin de lograr la documentación geométrica que mejor satisfaga las necesidades técnicas y sociales, con una menor inversión de recursos.

Dentro de los sistemas instrumentales emergentes aplicados al registro del patrimonio, de esta última década, se han de considerar los sistemas de registro masivo de coordenadas, conocidos como láser escáner, láser tridimensional o escáner tridimensional. La ingente cantidad de información que generan supone un problema de almacenamiento y gestión para el usuario final, en primer lugar debido a la dificultad de localización del dato precisado en las nubes de millones de puntos, además y por el momento, no existen sistemas ágiles que permitan generar a partir de las nubes de puntos resultados similares a los proporcionados por técnicas como la topografía o la fotogrametría.

Por otro lado, los datos obtenidos por la práctica totalidad de los métodos e instrumentos aplicados en la medida y representación del patrimonio, en la actualidad, son de tipo digital, lo que obliga a establecer estrategias que permitan proyectar su trascendencia en el tiempo, situación que a día de hoy no está garantizada.

En el siguiente texto se exponen alternativas metodológicas a los problemas planteados en cuanto al diseño de la intervención, evaluación de alternativas metodológicas, gestión de la información procedente de las nubes de puntos y trascendencia de la información, aplicadas y contrastadas entre los que cabe destacar la “Documentación Geométrica mediante escáner tridimensional de la Portada de los Hierros de la Catedral de Valencia”.

Palabras clave: Documentación Geométrica del Patrimonio, escáner láser tridimensional, nubes de puntos, gestión y transcendencia de la información, metadatos.

1.- INTRODUCCCIÓN

La portada de los Hierros, de la Catedral de Valencia obra de Conrado Rodulfo en el s. XVIII, situada a los pies de la nave central, constituye uno de los iconos, artísticos y arquitectónicos de Valencia. En el momento de desarrollarse este proyecto estaban finalizando unas tareas de conservación y mantenimiento, que además de proteger y sanear la portada corroboraron el grado de deterioro en el que se encuentra la piedra blanca de Benigànim en la que se esculpieron las tallas, sobre todo en lo que se refiere a imaginería, y en particular en aquellas figuras que se encuentran en los dos tercios superiores de la portada, con mayor exposición a las inclemencias meteorológicas. Esta roca se ha vuelto muy deleznable, lo que impide una consolidación en profundidad y prácticamente condena a la desaparición a estas imágenes en un periodo relativamente corto de tiempo.

Ante esta situación, la Dirección General de Patrimonio Cultural Valenciano contactó con el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (LDGP) de la Universidad del País Vasco, con el fin de realizar un estudio sobre el sistema de documentación más adecuado para registrar, de manera permanente y exhaustiva, la situación actual de la Portada, y en especial de aquellas partes que todavía no se habían deteriorado pero de las que se conocía el proceso de deterioro que podrían seguir, a la vista de las zonas más afectadas.

Tras analizar el estado del monumento, las posibilidades de acceso a cada uno de los niveles, así como los requerimientos temporales y de aplicación posterior de la documentación a obtener, se realizó un proyecto, en el que se proponía el método de actuación considerado más adecuado por el LDGP, dadas las excepcionales circunstancias del monumento y de disposición tanto técnica como metodológica.

2.- OBJETIVOS

En general, los resultados de la documentación geométrica consisten en la extracción, a partir de los registros métricos correspondientes, de un conjunto significativo de planos de planta, alzados y secciones sobre los que poder realizar proyectos de ejecución, plasmar estudios de patologías, o servir de documento para la divulgación. En otras ocasiones se recurre al empleo de ortoimágenes de alzados o plantas y en muy contadas ocasiones se realizan modelos de virtuales de representación. Sin embargo, y debido a que la imaginería de la Portada está en claro proceso de degradación y/o desaparición, y tras realizar la correspondiente valoración de alternativas, se recomendó recurrir a métodos intensivos de registro, es decir, que recogieran la mayor parte de la información referente a la forma y dimensiones de la Portada.

Dentro de los métodos intensivos o de gran densidad disponibles en la actualidad, se pueden destacar la fotogrametría estereoscópica y los escáneres tridimensionales. Después de analizar las características de la portada, se descartó la fotogrametría debido a la necesidad de aprovechar la circunstancia de la presencia del andamio que recubría la fachada y que limitaría la distancia de toma, en el mejor de los casos, a unos pocos metros, lo que hubiese obligado a realizar infinidad de pares fotogramétricos de difícil apoyo y restitución. Por lo tanto, se consideró la opción del escáner tridimensional como más ventajosa, debido también a que se adaptaba mejor al tiempo disponible para la toma de datos, con lo que el coste económico total sería menor. No obstante, el escáner tridimensional plantea algunas limitaciones, ya que, si bien la adquisición y el registro de la información están muy avanzados técnicamente, la gestión y obtención de representaciones, no lo están tanto. Por lo que, la propuesta consistió en realizar la documentación mediante escáner tridimensional, clasificar los datos y confeccionar un multimedia que hiciera operativa su visualización y gestión.

Además se planteó utilizar una zona de ensayo en las que se aplicaran nuevos métodos para la generación de productos vectoriales.

3.- DESARROLLO

La ejecución del proyecto se centró en la obtención de unos resultados, bien registros geométricos o bien representaciones, procedentes de procesos de registro métrico realizados en campo, y procesos de tratamiento de la información realizados en gabinete.

En el siguiente esquema se muestran en rojo los procesos de gabinete, en azul los de registro de datos, y en verde los productos finales, de los cuales se ha marcado con línea continua los presentados y con discontinua los intermedios y aquellos que se describen como posibilidades de explotación futura a lo largo del trabajo.

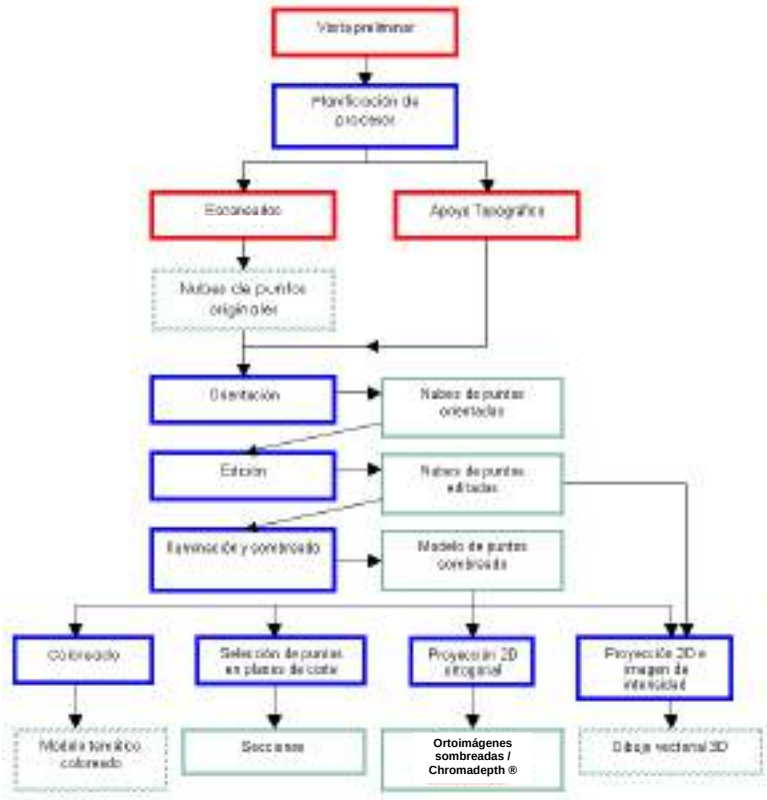


Figura1. *Organigrama en el que se relación los procesos y resultados*

3.1.- Procesos de registro de datos

Para el registro de datos geométricos se seleccionó, de entre los disponibles en el mercado el escáner FARO 880, este sensor dispone un emisor/receptor que unido a un espejo rotatorio permite obtener un perfil del plano vertical, por otro lado, dispone de un giro que va cubriendo toda la vuelta de horizonte. Las resoluciones angulares, es decir, la cantidad de puntos que mide por perfil y el número de perfiles en los 360º de horizonte son configurables definiendo los valores más adecuados en función del tamaño (huella) del pulso láser que realiza la medición y la precisión obtenible en la determinación de la distancia. En este caso se ha utilizado una resolución horizontal de 0’0008 rad y una vertical de 0’0016 rad lo que significa unos 26 millones de puntos por barrido.

El resultado de un barrido es un conjunto de puntos, es decir, coordenadas X,Y,Z a las que hay que añadir un valor relacionado con la intensidad del pulso recibido, que a su vez depende del tipo de superficie y del ángulo de incidencia del haz láser sobre la misma.

Hay que destacar que uno de los factores que decidieron la utilización de este modelo de sensor es precisamente el hecho de que realice barridos de toda la vuelta de horizonte. Si bien es cierto que la mayor parte de esta vuelta no contiene información de la fachada y que, por lo tanto, deberá ser eliminada durante la fase de edición, es posible utilizar esta zona

carente de interés, a priori, para situar las señales de referencia (esferas), con las que se orientarán los haces, lo que proporciona dos ventajas: en primer lugar, la distribución homogénea de las esferas, lo que repercute en la precisión al calcular la posición del sensor y, por otro lado, al poder situar las señales fuera del área de interés, se evitan ocultaciones del propio elemento a documentar.

La toma de datos contó con la posibilidad de realizar la toma de datos de manera singular, al simultanearla con el proceso de desmontaje del andamio que recubría la portada.

3.2.- Procesos de gabinete y resultados

Orientación de los barridos

El primer paso consiste en calcular las coordenadas de las señales de referencia, es decir, las esferas, que se utilizarán para orientar los barridos. Estas coordenadas se han obtenido midiéndolas por métodos topográficos, desde las estaciones de la red de referencia externa a la fachada, y su precisión se encuentra en $\pm$1 cm.

Una vez que se dispone de las coordenadas de las señales de referencia, se procede a la orientación de cada uno de los barridos, es decir, pasar de coordenadas relativas respecto al punto de toma, a un sistema de coordenadas común a todos los barridos y definido por las referencias topográficas.

Estas nubes de puntos orientadas son el primer documento que se presenta ya que contiene el máximo de información registrada.

Filtrado y edición

A continuación se comienza con el tratamiento de la información. En primer lugar se realiza un filtrado previo que elimina puntos ruidosos (cuya posición no se corresponde con la real debido a rebotes en partículas del aire, reflexiones o fallos del sensor). Otro filtro aplicado eliminan las zonas con baja reflectividad (zonas oscuras) ya que estos puntos se determinan con poca precisión.

Por otro lado, se debe eliminar todo lo que no corresponde a la Portada como son los andamios, las zonas adyacentes, o los propios operarios que aparecen en las imágenes.

Agrupación en elementos y remuestreo de la nube de puntos

Los barridos no son una unidad de trabajo significativa para las fases posteriores, por eso, se agrupan los puntos por elementos arquitectónicos, como figuras, lienzos o columnas.

Una vez dividida la fachada en los elementos que la constituyen, se procede a localizar los puntos que forman parte de ellos en cada barrido. Al encontrarse orientados, las diferentes nubes se corresponden directamente, no siendo necesario realizar ningún ajuste geométrico adicional.

No obstante, sí que se debe proceder a una homogenización de la nube resultante; en efecto, debido a las características de la toma de datos, la densidad de puntos será variable a lo largo de los elementos, por otro lado, la cantidad de puntos suele ser excesiva (varias decenas de puntos por cada centímetro cuadrado de superficie) respecto a la precisión geométrica (cercana al centímetro). La situación ideal consiste en disponer de puntos distribuidos regularmente por la superficie registrada con una separación acorde con la precisión geométrica.

Por lo tanto, se agrupan las nubes individuales que corresponden a cada elemento y se procede a remuestrear el conjunto, como resultado se ha obtenido una nube con puntos regularmente espaciados cada 5 mm. Para conseguir esto, se procede a redondear todas las coordenadas hasta la resolución del espaciado (en este caso 5 mm) y eliminar los duplicados.

Sombreado

El sensor registra directamente intensidades de rebote que permiten obtener un aspecto visual del relieve de la nube de puntos. Podría pensarse que al juntar los diferentes barridos se obtendría un modelo realista de los objetos, sin embargo, esto no es cierto, ya que como se ha indicado, el valor recogido (nivel de gris) depende de la distancia al objeto y el ángulo de incidencia del pulso. Al visualizar la misma zona desde otra posición del sensor, estos factores cambian y, con ellos, el nivel de gris.

Por lo tanto, el resultado de juntar los diferentes barridos presenta una gama de colores no uniforme en la que se solapan zonas claras y oscuras y que no permite interpretar correctamente los elementos, por ello se consideró más interesante recurrir a un sombreado artificial sustituyendo el nivel de gris registrado por el sensor por uno nuevo, calculado a partir de la nube y que represente una iluminación definida por el usuario.

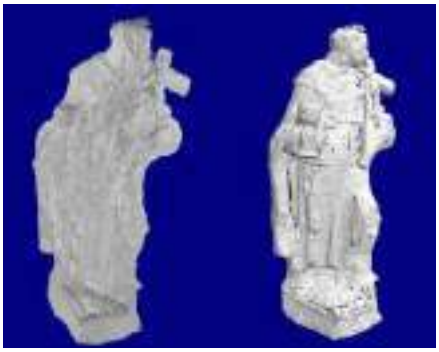


Figura. 2.- En la parte izquierda se presenta el modelo de una imagen en la que los puntos reciben el color obtenido del propio sensor, en la derecha, los mismos puntos pero con un nivel de gris calculado en función de una iluminación artificial el ángulo formado por dos vectores: el correspondiente a la fuente de luz y el normal a la superficie de incidencia.

Un paso adicional consistió en modificar el tono de forma selectiva, de esta manera, es posible sustituir el color blanco por cualquier otro, lo que permite las representaciones temáticas (materiales, estado de conservación, intervenciones a realizar, etc.).

Secciones horizontales y verticales

Las nubes de puntos se adaptan bastante bien a la obtención automática de secciones, para ello se define una fina sección formada por dos planos paralelos con separaciones que pueden oscilar entre unos milímetros a unos pocos centímetros. La sección se genera seleccionando los puntos que se encuentran entre los dos planos.

Ortoimágenes

A partir de las nubes de puntos tratadas como se ha indicado hasta este momento, se pueden obtener representaciones métricas bidimensionales como las ortoimágenes. Para su generación se define la dirección de vista, la resolución que corresponde al tamaño de la celdilla y los objetos que aparecerán en la misma. Las medidas que se realizan sobre este documento corresponden a escala con las reales. Dicha resolución debe ser coherente con la precisión de los datos de que se dispone, por lo que partiendo del tamaño de celdilla, se define la escala óptima de representación. Normalmente se utiliza el valor denominado límite de percepción visual que corresponde con la separación mínima entre dos líneas para que el ojo las aprecie como separadas, se trata de un valor empírico que, convencionalmente, se establece en 0’2 mm, sobre la imagen impresa en papel.

En este proyecto, las representaciones gráficas se han realizado a escala 1:50 con un tamaño de celdilla de 1 cm.

Chromadepth®

La difusión es uno de los objetivos principales del proyecto, dado que se trata de un modelo tridimensional, se ha buscado un sistema que permitiese la visión estereoscópica de los elementos de la Portada. Se ha utilizado un sistema de visualización estéreo basado en la graduación cromática denominado Chromadepth® en el cual los elementos con colores cálidos

(rojo) se ven con relieve respecto a los fríos (azules). Para la visualización del efecto esteroescópico es necesario disponer de unas gafas especiales para este sistema.

Entre las ventajas de este método cabe destacar la utilización de una única imagen (en contraposición de los anaglifos rojo-azul que requieren una fusión de dos), lo que significa que puede visualizarse incluso sin disponer de las gafas especiales (aunque no se aprecie el relieve). Por otro lado, la imagen es la misma ortoimagen a la que se le añade la información cromática en función del alejamiento en la dirección del observador.

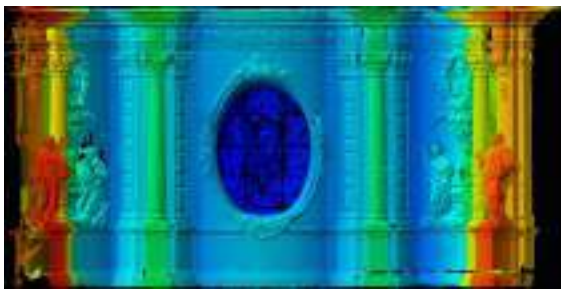


Imagen. 3.- Imagen de estéreo cromática del cuerpo central de la Portada.

Dibujo tridimensional

El dibujo tridimensional se puede realizar directamente explorando la nube de puntos en el espacio tridimensional si se dispone de algún sistema de CAD específico para este tipo de datos ya que el gran volumen de información hace muy difícil su manejo en sistemas convencionales.

Para este proyecto el LDGP ha desarrollado un proceso por pasos, en un primer lugar se calcula una imagen bidimensional que puede ser un desarrollo cilíndrico, una ortoimagen e incluso una imagen Chromadepth®, en segundo lugar se procede a dibujar sobre ella en un entorno CAD bidimensional y finalmente a proyectar estos vectores sobre la nube de puntos para obtener los vectores en el espacio tridimensional.

Multimedia

Durante todo el proceso se ha hecho hincapié en la utilización de formatos estándar de archivos que permitan la recuperación de la información en un futuro (trascendencia), por otro lado, cada documento se acompaña de la información necesaria para su correcta interpretación (metadatos).

Siguiendo con este criterio, para la visualización de los modelos se ha utilizado VRML[1] que funciona dentro de los navegadores de Internet. Se trata de un formato de texto de gran difusión que es reconocido por gran parte de los programas de modelado y diseño gráfico tridimensional, por otro lado, existen visores gratuitos que liberan de costes adicionales al usuario facilitando la divulgación de resultados.

4.- CONCLUSIONES

En este texto, hemos pretendido das unas pinceladas sobre algunos de los aspectos metodológicos más significativos del proyecto de documentación geométrica de la Portada de los Hierros de la Catedral de Valencia.

Evidentemente, un proyecto de esta envergadura no puede ser descrito en su totalidad en tan breve espacio por que remitimos al lector interesado a la página web [http://www.ldgp.es], o a la Conselleria de Cultura, Educació i Esport de la Generalitat Valenciana.

[1] **VRML** (acrónimo del inglés *Virtual Reality Modeling Language*. "Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual"). La última versión es VRML 97, descrita en ISO/IEC DIS 14772-1.

MONITORIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE FISURAS PARA EL DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL EN PATRIMONIO HISTÓRICO CONSTRUIDO

J. Yuste [(1)], R. Martínez [(2)] y V. Albert [(3)]
Area de tecnologías aplicadas al diagnóstico estructural y la gestión del Patrimonio
AIDICO – Instituto Tecnológico de la Construcción
Valencia Parc Tecnològic, Valencia – España

javier.yuste@aidico.es [(1)] Ing. Caminos, C.y P. MSc
rafael martinez@aidico.es [(2)] Ing. Caminos, C.y P.
vicente.albert@aidico.es [(3)] Ing. Telecomunicación

ÁREA 2. ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL. INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

I. RESUMEN

En el presente artículo se describen los trabajos realizados en la unidad de diagnóstico estructural de AIDICO (Instituto Tecnológico de la Construcción) en el campo del diagnóstico estructural mediante la aplicación de *Técnicas de Auscultación Avanzadas, Instrumentación y Monitorización de Estructuras del Patrimonio Histórico Construido.*

El artículo pretende dar una visión detallada de las ventajas que presenta la instrumentación en el diagnóstico estructural dado que esta, acompañada y apoyada por otros ensayos no destructivos, se hace imprescindible en una eficiente conservación del Patrimonio.

En la siguiente figura se muestra un diagrama con los elementos que forman un sistema completo de Instrumentación, y las interconexiones realizadas entre todos ellos,

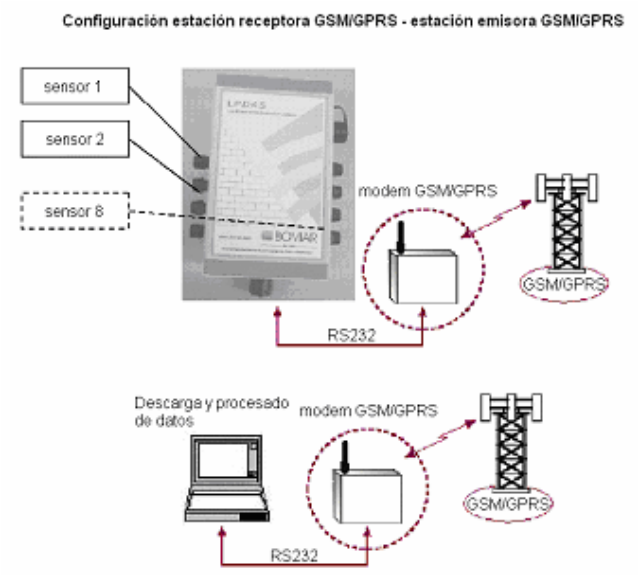


Fig. 1. Esquema de conexión GSM

II. INTRODUCCIÓN

En el campo de la conservación del patrimonio histórico construido, nos encontramos a menudo con la dificultad de estudiar y analizar las patologías aparecidas en edificios catalogados como de interés cultural.

Esta dificultad radica en la necesidad de hacer uso de técnicas no agresivas aplicadas al campo concreto de la construcción y la ingeniería civil. Dichas técnicas incluyen inspección sónica y ultrasónica, georádar, exploración mediante endoscopía, visualización termográfica, empleo de técnicas quasi-no destructivas como gatos planos y micro-drilling, etc.

Todas las técnicas no destructivas enumeradas anteriormente presentan un gran inconveniente. Se trata de ensayos muy localizados y que, por tanto, no permiten realizar una evaluación global acerca del estado en que se encuentra la estructura bajo análisis.

El diagnóstico estructural requiere de herramientas que permitan dotar a los técnicos de información fiable y completa acerca de la estabilidad de la construcción en su conjunto y con este objeto se realiza la instrumentación estática de edificios patrimoniales, principalmente en Iglesias.

El equipamiento colocado en las Iglesias consiste en un conjunto de fisurómetros y sensores de temperatura. Las lecturas tomadas por los diferentes sensores son procesadas y permiten, por tanto, mantener monitorizado el cuadro fisurativo presente en su totalidad. Estos sensores de desplazamiento y temperatura se completan en muchos casos con sensores de inclinación y convergencia para el seguimiento de deformaciones y sensores de humedad para tener una información más completa de los parámetros ambientales que afectan a la estructura.

Mediante el análisis de la evolución de las diferentes lecturas tomadas periódicamente, se pretende conocer el comportamiento de la estructura y valorar la estabilidad de la misma. Para ello, se debe discernir el efecto introducido por la temperatura en los movimientos de abertura de las diferentes fisuras monitorizadas. Estos movimientos son debidos fundamentalmente a los principios de dilatación y retracción de los materiales constructivos sometidos a grandes variaciones de temperatura.

El objeto del presente artículo se centra en los estudios realizados en algo mas de un año en la Iglesia de la Concepción Vall d'Almonacid (Castellón), Iglesia de la Inmaculada Concepción de Sot de Ferrer (Castellón), Iglesia del Cementerio General de Valencia (España) e Iglesia de San Pedro en Becerril del Carpio (Palencia).

En el presente artículo se presentan otros resultados obtenidos en el control de unas excavaciones llevadas a cabo en un solar de Valencia con motivo de la construcción de los sótanos un edificio. Estos resultados, si bien no pertenecen a obras del Patrimonio Histórico Construido, si que tienen una clara aplicación en la Instrumentación y el diagnóstico estructural.

III. DESCRIPCIÓN TEÓRICA

El sistema de monitorización y control es adecuado para la evaluación de la estabilidad de un fenómeno concreto a través del control de las lesiones aparecidas en una determinada estructura.

Como toda grieta o fisura se convierte en una nueva junta, las variaciones de temperatura y humedad implican variaciones de volumen en los materiales y por tanto se traducen en movimientos de la abertura de fisuración.

El problema a resolver es desligar el movimiento debido a la temperatura de una posible evolución de la abertura de fisuras debida a otra posible causa.

La metodología a seguir se basa en el análisis, cuando se dispone de suficiente número de datos, de los residuos de una función paramétrica de dos componentes, respecto de las lecturas reales.

La función paramétrica consta de una función armónica y una función lineal. La función armónica esta relacionada con las variaciones de temperatura estacionales y la función lineal, representa la deriva a determinar. La obtención de los parámetros desconocidos se realiza mediante la minimización del error cuadrático de los residuos, obtenidos con la medida de los distintos instrumentos. Una vez obtenida la función lineal de deriva ésta es la que puede indicar, si el proceso evoluciona con una pendiente más ó menos constante en el tiempo.

Este sistema puede ser de gran utilidad, permitiendo un conocimiento real de la estabilización de un fenómeno, lo que contribuye a evitar intervenciones muy costosas de recalces y en muchos casos innecesarias.

La limitación del método hasta la fecha es que necesita de un tiempo de registros elevado. Por otra parte, siempre es utilizable la instrumentación de control para el seguimiento tras determinadas intervenciones y así evaluar la eficacia. No obstante se ha desarrollado en AIDICO un software capaz de procesar los datos obtenidos en un intervalo más corto de tiempo, pudiéndose realizar una prognosis en el tiempo del comportamiento de la estructura a partir de su cuadro fisurativo.

Así pues, los objetivos son los siguientes:

a) evaluar la estabilidad de la fisuración para diagnóstico.
b) evaluar los riesgos en función del grado de avance de la evolución de las señales.
c) controlar la eficacia de posibles intervenciones como, atirantamientos, recalces etc.
d) Disponer de más datos para evitar costes de intervenciones innecesarias.

Para llevar a cabo el control y la monitorización de las fisuras detectadas en las iglesias estudiadas se ha empleado un sistema de instrumentación completo. Este sistema esta formado por:

- Fisurómetros, sensores de temperatura, inclinómetros, cintas de convergencia, acelerómetros.
- Un adquisidor de datos, una estación de comunicaciones GSM, software para conexión.

Cada fisura se mantiene monitorizada mediante un fisurómetro y un sensor de temperatura en cada uno de los puntos de interés localizados.





Fig. 2. Colocación sensores Vall d'Almonacid

IV. EVOLUCIÓN DE LAS MEDIDAS EFECTUADAS

Una vez se tienen correctamente colocados y calibrados los equipos, el puesto central de control instalado en AIDICO se conecta periódicamente a las estaciones LPdas vía GSM procediendo a la descarga de las lecturas realizadas.

De esta forma, tras un periodo de adquisición de lecturas de más de un año y medio en la Iglesia de la Inmaculada Concepción de Vall d'Almonacid, se obtiene el siguiente gráfico de evolución de temperatura y abertura de la fisura en uno de los puntos de control localizados.

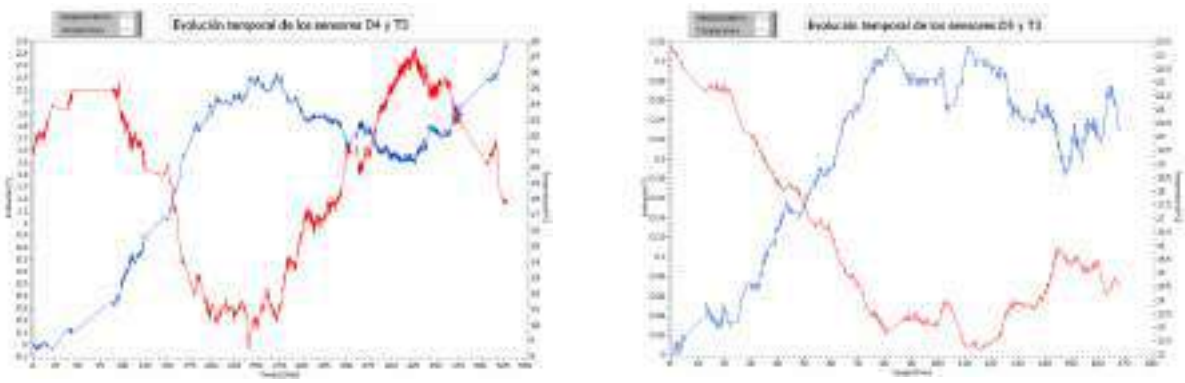


Fig. 3. Evolución lecturas Vall d'Almonacid

En las medidas realizadas se puede observar la componente armónica de las señales obtenidas. Esta componente viene dada por la variación cíclica de temperatura con periodo de un año.

En el caso de la señal obtenida en la Iglesia de Vall d'Almonacid, por ejemplo, presenta una deriva lineal superpuesta a la función periódica esperada. Esta contribución se debe a que la estructura no se encuentra estabilizada y no ha alcanzado un estado de equilibrio. De esta tendencia puede deducirse la existencia de daños estructurales que provocan estas variaciones en la abertura del cuadro fisurativo.

V. VERIFICACIÓN Y TRATAMIENTO DE SEÑALES

Previamente a la realización del procesado y evaluación de las lecturas adquiridas, se debe proceder a la comprobación de las mismas, tanto desde el punto de vista de la electrónica de los diferentes instrumentos de medida, como de la coherencia de las señales obtenidas en los distintos puntos de control.

El estudio de las funciones de correlación entre las diferentes señales obtenidas, permite concluir el grado de similitud que presentan las mismas. Esta práctica le confiere a la técnica de la Instrumentación Estática una ventaja frente a otros ensayos, puesto que permite evaluar la degradación de la estructura en su conjunto, independientemente de la localización de los puntos que se mantengan instrumentados.

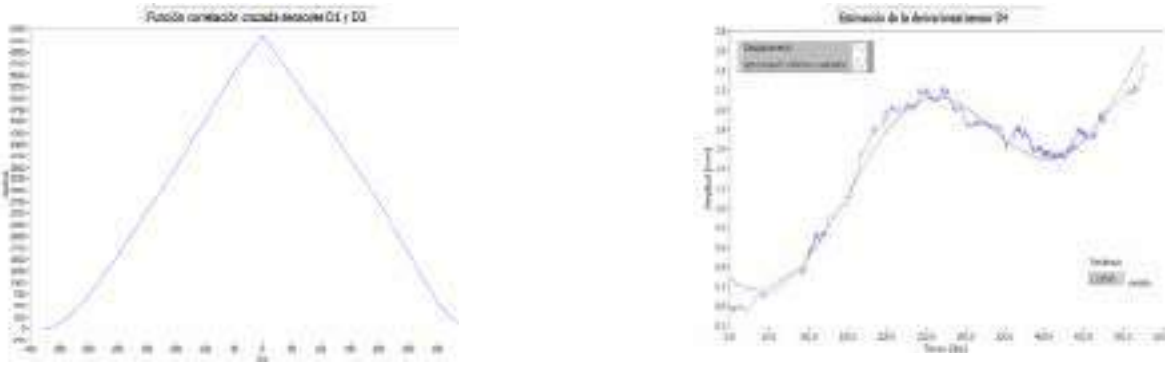


Fig. 4. Función de autocorrelación y deriva lineal

Los resultados obtenidos tras la el cálculo de la correlación permiten concluir que los movimientos que presentan las fisuras en puntos diferentes son totalmente dependientes. Ello permite, por una parte, verificar el correcto funcionamiento de los diferentes instrumentos de medida y, por otra parte concluir el grado de inestabilidad de la estructura en su conjunto.

Cabe recordar que el objetivo de este avanzado sistema de medición de grietas no es otro que el de llegar a discernir las variaciones en la abertura de la grieta que se deben a la temperatura, de efectos de otra índole de los que se podría deducir algún tipo de daño estructural.

Tras observar la periodicidad y la apariencia de las señales se aproximan las mismas mediante una función débil, pudiendo de esta forma evaluar cual va a ser la deriva de las señales. De esta forma se pretende deducir de la señal el factor térmico y el factor introducido por la propia patología presente en la estructura.

Con esta finalidad se están desarrollando en la actualidad unos modelos que en pocos meses o semanas sean capaces de sustraer dicha dependencia existente entre el movimiento de abertura de la grieta y la temperatura.

Todo ello se realiza mediante una aproximación cuadrática de la señal obtenida a una función matemática formada por una componente armónica introducida por la variación de temperatura y una componente de deriva lineal no explicada mediante dichas variaciones.

VI. CONCLUSIONES Y RESULTADOS

Las medidas de temperatura y desplazamiento obtenidas mediante la Instrumentación y Monitorización Estática de Estructuras permiten realizar un diagnóstico y análisis cuantitativo del estado en el que se encuentra la construcción bajo estudio.

A través de la monitorización estática estructural del cuadro fisurativo se puede evaluar el grado de estabilidad en que se encuentra la construcción a través de los movimientos presentes en las grietas encontradas. De esta forma, se puede conocer el margen de seguridad que presenta la estructura, a fin de estimar el grado y la urgencia de intervención necesarios en la misma.

Estas medidas deben ser complementadas con modelizaciones de Elementos Finitos y otros ensayos de tipo no destructivo que permitan realizar un análisis más profundo y cualitativo de los daños producidos.

En la difícil tarea de la Conservación del Patrimonio Histórico y Cultural Construido, se deben llevar a cabo acciones no agresivas como la descrita en el presente artículo, y que, a su vez, contribuyan a realizar un diagnóstico preciso y acertado con el fin de evitar intervenciones costosas en la estructura que pueden resultar en muchos casos innecesarias.

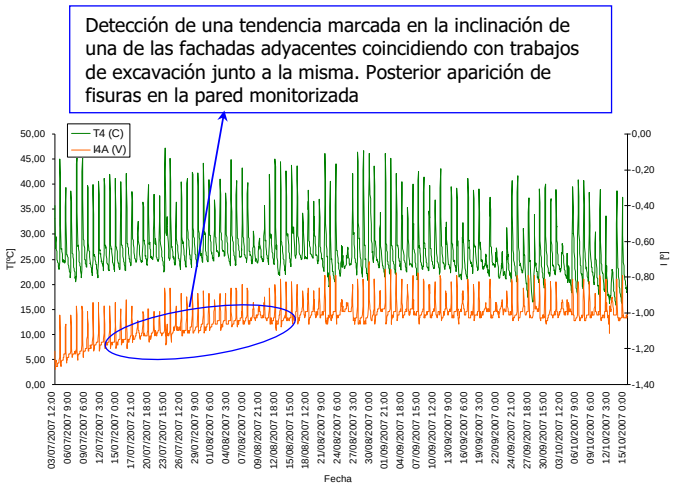
En el presente artículo se ha descrito en profundidad el caso de estudio más significativo de los realizados, si bien en este momento se están llevando a cabo seguimientos y estudios similares en diferentes obras patrimoniales e incluso en edificación civil, fundamentalmente para el control de excavaciones. En este campo, si bien no se trata de edificios patrimoniales, si que tiene una clara aplicación, pues mediante esta monitorización continua de los moviemintos se puede controlar los daños producidos en edificios adyacentes y realizar un diagnóstico estructural completo que garantice la integridad de los mismos.



Fig. 5. Iglesia de San Pedro en Becerril del Carpio

Los trabajos de monitorización y control de estructuras mediante instrumentación avanzada tienen como objetivo fundamental una mejor gestión del Patrimonio. En este aspecto se colabora con la Fundación Santa María la Real en un plan de monitorización de Iglesias románicas para una gestión más eficiente de los trabajos de rehabilitación a realizar en las mismas.

Asimismo, se realizan trabajos de monitorización y seguimiento en diferentes Iglesias de la Comunidad Valenciana mediante un convenio con la Dirección General de Patrimonio, como las ya comentadas de Vall d' Almonacid y Sot de Ferrer, la Capilla del Cementerio General de Valencia o la Iglesia de Santa Catalina de Alzira.



Todo ello se completa con trabajos propiamente de seguimiento de daños en edificación civil, tal y como se puede observar en la figura 6, en la cual se observa la evolución de un sensor de inclinación que presenta una evolución marcada en un momento dado de la monitorización y que posteriormente se pudo verificar con la aparición de daños no estructurales en los edificios bajo control.

IX

SEVILLA
9/10/11 JULIO 2008

AREA 3

CONGRESO INTERNACIONAL DE REHABILITACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO Y EDIFICACIÓN

PATRIMONIO CULTURAL E INNOVACIÓN

REHABILITACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA IGLESIA DE LA MERCED

E. Acinas Bermúdez [(1)] , R. del Barrio Tajadura [(2)]
Dpto. de Construcciones Arquitectónicas e Ingeniería de la Construcción y del Terreno. Área de Construcciones Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior. Campus La Milanera. Universidad de Burgos, España.

eacinas@ubu.es [(1)] rdbarrio@ubu.es [(2)]

ÁREA TEMÁTICA: CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO. PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL.

La Iglesia de Nuestra Señora de la Merced de Burgos es uno de los templos más populares y representativos de la Ciudad. Se encuentra situada en una de las riberas del Río Arlanzón, junto al Puente de Santamaría y frente al Arco de Santamaría y a la Catedral de Burgos.

La Iglesia fue construida entre los años 1498 y 1514, atribuyéndose la ejecución de este templo al Obispo Cartagena y a la Orden de los Mercedarios, a la que perteneció hasta 1836, año en el que la Orden se vio privada del edificio como consecuencia de la desamortización de Mendizábal.

En 1846 pasó a ser Hospital Militar y finalmente, en 1889 , fue adquirida por la Compañía de Jesús con el fin de destinarla a Retoricado.

En cuanto al estilo arquitectónico del edificio el mismo se corresponde a un gótico tardío. Tiene planta de cruz latina, con crucero o transepto, pero sin salientes de los brazos laterales, careciendo de cimborrio, triforios y girola, y conteniendo tres ábsides correspondientes las tres naves.

Asimismo tiene un coro en la crujía del pie, en la zona norte de la nave central, sobre el que se ubicaba un magnífico órgano Cavaillé-Coll, con doble teclado más su pedalier.

Cabe destacar que su portada es muy sencilla, con arquivoltas lisas y con ornamentaciones de animales, característica muy típica de Simón de Colonia, a quien se le atribuye el templo, con tímpano liso, contando con los escudos de sus mecenas los Castillo y los Pesquera, rematando su conopia central una exuberante macolla.

La Iglesia sufrió un importante incendio el 20 de abril de 2001. El fatídico fuego comenzó detrás del retablo de la nave mayor como consecuencia de un cortocircuito que provocó la combustión del cableado eléctrico, de tal forma que el retablo, atribuido a Urbano Santocildes, presidido por la magnífica talla del Sagrado Corazón, del escultor Font, desapareció pasto de las llamas.

El incendio destruyó las bóvedas del ábside, afectando a todas las centrales, tanto en sus arcos como en su plementería y cubierta superior, haciendo el efecto de horno panero hasta llegar al coro, destruyendo y afectando sus vidrieras, carpintería y mobiliario.

La piedra de los paramentos del ábside quedó muy afectada, llegando, incluso, hasta la sacristía cuadrada situada al sur.

Meses más tarde comenzaron los trabajos de desescombro y apeo de las bóvedas centrales alteradas, basándose en una superestructura de andamiaje estructural tubular metálico.

En este primer momento, se intervino también sobre la cubierta, procediéndose a la reparación de su apoyatura y al cosido superior del ábside.

Para poder ejecutar las obras se procedió a la instalación de plataformas de trabajo, preparándose desde las mismas los apeos con puntales metálicos y cimbras de madera, para recoger las cargas de los arcos formeros y de crucería, y de las claves de unión de las diversas bóvedas de encuentro.

La obra se inició por la cubierta, sustituyendo las cerchas quemadas o afectadas, así como los pares y correas de atado y tablero, chillas o ripias, rascando la capa de madera afectada por el fuego, y peritando la resistencia que podía tener, llegando a formarse la nueva cubierta, basándose en apoyatura de tablero de madera aglomerada hidrofugada, con capa de aislamiento térmico, y acabado interno de tablero de madera barnizada.



Foto 1.- *Ejecución de encalado en bóvedas*

Asimismo, operarios especializados en cosido de nervaduras fueron taladrando dovelas de los arcos y piezas de plementería para consolidar las bóvedas, efectuando esta operación previamente a haber limpiado y descarnado el intradós de las mismas, aplicándolas posteriormente una capa de lechada de cal, con ligeras adiciones de arena de mina, para conseguir su consolidación global.

Las bóvedas afectadas y reparadas fueron las de la nave central, comenzando desde la anterior a la del transepto o crucero, y llegando hasta la del altar.



Foto 2.- *Vista interior de la ejecución de la nueva cubierta*

Durante el transcurso de la obra el arco de la bóveda del altar, situado junto a la desaparecida bóveda del ábside, por su especial afección, y pese a la dificultad del apeo, realizado con puntales sobre vuelo de plataforma, llegó a caerse, aunque no la plementería al estar perfectamente apeada.

Una de los elementos más afectados por el fuego fueron los rosetones laterales al transepto, del cual el que mira al sur es de madera, y milagrosamente sólo quedó desencajado en sus piezas, y las vidrieras, especialmente las del ábside, de finales del Siglo XIX, realizadas en el taller catalán de Antoni Rigalt, las cuales desaparecieron.



Foto 3.- *Inicio de los trabajos de limpieza y consolidación de bóvedas*

El rosetón lateral norte del transepto, con filigranas de piedra, estaba totalmente destruido, encontrándose sus piezas desplazadas y degradadas, lo que obligó a su rehabilitación integral, preparándose los huecos para recibir las nuevas piezas de cristal.

Idéntico tratamiento se aplicó al resto de los huecos acristalados, preparándose bastidores nuevos y rejillas metálicas proyectoras.

Distintos especialistas en restauración de bienes muebles, escultura y pintura realizaron las restauraciones de los retablos laterales y de los arcosolios, recuperando su pigmentación cromática primitiva.

Por otra parte se prepararon en obra las cimbras dobles y camones para la realización de todos los arcos de piedra de la zona de las bóvedas del ábside, habiendo efectuado previamente la medición ajustada de esas cimbras y camones. Se establecieron las monteas y trazas de los arcos y piezas auxiliares en el suelo de la nave central de la iglesia.

Con la supervisión de la dirección facultativa de la obra se realizaron los estudios de diseño de todas las bóvedas, tuvieron que ajustarse a una traza teórica, en función de las medidas en planta, alzado y sección de la zona del ábside y de las bóvedas adyacentes, llegando a la conclusión que los arcos

debían ajustarse a un volumen conformado por elipsoides en sus diversas secciones.

Una vez estudiados los puntos de arranque de las nuevas bóvedas, y analizadas las posible afecciones de los paramentos verticales del ábside, se optó por incrustar piedras talladas en geometría volumétrica ortogonal, en forma de “T”, con la base alojada en muros y atada mediante bulones de acero, y colado de morteros de fraguado rápido y alta resistencia a la cortadura.

Se ubicaron apoyadas a las cimbras sobre esas piedras en voladizo, colgándose las cimbras en sus zonas superior y media, tanto por la grúa cuyos cables pasaban a través de hueco de cubierta, como por trócolas unidas al tirante de las cerchas de madera de nueva formación ya realizadas en la formación de la cubierta del ábside, labores muy complicadas por la estrechez de ámbitos de circulación de paso, por la altura del tajo y por la irregularidad en la geometría del ábside, aparte del peso enorme de estas cimbras y camones.

Por otra parte tuvieron una dificultad añadida que fue la manipulación y traslado por el exterior de la iglesia hasta la grúa, para poder izarlas a través del hueco previsto en el ábside de la cubierta.



Foto 4.- *Colocación de dovelas sobre cimbra de madera.*

Sobre las cimbras se colocaron las dovelas, de unos 50 Kgs. cada una, y tambores de claves de encuentro para realizar las nuevas bóvedas, tomándose con mortero flexible sus juntas, y que una vez fraguadas y descimbradas sólo han tenido ligeras acomodaciones entre 11 y 8 mm. según zonas, quedando perfectamente ajustadas.

Una vez eliminadas las capas de negro de humo, y realizadas las limpiezas, se han colocado las redes de instalaciones de electricidad y megafonía, así como repuestos los florones de las claves menores que recuerdan los primitivos, así como un "Jesu" en pan de oro de dos tonalidades, en la clave central, todos ellos tallados en madera, realizados a semejanza de los preexistentes después de recoger las piezas degradadas del incendio.

El resto de elementos afectados se han tapado en sus faltas con mortero de restauración de las tonalidades de las piedras tratadas.

Con la rehabilitación de esta obra se ha sabido que es la primera vez que se ejecuta en Castilla y León la construcción integral de un encimbrado de madera para reconstruir diferentes bóvedas. Esta obra ha conseguido que estudiemos cómo se construía y diseñaba estructuralmente la forma de trabajar las bóvedas a lo largo de la historia de la arquitectura.

E. Acinas Bermúdez [(1)] , Arquitecto Técnico
Profesor Titular de Escuela Universitaria

R. del Barrio Tajadura [(2)] Arquitecto y Arquitecto Técnico
Profesor Asociado de Escuela Universitaria

Palabras claves: Incendio, Iglesia, Merced, Burgos, Arquitectura

NATIONAL GARDEN. THE CULTURAL ADMINISTRATION OF A HISTORIC ATHENS SITE

Georgia Antonopoulou(1), Maria Daniil (2)
Archaeologist, MSc NTUA Architect, MSc NTUA
Municipality of Athens. Department of Monuments and Traditional Buildings

zettanton@hotmail.com mariadan@hol.gr

AREA: Heritage conservation

Abstract

The National Garden of Athens is an area with particularly attractive features, a set characterized by its historic continuity. At first, during the regency of King Otto (1833-1862), this was the Royal garden. Ever since 1917 – when they called it the National Garden - , it has been open for the public, connected with the history of the town and is now an inextricable part of the town's cultural and social life. It totally covers 123.500 m^2. and it is delimited today by the most important landmarks of the town's centre.

Within the framework of national experience in matters of protecting and promoting the cultural heritage, the Municipality of Athens, an agent of which administrates the Garden, has been called to apply an integrated administration plan. The actions of the Municipality aim at improving the area artistically and operationally while respecting its history. The priority is still given to preserve and bring out all the elements that represent the National Garden, within the framework of which some mild artistic and operational interventions have been made. At the same time, the municipality tries to reintegrate the Garden in the social life of the city with modern operations that attract the citizens. In support of this policy it has been suggested to organize cultural itineraries, regular guided-tours, to create a centre for environmental training and information, as well as educational programs for children, actions that help us realize the respect we owe to nature and our cultural heritage.

In essence, this is a special challenge for the administrator of the Garden because they are called to show the garden's historic features and the acceptance of its values by the new generations.

Key words: Athens, National Garden, Cultural administration-itinerary

The Garden's history

The National Garden is located in the center of Athens in an area covering 123.500 sq. m. and is defined by the most important landmarks of the city, such as the Zappeion Hall (architects: F. Boulanger, Th. Hansen 1874-1888), which is the first exhibition center of Athens, the Panathenaiko (whose field was levelled in 1874 and it was remarbled by A. Metaxas 1895-1900) and the Crown Prince's Palace (arch. E. Ziller 1891-1897), known today as the Presidential Mansion. It is the historic and most important garden of the city, as it hosts a unique ecosystem in the heart of the city, 170 old. The garden's shape, the way it has been planted, even its name have changed with time to readjust to the conditions of every period.

The history of the Garden is connected to Athens' younger history: in 1833 [1] Athens was named the capital of the Greek state. At the same year, the new street plan of the city was approved, the one elaborated by the architects St. Kleanthes, and Ed. Schaubert, and at the same time the city's intensive construction begun. One of the first public edifices to be built, the Royal Palace, (1836-1840), was placed at the northeast end of the town, outside the town's Walls, and it was based on the design of the German architect F. Von Gartner. The Royal – as it was initially named – Garden, is connected to the building of the Palace, since it was created as an addition to the Palace following the wish of the young princess Amalia, and on the personal expenses of the Royalty [2] . In antiquity, this place was attributed to the holy garden of Lyceus, dedicated to the God Apollo [3]. Furthermore, this location was ideal given the big and problem water famine of the city, since all of the city's aqueducts passed through that point. Even today, one of the garden's irrigation sources is the ancient aqueduct of Pisistratus.

The garden was initially designed by the architect of the royal palace, as an extended semicircle surrounding the building. Its surface was however reduced during the execution of

the project, due to the high pecuniary compensations required for the land expropriations and in order to avoid the destruction of the ancient road traces. It was initially created as a 30 stremmas (approximately 7 acres) long strip in the south side of the Palace, the formation and plantation of which begun by Amalia in 1839, following the design of Hoch [4]. In this design, Amalia had an active part: she took in mind the view of the monuments of Acropolis and Olympian Zeus, the sea and the palace. Even though they have been thinking about making a large extension up to the Olympion since 1847, the Garden was only completed by gradual avulsions of land parts, east and west of the Palace.

The final profile of the Garden was decided in 1860, and it was united with the garden of Zappeion, with which they now formed a single unit. Later on, in 1868, in the North east side of the Garden, they placed the premises of the then Royal, now Presidential Guard, conserved up to this day.

The initial plan as well as the carving of the extensions followed the English freehand sketching model, contrary to the Zappeion garden that was formed following the French austere, baroque model with the central arrangement, based on which the building defines the garden's design. The Garden based on the model of the English gardens of Munich is colorful, with tortuous paths (a total of 7,5 km earth courses) that always lead to an interesting spot that catches the attention of the visitor: a sculpture, a flower bed, a cluster of bushes, a lake, a rock garden. The way it is connected to the city is brilliant, and it is interesting how the rural road alignments are taken on by the freehand alignments of the Garden's paths. The Garden presents balanced changes of open and closed spaces, out-door and semi-out-door, covered and areas of light green, designed as to look well designed, and at the same time as natural as it has always been there.

As it was owned by the royal family, the garden was up until 1854 to the exclusive use of the Royal Court. Some Athenian families however who had a special permit, could enjoy walking there, but only when Queen Amalia was absent. After 1923, the Garden was characterized a state, public one, and it opened for the public from the dawn to the sunset; in 1927 a legislative decree constituted the Committee of Public Gardens and Alleys, a Public Law Corporate Body responsible for the Garden. By the same decree the garden was renamed "National Garden" and it was put under the Direction of the Ministry of Agriculture.

During the period between wars (1930-1940), the garden was embellished, improved and enriched with additional road alignments adapted to the new entrances, in order to face up to its public character and it was the favorite walk of the Athenians, and a haunt of the time's intellectuals.

During the German occupation (1941-1944), the image of the Garden reflected decadence, as it was seriously threatened by drought. Thanks to the systematic reconstruction efforts made after the liberation, it found again its pre-war splendor. For many years, it was the cool heart of Athens; efforts had been made to use its buildings which now housed new activities; its technical equipment was modernized and its botanical material enriched. From time to time, problems such as the water famine and the lack of personnel distorted the garden's beautiful image and asked for drastic measures.

By law, in 2004 the Prefecture of Attiki rented the National Garden to the Municipality of Athens for 90 years. In 2005 they constituted the law corporation "Municipality of Athens – National Garden", and ever since a new era of administration begun for this historic lung, an administration that studies the past and history, determines values and seeks preservation, improvement and cultural promotion.

The Garden as a green lung

The abundant green, the roots of which reach the antiquities of the town, isolates the visitor from the noisy city. The planting of the Garden was initially assigned to the Bavarian agronomist Smarat and his assistant Fr. Schmidt, who also took on the management of the Garden for about 30 years. The creation and maintenance of a garden in Athens was at the time very difficult and expensive. As many as 15.000 ornamental plants were transferred from Genoa for the planting of the first part. After the important extensions made in 1846-1847, there was a need of a specialist with knowledge and experience in garden architecture. To this end, the French garden artist Francois Louis Bareaud [5] was invited from Constantinople and he assumed the management and formation of the Garden.



Foto 1, *The National Garden of Athens,* Source: Municipality of Athens – National Garden

Literature bristles with references to Queen Amalia who had personally taken on the garden's care, the transportation of the trees from abroad or from inside the country, even the supervision of their planting [6].

Many species from the initial planting live until our days, such as the monumental alley of washingtonian trees in the entrance of Amalia Avenue, the casuarinas and the tall Australian eucalyptuses, the age-long phytolaccas from S. America, the palm trees from the Canary islands, lantanas, climber plants from China, the rare gingo, and many more tree varieties. It is a real biotope, with approximately 7.000 trees and 40.000 bushes, where one can see all the levels of vegetation existing in a forest as well as several species of fauna.

The landscape is completed by small and large lakes, covering a total of half an acre, used as water tanks, pergolas with climbing plants and a zoo that now hosts only home-bred animals and birds.

Constructions – Equipment Elements

The original constructions within the Garden are of the highest quality considering their time, of correct scale and are harmoniously integrated in the park.

In the north-east side of the garden, an elegant lodge was constructed in 1875 based on the design of the known architect E. Ziller (1837-1923), to be used by King George I [7] as an office – restroom. Ever since 1985, it houses the Botanical Museum.

In 1984 were constructed today's children library, the former hunting lodge of Otto, and the traditional café, which was once the king's stables. Right behind them is one of the three first conservatories of modern Greece constructed during the reign of George I that exists and operates until today

Formerly, there was also an outhouse used as a storing area for provisions – cold storage for the needs of the Palace, but they stopped using it since 1927. A romantic reference to the ottoman period is the rock of Amalia, from where the Queen used to gaze the scenery sat on a metallic chair that exists till today.

The placement of various elements of equipment such as benches, iron seats, the iron fence, litter bins, sign posts, the solar clock in the central entrance, the lighting fixtures, as well as the construction of the lakes, the sanitary areas and the children playground was made in 1923 when the Garden was given to the public. All these constructions are part of the general spirit and where designed as open-air rural elements.

At the same time, the busts of the poets D. Solomos and Ar. Valaoritis were placed in the Garden, and a little later the one of J. Moreas and the composer Sp. Samaras. The earlier busts of Greece's first Governor Kapodistrias and the philhellene J. Eynard, placed in high imposing bases – columns, are the oldest of modern Athens and are dated back to 1866.

The garden does not however only portray the modern history of Athens, but also the ancient one, through the findings of the excavations. Already since 1852, they discovered the mosaic floor of a roman mansion in the North East side of the garden, 1m. deep in the ground. The metallic kiosk constructed on top of it by order of Amalia, was used for the kings to take their breakfast and give dinners to the dignitaries. In the recent excavations for the construction of the Metro, they traced a part of a public Roman construction block [8]. In the garden there are also studded on the ground architect parts and other antiquities, that refer romantically to the ancient Greek past.

The garden's cultural administration

The administration of the cultural heritage aims at its protection, by setting a policy that will contribute in bringing out and promoting its values. At the same time, this administration must ensure the rational zoning and financial development, the attraction of investments and its financial autarky. On these grounds, and within the framework in which the national experience moves in matters of protecting and bringing out the cultural heritage[9], the Municipality of Athens, an agent of which administrates the Garden, is called to apply an integral administration plan on a historic place of Athens.

The actions of the Municipality aim at improving the area artistically and operationally while at the same time respecting the place's history. The priority is still given to preserve and bring out all the elements that represent the National Garden – topography, planting, structural elements and standing or flowing waters – an aim for which a scientific group of agronomists, gardeners, archeologists and architects work together. Within this context, some mild artistic and operational interventions (architectural and phytotechnical) have been made with the

properly selected material that contributes to the reconstruction of the landscape, always according to the historic data.

The aim of the phytotechnical planning is to preserve the existing healthy planting material, to preserve and develop it and to ensure the regular reproduction of the initial varieties of the plants that are necessary for the renewal of the planting. To this end, what is required is to extend the nursery garden's installations outside the town.

Regarding the structural construction elements, the administration organizes their preservation and restoration and the modernization of their operation. A provision has been also made for all the substructure sectors (land reclamation work, irrigation systems, roads, parking lots, fencings, security services).

At the same time, the administration tries to reintegrate the Garden in the social life of the city with modern operations that attract the citizen. Already the Municipality of Athens has organized a series of single cultural activities, such as Christmas children events, spring feasts, open-air music classical music events, open-air photo exhibitions, narrations and dramatization of children tales in the Children Library, as well as casual conducted tours. Furthermore, it rents the area to various organizations for educational environmental programs and events, which helps increase the financial budget of the Garden. Provision has been made so that this casual use of the historic garden is set out clearly, so that it serves the promotion of the garden's image, and not its distortion or destruction.

What remains is to arrange some important issues, such as that of guarding the area or setting rules on the circulation of pets. The Botanic garden that has been closed for the last years must be reorganized and reopen and must be integrated in programs for the protection of the historic gardens. However, the more general impression that the Athenians have, is absolutely positive and reflects the successful integration of this historic place in their everyday life.

In support of this policy it has been suggested to organize cultural itineraries, regular tours, create a center of environmental education and information and educational children programs, actions that help realize the respect we owe to nature and the historic heritage. For this reason two cultural itineraries are suggested with the aim to help citizens know and get in touch with the Garden's history together with the history of the town, as well as with the flora and its fauna, i.e. with its unique and at the same time historic ecosystem. In these tours depending on the stops indicated below, there will be narrations on the creation and general history of the Garden in connection with the Palace and the constitution of the New-Hellenic state, the history and the life of the city during the Roman times, the offers of the personalities shown on the sculptures as well as the special mention of the area's planting and fauna.

The visitor starts from the main entrance from Amalias street, and is guided by special markings following the conventional signs, having as his help a special brochure with a map provided for free. The suggested stops with the respective information will be indicated both in the brochure and around the area. (Foto 1)

1st itinerary: *a walk around the Garden* with the following stops:
1) solar clock and the high washingtonian trees [10] 2) busts of A. Valaoritis (sculptor Fokion Rok,) and I. Kapodistrias (Sculptor I. Kossos) 3) the pergola with the climber plants 4) the Roman mosaic 5) the building of the Royal guards, the country's first conservatory, the café and the building of Garden's administration services in the basement of which it has been suggested to create a small exposition of maps and photos of the Garden that will unfold the entire range of the garden's evolution 6) the Botanical Museum 7) the lake and the park of the zoo 8) the Spanish fountain and the bust of D. Solomos (sculptor Th. Thomopoulos) 9) the playground, and the rock of Amalia 10) the archaeological area and the bust of Z. Moreas (sculptor Bourdelle) 11) the children's library, opposite the bust of J. Eynard (sculptor I. Kossos), 12) S. Samaras (sculptor Michael Tombros) and the pergola with climber plants**.**

2nd Itinerary: *the children's garden*. The garden's installations in the south side attract much more the interest of the children. For this reason, the itinerary of the small visitors has been planed to pass by the marvelous tall trees, and includes 1) the solar clock and the washingtonian trees, 2) the busts of Valaoritis and Kapodistrias, the unique gingo and the pergola with the climber plants, 3) the great lake for the hours of relaxation and games, and the zoo, 4) the cypress with the horizontal branch, the bass-wood and the cedar of Lebanon and the bust of D. Solomos 5) the playground and the rock of Amalia, and finally 6) the children's library for reading, tales and dramatized narration. The exit is towards the side of Zappeion.

Athens has the luck to have a unique green lung in its center, with undisputed positive environmental effects on its already damaged by the air pollution environment. It also has the luck that this area narrates its history, from the ancient times until the modern years, combining garden design, architecture, sculpture, games, resting and relaxation. The National Garden is a historic garden for all the city's population and visitors and its management aims at preserving all the aforementioned reasons that make it not only a pleasant destination for walking, but also a suitable educational environment for today's and future generations.

References

[1] After its liberation from the Turkish yoke, Greece was recognized as an independent state by the London Protocol on February 3 1830. With the London Conference of April 28 / May 11 1832, Otto, son of the Bavarian king Louis I, was named king of Greece.
[2] Otto and his wife Amalia, reigned in the period 1833-1862. After their abolishment, they demanded reimbursement from the Greek state – which they got – for the expenses to build both the Palace building, as well as the National Garden.
[3] According to the archeological excavations of the last years, traces of the ancient Lyceum, the basic branch of which is located inside the Garden, were revealed about one and a half meter below the level it is today.
[4] The lieutenants Hoch and Schloter supervised the works for the construction of the Palace when the Architect F. Von Gartner returned to Munich.
[5] He then created the great gardens of Dolma Bahçe in Constantinople
[6] Apart from the Garden, on the initiative and the persistence of Amalia, for the family of who the crearion and maintenance of parks and gardens was a tradition, the royal garden was created and the hills of Nymphes, Lycabetus and Ardettos were afforested.
[7] King George I reigned in Greece from 1862-1913
[8] It has been dated in two phases, the first from the 3rd -4rth c. and the second from the 5th -6th c. with interesting murals. The building was built on an extended cemetery of the post-hellenistic times and the early roman rule. The literature also mentions the existence of the basilica within the Garden.
[9] The Chart of the Historic Gardens of Florence of 1982 is of particular importance.
[10] A type of palm tree that comes from California; it was named in honour of the American President George Washington. They were transferred in 1859 from Libya.

Bibliography

1. Antonopoulou Z., *The sculptures of Athens, Open-air sculpting 1834-2004,* Athens 2003.
2. Viriraki – Demenegi Ek, *Old Palaces of Athens 1836-1989,* Athens 1994.
3. «Seven Days», *Kathimerini newspaper*, April 17 2005.
4. Tamvakis N., *A list of ornamental plants of the National Garden,* Committee of Public gardens and Alleys, Athens 1981.
5. Travlos I., *The town planning evolution of Athens*, Athens 1993

PROYECTO DE RECUPERACIÓN DE LA PLAZA COMO LUGAR DE ENCUENTRO.
EL CASO DE LA PLAZA COLÓN DEL BARRIO SALADILLO EN ROSARIO.

Magter. Arq. Lydia Araya* Esp. Arq. Leticia Battaglia**
***Investigadora Docente de la Facultad Arquitectura Planeamiento y Diseño. Cátedra de Materialidad. Universidad Nacional de Rosario. Riobamba 250 bis. 2000Rosario. Argentina.**
****Investigadora Independiente. Subdirector Dirección Provincial Arquitectura e Ingeniería. MOSP y V. Santa Fe. Buenos Aires 965. 3° P. 2000 Rosario. Argentina**
laraya@farq.unr.edu.ar * leticia_battaglia@arnet.com.ar **

AREA TEMÁTICA: PROYECTO DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Resumen
Concebidas como lugar de encentro para comerciar, realizaciones religiosas o lúdicas este espacio fue utilizado por las distintas culturas para diversos requerimientos. Así el modelo griego les permitía a sus habitantes conocerse y reunirse en asambleas para ser elegidos autoridad y se le llamó Ágora, los romanos determinaron en el Forum un *espacio introvertido a escala monumental que se convirtió en las plazas del mundo medieval y moderno.*

Los orígenes de las plazas pueden ser espontáneos o planificados; las primeras, conformadas en los poblados con una tradición de siglos, de encuadre irregular, muchas veces ahogadas en su propio espacio***,*** *las otras con un objetivo claro de generar un espacio regular****,*** dentro de un marco escénico. En ellas se presenciaría un cabildo abierto, una corrida de toros, un ajusticiamiento o un acto religioso. Un estrado, un patíbulo o una lidia.
En cada barrio se pueden distinguir, la plaza, la iglesia, la escuela, o la comisaría. En este caso de estudio, la antigua PLAZA COLON – hoy dividida en 2 plazas- la Plaza O´Higgins y la Plaza Costarelli – sus proporciones tienen que ver con las antiguas leyes de población. Está enmarcada por la presencia de los edificios de la Iglesia Ntra. Señora de La Merced sobre la cortada Costarelli, la Escuela Provincial Aristóbulo del Valle, sobre la cortada Raffo, el Club Ñaró, sobre Av. Del Rosario.
Es objetivo de la intervención, salvaguardar y rehabilitar el espacio original de la Plaza, volverlo como ámbito de contención del Barrio, rescatando el patrimonio tangible e intangible, manteniendo viva la memoria colectiva, aportando al fortalecimiento de la identidad barrial, donde se entrecruzan distintas culturas, contribuyendo además al desarrollo y disfrute cultural por parte de sus habitantes, viabilizando presentaciones culturales, artesanales, exhibición de los productos elaborados en las Huertas Comunitarias, etc.

La propuesta es volver a la idea de ***espacio único*** a partir de un tratamiento acotado de piso que destaque los ejes de comunicación entre los edificios de mayor sentido simbólico, la iglesia y la escuela, generando un retardador del tránsito y barreras que permitan la libre circulación en la Avenida Castro Barros, determinados días y/o momentos, recomponiendo mobiliario, piezas destacadas y símbolos identificatorios del ser nacional.

Palabras claves: rehabilitar, barrio, Saladillo, plaza,

El emplazamiento
Está históricamente comprobado que por la acción preconcebida de Santiago Montenegro, de construir la capilla del Rosario, donar su terreno y fraccionar su entorno con una plaza, calles y parcelas para afincar a los primeros parroquianos, este fue sin dudas un hecho fundacional, que si bien no respondía al protocolo de las Leyes de Indias, partió de un hecho personal y espontáneo considerado como la primera acción en la historia del planeamiento local, del que nace el origen del trazado urbano de Rosario, luego en cuadrícula se expande sucesivamente. Los límites de la ciudad se dispersan, nuevos barrios se conforman alrededor, hacia 1880-

1905, entre ellos el Barrio el Saladillo, donde Don Manuel Arijón, adquiere la totalidad de las tierras a los sucesores de la Sociedad Anónima Molinos del Saladillo (15.000 varas aproximadamente), edifica las primeras casonas para gente adinerada y como fines de semana; instala un tranvía que parte de la Plaza López hasta el Puerto Plaza, localizado en la desembocadura del Aº Saladillo y construye los bañados del Saladillo. Allí se arraigaron una numerosa población de inmigrantes franceses, alemanes e ingleses, que trabajaron en el puerto y en el frigorífico.

" *En el Saladillo, había una depresión barrancosa conocida como "boquerón", o barranca sur, Don Manuel Arijón hizo realizar la canalización del Aº Saladillo y construyó un dique nivelador para dar cause al agua de esa depresión, formándose así el brazo norte." Y resultando la aparición de la denominada "isleta" típica por la diversidad cultural y arquitectónica originada por el asentamiento en el lugar de inmigrantes. A Monzón (1)*
Arijón aplicó para la construcción un prototipo edilicio a fin de otorgarle al Barrio una fisonomía uniforme y así la generó un negocio inmobiliario de magnitud.

La porción urbana, motivo del presente estudio,(F1 y2) abraza entonces una profunda historia desde la creación de la Aldea el Saladillo, es el eje donde se destacaron: sus bañados, la Avenida Arijón, calle ésta, donde se construyeron varias mansiones a pedido de Manuel Arijón por el Ing. Pagnart, la antigua estación del Tramway, la casa de la Compañía del F.C.R. a Puerto Belgrano, la del Administrador y Vicepresidente de la Sociedad el Saladillo, la primera Escuela Mixta Provincial ubicada en Arijón N° 33, la Fonda del Saladillo, la Comisaría, la Curtiembre, la Panadería de Ferrari, el Almacén de Ramaciotti, la Carnicería del Saladillo**,** El Tambo, las chacras hacia el oeste, los montes frutales, jardines, etc. Un conjunto de elementos que conformaron un paradigma digno de la época.



F1-Loteo realizado por la Sociedad Anónima



F2- Sector urbano actual- circuito histórico

La conformación del Barrio, ve afectado su origen con el **asentamiento del Frigorífico Swift, en 1922.** Los trabajadores - inmigrantes lituanos, yugoslavos, rusos, griegos, italianos- con sus familias transformaron al barrio residencial y de fin de semana, en un barrio obrero que no sólo cambió su fisonomía sino que se mezclaron culturas, costumbres, clases sociales, historias de vida diferentes.
La Sociedad Anónima El Saladillo, constituida en 1905, adquiere esas tierras hacia 1925. En los considerándoos de su propaganda publicitaria se podía leer sobre las bondades de la zona desde lo paisajístico, topológico, su ubicación y medioambiente, ofreciendo además del terreno, la posibilidad de comprar la vivienda construida con dos tipologías diferentes según las posibilidades económicas y en cómodas 72 cuotas. F3



F3- Modelo de viviendas ofrecidas





La Sociedad realiza para ello "*trazado de calles, plantado de árboles y espaciosas arterias"* Con el correr de los años y la habilitación del frigorífico llegaron los malos olores y las familias pudientes se trasladarían por entonces hacia dos puntos de la ciudad donde volver a radicar sus viviendas de fin de semana, el barrio de Alberdi y Fisherton.

Esta mutación de *barrio residencial a barrio obrero,* hizo de esta PLAZA el lugar de encuentro y potenció su ámbito como núcleo contenedor de costumbres, tradiciones, fiestas, donde se podían realizar desde un acto patrio hasta un baile popular.

El entorno
En cada barrio se pueden distinguir en torno a la plaza, la iglesia, la escuela, el club social o la comisaría. En este caso de estudio, la antigua PLAZA COLON – hoy dividida en 2 plazas: la Plaza O´Higgins y la Plaza Costarelli – sus proporciones tienen que ver con las antiguas leyes de población.

"Desde 1573 las leyes de población ordenaban que las plazas mayores de las ciudades deben tener forma oblonga, con una longitud que equivalga a una y media su anchura, porque esta proporción es la mas adecuada para las fiestas en las que se deban usar caballos y para celebrar otros actos" Carlos Moreno.(2)

Está enmarcada por la presencia de los edificios de la Iglesia Ntra. Señora de La Merced sobre la cortada Costarelli, la Escuela Provincial Aristóbulo del Valle, sobre la cortada Raffo, el Club Ñaró, sobre Av. Del Rosario.

"*La búsqueda del mensaje de los Bienes culturales lleva a resaltar los valores éticos, las formas sociales de comportamiento, las creencias o los mitos de los cuales, los elementos del patrimonio físico serán los signos, la expresión en el espacio y en el tiempo*". Luxén

La escuela, en su origen Escuela Elemental por Secciones, funcionaba en Avenida Arijón **550** - ex Nº 33 –(Foto5), hoy con algunas reformas es un centro de Discapacidad. El actual edificio de la escuela frente a la Plaza fue construido para el funcionamiento del Casino de Oficiales del Regimiento 11 de Infantería, pero nunca logró su habilitación, por lo que fue traspasado a la Provincia e inaugurado como edificio escolar en mayo de 1919, en cortada Pineda 241- hoy Pasaje Zinny 5349- donde se le impone el nombre Escuela Provincial Mixta Aristóbulo del Valle. En 1921 se le asigna el N° 92. Su área de influencia abarcaba Pueblo Nuevo, Tiro Suizo y el propio Saladillo.(F6)

La iglesia Ntra. Sra. de La Merced, localizada en forma axial al edificio de la escuela, fue construida en sus orígenes gracias al empuje y perseverancia de la Comisión del Templo El Saladillo, en la figura de su presidenta Da.Luisa F. de Raffo. Se ha podido verificar la existencia de dos proyectos arquitectónicos para la Iglesia uno realizado por el ingeniero y arquitecto español Federico Tárrega en el año 1915 (Director Técnico de la Sociedad Anónima Barrio el Saladillo) y el otro por los hermanos Micheletti, que en su construcción, fueron reformados.(F 7y 8)

Los templos, monasterios y capillas tuvieron un total predominio en el espacio urbano y marcaron con sus construcciones de torres y volúmenes un perfil de las ciudades. Sus torres y espadañas con sus campanarios servían de comunicación. C Moreno(2)

El club Ñaró. Destacado por sus famosos corzos, el Saladillo tuvo dos épocas bien marcadas: las aristocráticas y las populares. Así describe estos sucesos D. Roldán....". *Los corzos eran habitualmente completados por graciosos bailes que se llevaban a cabo en el Hotel de la Sociedad Anónima "El Saladillo" hasta el año 1917, cuando para esos efectos comenzó a disponerse de las instalaciones recientemente habilitadas del Club Saladillo, calle Arijón 159, que en materia de elegancia nada tenía para envidiar al Hotel.* 1. Por otra parte el pueblo obrero va a encontrar nuevos espacios donde seguir con esta tradición y con la creación del Club Ñaró frente a la plaza y sobre la Avenida del Rosario retoma su fama. El club se destaca por su portada –payaso- era un distintivo en el Barrio y el lugar donde se realizarían fiestas populares por excelencia luego de 1925.(F8)



F6 Escuela A del Valle hoy



F7 La Iglesia Arq. Micheletti hoy sin concluir



F8 Hotel Casino demolido

La Plaza.

Al historiar esta Plaza se incursiona en la más interesante y próspera urbanización del sur"Cischini.



La plaza O'Higins y Costarelli

Cuando La Sociedad Anónima El Saladillo adquiere esas tierras, continúa la urbanización iniciada por Arijón dividiéndola en secciones para su loteo. En la primera sección limitada por las calles Ayacucho, Lamadrid, avenida Arijón y el arroyo Saladillo aprobada por la ordenanza Nº21 del 25 de septiembre de 1906, se destinaron para plazas las dos manzanas formadas por la avenida Lucero (hoy avenida Nuestra Señora del Rosario) y las calles Tupungato, Aconquija y Pinedo (pasajes ahora estas dos últimas), situadas a uno y otro lado de avenida Shiffner (hoy Castro Barros). La plaza se denominaba en su origen Colón, según consta en los escritos de la Sociedad Anónima El Saladillo.

La Plaza fue rodeada por dos hileras de eucaliptos en su génesis, que aún se conservan en sectores de las arterias que componían el Barrio Saladillo propiedad de Arijón. El tamaño de la arboleda fue un conflicto vecinal por lo que tuvieron que ser extraídos y reemplazados por nuevas especies. Cuenta Cischini.(3)

"*Por ordenanza Nº21 del 31 de mayo de 1926 se la estructuró al estilo parque inglés; se marcaron sus amplias veredas exteriores y se las arboló con jacarandá frente a Tupungato y con pinos y eucaliptos a las restantes. En ambas plazas se delinearon con árboles también las dos avenidas diagonales y la mediana de este a oeste, que al concurrir a una rotonda central dividen al suelo en seis jardines"*

La plaza constituyó el centro más distinguido de la actividad rosarina como lo fue la plaza Alberdi. Siempre tuvo una personalidad que caracterizó al barrio congregando a los vecinos a todos los acontecimientos. La iglesia de Las Mercedes realizaba en el lugar las manifestaciones externas de su culto.

Del mismo modo que el patio era en la vivienda familiar mediterránea el espacio dominante, la plaza fue su equivalente en la escala del conjunto urbano. C Moreno(2)

La intervención

Es objetivo de la intervención, salvaguardar y rehabilitar el espacio original de la Plaza, volverlo como ámbito de contención del Barrio, rescatando el patrimonio tangible e intangible, manteniendo viva la memoria colectiva, aportando al fortalecimiento de la identidad barrial, donde se entrecruzan distintas culturas, contribuyendo además al desarrollo y disfrute cultural

por parte de sus habitantes, viabilizando presentaciones culturales, exhibición de los productos elaborados en las Huertas Comunitarias, paseo de artesanos, etc. tratando que ese contacto retorne a los momentos en que el conjunto de la población barrial mantenía un vínculo solidario, tendiendo a facultar las relaciones humanas y el sentimiento de pertenencia al lugar, donde se produzca un intercambio barrial provocando en el habitante un reconocimiento del vecindario.

Variados son los factores que debilitan la calidad de éste espacio público - aspectos físicos, espaciales, funcionales, de inseguridad. Estos acontecimientos se ven reflejados en los destrozos producidos sistemáticamente por grupos sociales inadaptados. Por la falta de continuidad en el mantenimiento por parte del municipio lo que favorece a la desertificación del lugar.
Los puntuales eventos producidos entre ambas instituciones congregaron un número importante de vecinos los que hace al reclamo actual de su recuperación.
Un paradigma es el Cine Diana ..”*Desde la gestión de este centro cultural en el cine Diana, se han logrado recuperar otros eventos importantes de la zona sur, que hace años no se realizaban: el carnaval barrial que aquí hace cuarenta años que no se organizaba, y para septiembre volverá a festejarse el Día del Inmigrante, una fiesta tradicional en el Saladillo”. R Miró(5)* que a puesto a la población de pie en busca de retornar a las fuentes

El trazado de la avenida Castro Barros (ex – Schiffner) hace, no solo de división física, sino que acentúa por su condición de muralla vehicular (calle de doble mano y fluido tránsito), a la división de la educación, lo privado en la escuela religiosa y lo público en la escuela provincial.-

La plaza además está inmersa en un espacio donde existen importantes residencias, que presentan continuidad por la Avda. del Rosario y en el interior del Barrio, algunos inmuebles se mantienen, otros fueros remodelados y modificados y otros en el tiempo fueron sustituidos.

En Nairobi, 1976, se recomendó a los países la redacción de leyes, ‘*a fin de que todos los individuos puedan participar plena y libremente en la creación de la cultura y de sus beneficios de acuerdo con las exigencias del progreso social”...* ampliando el concepto de cultura “*a todas las formas de creatividad y de expresión de los grupos o individuos, ya sean en sus modos de vida o en sus actividades artísticas”.* (Declaración Universal de Derechos Humanos, Art. 27, párrafo 3).

Las normas de Quito en sus recomendaciones dice....7 *“En los trabajos de revalorización de zonas ambientales, precisa la previa definición de sus límites y valores.....”*
“*La Provincia de Santa Fe, sancionó la Ley 12.208, sobre el Patrimonio Provincial el 12 de Diciembre de 2003, donde se demanda la instrumentación de un Inventario de Bienes Culturales para todo el territorio de la Provincia”.(4)*
“Por Decreto Nº 25.555/05, fue aprobado por el Concejo Municipal de Rosario, la Revitalización del Barrio El Saladillo.”[6]
“Por Decreto Nº 25983/05 se encomendó al Departamento Ejecutivo Municipal el estudio de Remodelación de la Plaza General Bernardo O`Higgins y la Plaza José Costarelli”[7]

PROYECTO URBANO

La intervención se basa en la materialización limitada de un eje que una los dos edificios más emblemáticos del lugar, la iglesia y la escuela, articulando los espacios de ambas plazas recuperando su identidad como ***espacio único.*** A partir de éste elemento urbano – construcción de un piso- se promoverá el encadenamiento de diferentes escenarios y la expectativa de consolidación de dos comunidades educativas diferentes.



Vista aérea de la Plaza O´Higins y Costarelli



Proyecto: construcción piso. Eje integrador

El tratamiento a implementarse surge de descubrir que bajo las capas de mejorado asfáltico existe, en algunas situaciones, el adoquinado original de pórfido con la cota indicada para permitir un plano de encuentro entre los niveles de *circulación este- oeste,* centrado en los ejes de los edificios principales, *iglesia - escuela*.

Este plano, al nivel de plaza, siguiendo la cinta, conformará lugares de encuentro para actos comunitarios dejando el verde y los recorridos naturales.

El piso recuperado tendrá un sistema de conducción de aguas pluviales hacia las bocas de tormentas existentes y se extenderá a las calles Costareli, Castro Barros y Las Heras.

Se proyectará la incorporación de equipamiento urbano, (bancos de plaza, cestos etc.) intensificará la iluminación, se restablecerán los monumentos históricos, colocara señalética mediante la cual pueda expresarse la historia del lugar y del barrio. Implementación de retardadores de velocidad el riesgo contra terceros sobre la Avenida Castro Barros.

Producir "abra" en los dos extremos del eje frente a los edificios históricos, que, además de distinguir sus características arquitectónicas, culturales e históricas, virtualmente acoplaran a ambos en el espacio de la Plaza. Se incrementará forestación faltante en el sitio.

A decir de Jordi Borja y Zaida Muxí – urbanistas españoles- "..*la calidad del espacio público es el valor esencial de la Ciudad".-*

Bibliografía.

[1]-Monzón A.- Historiador independiente. Archivos y documentos.2002.
[2]C Moreno. Españoles y criollos largas historias de amores y desencuentros.-Las cosas de la ciudad. Diario del viajero. Agencia periodística CID. Buenos Aires –1997.
[3]Cischini A.M. Nota diario La Capital.2007.
Chueca Gotilla. Breve historia del Urbanismo.
[4]Sánchez A.M. www.wblog.educ.ar
[5]Diario El ciudadano y la regíon- Cien idiomas del Saladillo- 2007.
[6]Graciela Acosta, Tabares y Nemcovsky.-Participantes del Taller de la Memoria Bº el Saladillo- 2006-
[7]Battaglia L. Concejala - *Decreto Nº 25983/05* Rosario 2005.
[8]Bat Mirian Concejala –DecretoN° 29.123- Rosario 2007.

ARTISTIC WALL PAINTINGS AND DECORATION OF GAZI HUSREV BEY MOSQUE IN SARAJEVO

N. Babović MSc.

Faculty of Architecture of the University of Sarajevo

nihadb@af.unsa.ba

THEME AREA: Projects of Intervention on cultural heritage

ABSTRACT

The Gazi Husrev Bey Complex in Sarajevo is one of the main Ottoman complexes in the Balkans. Built in the first half of the sixteenth century, the complex included a mosque, madrasa, Quranic school, khanqah, soup kitchen, hospice, library, khan, bazaar, public baths and two tombs. The Gazi Husrev Bey Mosque, the largest and one of the most beautiful in Bosnia and Herzegovina, was built in 1530-31 (937 according to the Hidjra). One year later an elementary school (*maktab*) was built in the Mosque's *harem* (walled-in courtyard), and across the street a *khaneqa h* (dervish monastery). In 1537 a foundation (*waqfna ma*) was established for a secondary school (*madrasa*), which was the most important educational institution in Bosna and Herzegovina during Turkish rule.



Gazi Husrev Bey's mosque in Sarajevo



Entrance porch (sofa) of mosque

Gazi Husrev-Bey's mosque is the most significant Islamic structure in Bosnia and Herzegovina and is distinguished by its architectural values, varied base, multi dome system and courageous construction from all sub-dome mosques built here.

The prayer area of Gazi Husrev-Bey's mosque is covered by a dome (13 m span and 26 m height), whilst the side of extensions are covered by small domes. These expansions are called tetims and have separate entrances and were used for giving the shelter to the travelling dervish orders. The alter (mihrab) is covered by a semi-dome.

The mosque was built by Adžem Esir Ali, who was the main architect of the Ottoman Empire at that time. In the construction of this mosque he applied the early Istanbul style that gives a recognizable mark to the whole achievement. Stone plastic and stalactite ornaments are an integral part of the universal values of the mosque.

Constructed in cut stone, the mosque is square in plan, surmounted by a central dome that is approximately thirteen meters in diameter and twenty-six meters high. The central prayer hall is flanked by two wings and has a qibla iwan covered by a semi-dome. Five cupolas cover a portico closed on the sides and supported by five marble columns. Three tiers of muqarnas decoration embellish their capitals. The main entrance is set in a niche decorated by seven tiers of muqarnas. Above the entry arch, an inscriptive plaque of *tuluth* Arabic dates the construction of the mosque to 1531 (937 A.H.). The portico façade includes a mihrab and four windows. The mosque has a tall minaret (45m) with a single balcony that is almost thirty-six meters high.

Inside, the mihrab features seven tiers of muqarnas ornamentation and the qibla wall surrounding it is covered with painted decoration. The qibla semi-dome has a band of muquarnas at its base. The marble minbar (pulpit) highlights delicate latticework. To the right of the main entrance along the northern wall of the prayer hall, is a two-story gallery (*mahfil*). To its left is a screened enclosure, known as *maqsura*. The windows are not original. During the Austro-Hungarian period, neo-classical decorations were painted on the interior walls and the courtyard was modified.

Arabesque, which arose from the original model, was destroyed after the attack of the Eugene of Savoy (1697). It was restored in 1762, but burned down in 1879 and was restored again in 1886.

1. Description

When reconstructions of structure of the mosque start, in 1991, an interior Austro-Hungarian neo-classical decoration wasn't in spirit of building and without artistic value. But under plaster there are no fragments of old paintings. Also war aggression of Serbia with bomb shelling of Sarajevo start on April 1992 and mosque was damaged by more than one hundred shells. After war, reconstruction of mosque continued and interior of the building was white.

In 2000. after open competition Commission choose project for porch and interior decoration and restoration. At start we have white mosque walls without any sign of old designs, only three elements in mosque, which are made from stone, belongs original building from 1531. These elements are mihrab (alter), minber (pulpit) and mahvil (gallery). These elements are completely restored and conserved.

For wall decoration we need complete new original designs. We can't copy designs from other mosque, we haven't original design fragments in the mosque. Only what we can do is to found out a way of meaning and spiritual dimension and make designs according 16th century Ottoman wall paintings.

Wall paintings and restoration of elements in interior of mosque started on August 2000 and two years later completed.



Interior of mosque before decoration and restoration



Interior of mosque after decoration

2. Decoration principles according tradition

1. Word of Revelation is main point of Islamic decorative art
2. Interior of mosque is story about Heaven
3. Ottoman ornamentation is, in fact, an artistic transformation of the surrounding world.
4. The forms are taken from nature but are simplified to the point of losing any direct connection with the model.
5. Two kinds of motifs. Geometric decorative motifs and floral decorative motifs
6. Symbolic value in decoration connected with numbers.

3. Decoration principles in mosque space

1. Decoration of entrance gate
2. Decoration of kibla wall (praying direction)
3. Decoration of mihrab (alter)
4. Decoration of minber (pulpit)
5. Decoration of dome or semi dome, top and edge
6. Decoration of windows and around windows
7. Decoration of doors and around doors
8. Decoration of arches

4. Examples after artistic decoration and restauration



Restored main entrance doors and portal



Restored mahvil –gallery in interior



View from gallery



Central dome after decoration



Semi dome in front of central dome after decoration



Sofa's central dome with entrance portal after restore and decoration



Sofa's central dome with muqarnas after restore and decoration



Sofa's dome on side after restore and decoration. Two domes on left, two on right side and central dome are domes on sofa – porch

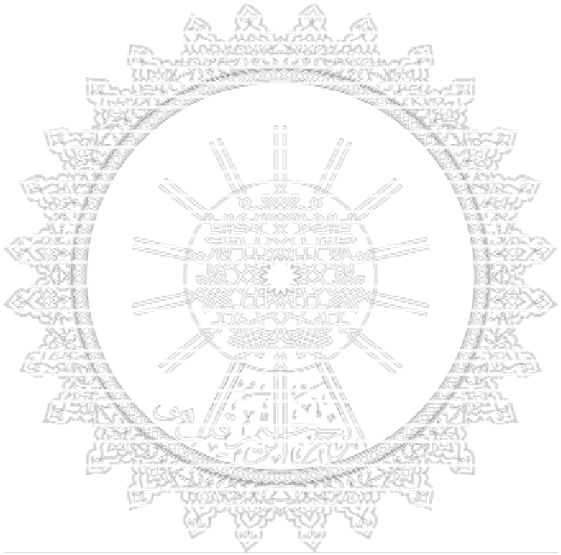


Each of them have different pattern

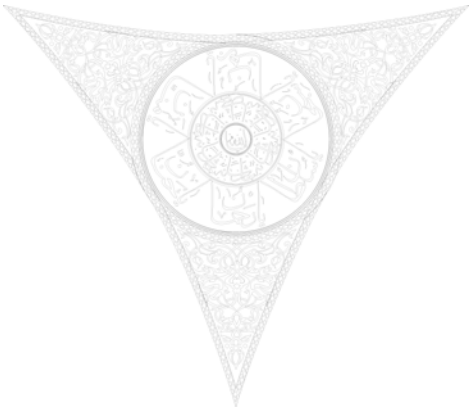
5. Examples of decoration designs and patterns

DOMES IN MOSQUE

CENTRAL DOME



PANDATIVES UNDER CENTRAL DOME



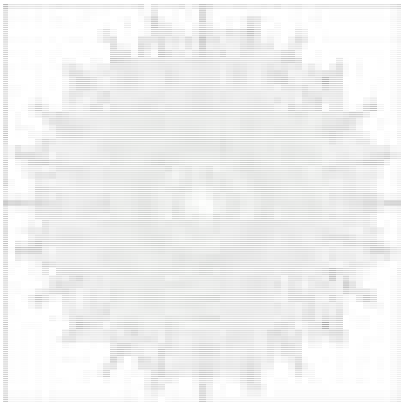
EDGE OF DOME



SEMIDOME



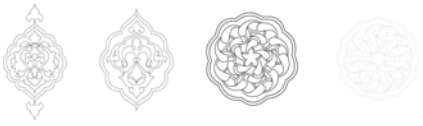
SOFA'S DOME



EDGE OF DOME



MEDALLIONS ON CHAIN



WINDOWS IN MOSQUE

FROM FLOOR TO UNDER DOME

01 on floor



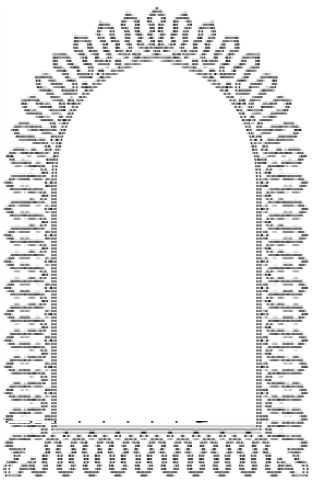


02 03 02 05 under dome









FROM NATURAL TO GEOMETRICAL FORMS, FROM NATURE TO ABSTRACT.

Conclusions

Considering rules of tradition and spiritual dimension we made new and original design of decoration in Gazi Husrev Bey Mosque in Sarajevo. We can't copy designs from other mosque, we haven't original design fragments in the mosque. Only what we can do is to found out a way of meaning and spiritual dimension and make designs according 16th century Ottoman wall paintings. We followed principles of tradition, motifs, technics, colours and materials which were used in Ottoman times.

1. References

1. **"ISLAMIC ARCHITECTURE IN BOSNIA AND HERCEGOVINA" A. Pašić, IRCICA, Istanbul 2004.**

2. **AUTHOR'S PROJECT'S DOCUMENTATION**

ARQUITECTURA RURAL. ESTUDIOS PREVIOS. MOYA.

Emma Barelles Vicente [(1)], Raquel Giménez Ibáñez [(2)], Luis Palmero Iglesias [(3)], Ana María Sequí San Miguel [(4)]
Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

ebarelle@arq.upv.es [(1)] ragiib@csa.upv.es [(2)]
lpalmero@csa.upv.es [(3)] ansesan0@csa.upv.es [(4)]

ÁREA 2. ESTUDIOS, METODOLOGÍAS Y DIAGNÓSTICOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL. INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.

Se plantea el presente trabajo como respuesta a la necesaria intervención para la consolidación y salvaguarda del patrimonio histórico.

En esta fase de estudio previo se ha estudiado la problemática de las edificaciones, con sus condicionantes de entorno, de materiales y sistemas constructivos, de sus patologías, causas u orígenes de las mismas, diagnóstico y realización de la propuesta de intervención, que dé respuesta a los problemas detectados.

Estamos convencidos, que un conjunto histórico-artístico como Moya, merece intervenciones como la propuesta, y que sería lamentable, que por desidia y desinterés, se siga permitiendo un abandono y olvido, que sólo conseguirá llevar a Moya a su total destrucción.

Entendemos la restauración que proponemos, como una operación dedicada fundamentalmente a la conservación de los monumentos. Profundizando en aquellos aspectos tendentes a mejorar la estabilidad y la estanquidad de las edificaciones.



Vista de la Villa de Moya

BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE MOYA

La historia de Moya comienza con la época musulmana en España. Fue una de las primeras conquistas convertida en baluarte musulmán en el siglo VIII. En el año 830 Álvaro de Mariño conquistó la Villa y con esta ocasión cambió su apellido por el de Moya. Pero esta conquista debió durar poco tiempo. Se puede decir que hasta el siglo XII Moya estuvo en poder de los musulmanes dentro de unas fronteras inestables. Moya, formando parte de las huestes musulmanas, junto con las de Cuenca y Alarcón, está en la batalla de Uclés en 1176, pero siete años después es reconquistada definitivamente por Alfonso VIII, tras un duro sitio. Este año de 1183 es el inicio de la importancia estratégica de Moya para la reconquista general. Fue repoblada en 1210 y restaurada su fortaleza. Moya se constituye así en LLAVE DE REINOS-Aragón, Valencia y Castilla- y de ahí su importancia y el deseo de todos los contenidos por poseerla.

Durante los siglos XIII y XIV algunos caballeros moyanos participaron en numerosas empresas militares.

Finalizado el siglo XVI se fundó el gran convento de “La Concepción” de Moya, del que tomaron posesión en 1630 las primeras monjas franciscanas de clausura. Las casas de Villena y de Moya se unieron por matrimonio de la tercera Marquesa de Moya, Luisa de Cabrera, con Diego López Pacheco, Marques de Villena. En el siglo XVII sigue Moya engrandeciéndose. Su arcedianato es muy solicitado por ilustres personajes. Entre ellos figuran el historiador JACOME CAPISTRANO DE MOYA y el literato JOSE DE VILLAVICIOSA.

Puede decirse que en el siglo XVIII Moya entra en su decadencia. Desaparecen de estas tierras las familias de los Albornoces, Cabreras, Carrillos, Pachecos. Sólo los Zapata permanecerán más tiempo. En el siglo XIX aún escribirá Moya unas páginas de gloria. Se convierte en el centro de la resistencia antifrancesa en 1808. Hace su proclama contra Napoleón y se levanta en armas. Sus “guerrilleros” son temidos y traen en jaque a los generales franceses Gaulaincourt y Le Frere. Por ello Moya volvió a sufrir de nuevo saqueos y destrucción. Su historia puede terminar con la participación en las guerras carlistas. Del lado de Isabel II sufrió los ataques de Cabrera y la destrucción en 1835.

El siglo XIX es el fin de Moya, de su importancia, de su prestigio y de su grandeza. Las nuevas orientaciones políticas y administrativas, la desamortización de Mendizábal, hicieron que 36 pueblos de su jurisdicción se separaran. Incluso comenzó a desmantelarse ella misma y a disgregarse sus habitantes por los barrios más próximos. Proceso que durará hasta bien avanzada la primera mitad del siglo XX.



Villa de Moya. Iglesia de San Pedro.

MÉTODO DE TRABAJO

El método de trabajo ha consistido en analizar cada Monumento, en sus materiales, sistemas constructivos, diferentes patologías con sus causas u orígenes, todo ello desde una minuciosa observación, complementando con la toma de datos, cotas, croquis a mano alzada, de todo aquello digno de reseñar; realización de innumerables fotografías, y realización de la propia delineación, única forma que la experiencia en estos casos, nos demuestra como válida, para evitar errores de transcripción del croquis al plano.

Se ha podido disponer del tiempo necesario para esta toma de datos y poco a poco nos hemos acostumbrado a la difícil lectura sobre un edificio del Patrimonio Arquitectónico y metiéndose lentamente dentro de él, hemos aprendido a estimarlo, combinando paciencia, interés, estima y conocimientos, para lograr conocer lo máximo de cada punto que estudiábamos y estar atentos y receptivos a todo aquello que el edificio nos quería decir.

Con este método de análisis sistemático de cada una de sus partes, hemos podido saber como se realizó la construcción, conocer sus materiales y sobre todo llegar a averiguar como se produjeron las patologías, catalogarlas y diagnosticarlas.

Hemos recurrido a realizar catas no destructivas, en aquellos puntos en los que era necesario, reponiendo si hacía falta los elementos desmontados; a pesar de no disponer de tiempo para el seguimiento del cuadro figurativo observado, sobre todo en la Espadaña. Se han colocado testigos de yeso y geométricos, para comprobar el posible movimiento de las fisuras y grietas en posteriores inspecciones.
Hemos podido comprobar, que los edificios y los monumentos, nos hablan, nos están indicando lo que les pasa, expresan sus problemas; y en sus grietas, desplomes, pérdidas de sección, ensuciamientos, están las manifestaciones de sus patologías. Hemos tenido en cuenta la globalidad del elemento, con visión de conjunto y de su entorno; las patologías encadenadas, donde las manifestaciones observadas se encontraban alejadas de la causa u origen que las producía.

MEMORIA DESCRIPTIVA

ESPADAÑA DE LA IGLESIA DE SANTA MARIA LA MAYOR

Esta espadaña compone una bellísima imagen, visible desde todos los puntos del entorno, y que como gigante vigía, vela por lo que queda en esta antigua ciudad, señalando al cielo con su belleza muda y permanente.

Llama la atención que esta iglesia de “Santa Maria la Mayor”, sea el único monumento de Moya, con cubierta y en condiciones de uso (así lo atestiguan, los septenarios que se celebran en honor a la Virgen de Texeda), pero cuando se profundiza en el análisis serio y concienzudo de ese elemento, vuelve a cundir el desánimo al observar el lamentable estado en que se encuentra y la necesidad de una urgente intervención, que garantice su salvaguarda y conservación.

La construcción de la espadaña, está realizada en su totalidad, con sillares de piedra arenisca de bastante buena calidad y reseñamos como muy acertada. La colocación hace ya muchos años de los cercos metálicos que a modo de prótesis, han evitado la ruina total de la espadaña.

Esta ruina viene producida, por causa de las importantes vibraciones, que el volteo de las dos campanas, situadas en los arcos inferiores, produce en la estructura general de la espadaña. El análisis de este punto singular, no puede aislarse de sistemas constructivos, que conforman el entorno más próximo: la cubierta de la torre campanario situada entre la espadaña y la contra espadaña y la plataforma de tablas de madera, situada en el nivel más alto del desembarco desde la escalera de la torre campanario.

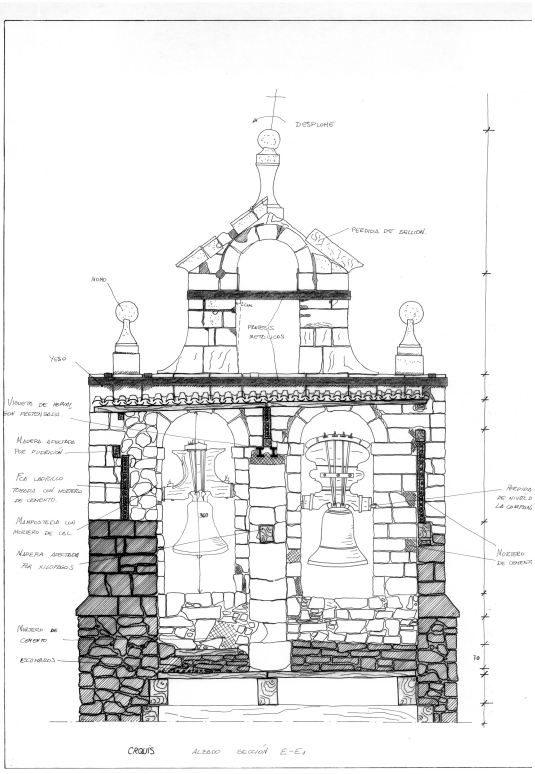
Respecto a la cubierta, reseñamos el lamentable estado en que se encuentra en sus faldones tanto laterales (norte y sur) como el encuentro con la propia espadaña, desde donde se produce el actual acceso a la cubierta; una (para nuestra opinión) desacertada intervención,

que no garantiza la estanquidad del conjunto, y con sus graves problemas sin resolver, de accesos y previsiones del necesario futuro mantenimiento. El sistema constructivo, consiste en un soporte de viguetas de hormigón armado, con bardos, capa de hormigón y cubierta de teja árabe sentada en seco.

La plataforma de madera, contiene una pequeña habitación, que con sus particiones realizadas con muros de entramados de madera y tierra tipo adobe, nos ofrece una parte muy antigua de la edificación y merecedora de ser conservada y consolidada por su originalidad y antigüedad.



Iglesia de Santa María la Mayor
Estado actual, después de la intervención.



Espadaña de la Iglesia de Santa María la Mayor.
Toma de datos.

En el análisis del estado actual del edificio que nos ocupa y centrándonos en el estudio de las patologías de la Espadaña, se observa:

- Las campanas con sus enormes pesos y las vibraciones que producen al ser volteadas, han sido causa determinante para desestabilizar la espadaña.
- Pérdida de sección en la cornisa de piedra de coronación de la espadaña.
- Algunas juntas de sillares presentan pérdidas de mortero y otras están acuñadas con madera o piedra.
- Existen desplomes en la esquina derecha (sur) y en el remate de la pieza de piedra que sirve de soporte de la cruz y de la veleta.
- Presencia de líquenes en la orientación “este”.
- Prótesis metálicas, consecuencia de una intervención reciente. Presentan oxidación en toda su superficie.
- Existencia de grietas longitudinales en las caras “norte” y “oeste” de la torre campanario.
- Se aprecia erosión en los sillares de la esquina “sur”.
- La cubierta entre la espadaña y la contraespadaña presenta falta de estanquidad.

PUERTA DE LA VILLA

Este conjunto se compone en realidad de dos portadas, la que denominamos “A”, situada en un nivel más bajo, más aislada y desprotegida y la “B” en cota más elevada, más abrigada en sus laterales al estar maclada en la muralla de la ciudad.

Aún reconociendo que ambas portadas, forman ese conjunto e incluso presuponiendo que fueron construidas en la misma época, es importante considerar su situación en función de su orientación y proximidad al lienzo de la primitiva muralla; lo que nos permite valorar el mejor estado de conservación de la portada "B", respecto a la portada "A", fundamentalmente por su acoplamiento a la obra de fábrica de la muralla.

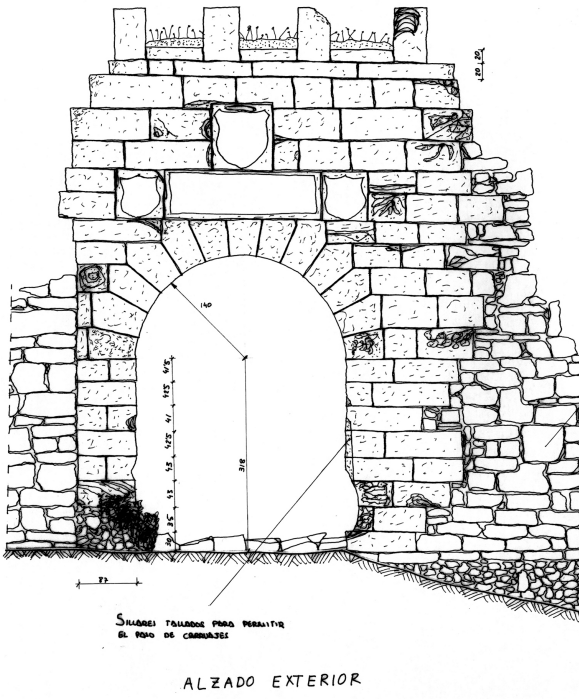
La construcción y materiales empleados es casi idénticos para las dos portadas: sillares de piedra arenisca en todo su conjunto, rellenos de tierra y mampostería en pilastras superiores y sobre arcos (siempre forrados con sillares) y arcos de medio punto en su exterior, con atrevido arco rebajado (sin trabazón entre sí), en su interior, sólo la coronación almenada de la portada "B", se diferencia de la terminación más plana y lineal de la portada "A".

Los puntos más desprotegidos son evidentemente, las coronaciones en la parte superior y las bases de las pilastras laterales, con una erosión generalizada y vaciado de juntas entre sillares en las orientaciones más desfavorables.

La construcción de estas dos portadas, fue posterior a la construcción de la muralla, de ahí la evidente dificultad de trabazón entre diferentes materiales, lo que con la deficiente estanquidad en la parte superior o coronación, nos ofrecen los dos aspectos más negativos de su estado actual; pero señalando que la respuesta de cada una de las portadas a la problemática apuntada ha sido distinta en función de lo apuntado inicialmente: situación y orientación.



Portada "A" de la Villa. Estado antes de la Intervención.



Portada "B" de la Villa. Toma de datos.

En el estudio de las patologías de la Puerta de la Villa se observa:

Portada "A"

- El estado de conservación de esta portada (principal acceso desde la muralla al interior de Moya), es muy deficiente, ofreciendo una imagen desoladora.
- De las dos fachadas de esta portada, es la zona sur la que ofrece un estado peor y donde unos apeos provisionales han podido evitar el colapso.

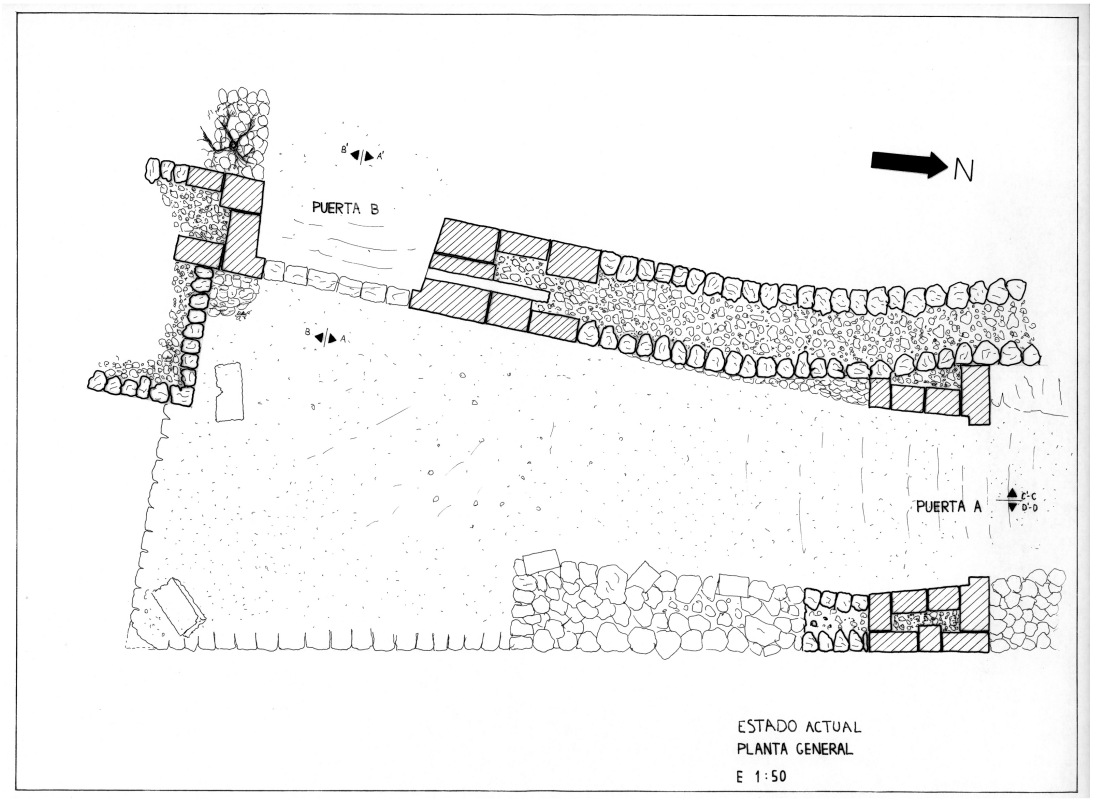
- En la cara norte de la portada los sillares se encuentran movidos y desplazados, con juntas abiertas y con las dovelas y la clave del arco claramente desplazadas por los empujes laterales.

Consideramos que lo anteriormente descrito se debe, a la desprotección que tiene la portada respecto a las murallas, sobre todo en la pilastra o lado recayente a la fachada "este".
Los defectos de construcción original, con una clara falta de traba entre el arco de medio punto (fachada norte) y el arco rebajado de la fachada sur son los que han influido considerablemente en los daños producidos.
Las dos hojas (norte y sur) de los sobrearcos, contenían un relleno de mampostería con un defectuoso remate superior que permitió a lo largo de los años una humectación continua de este relleno, que ha ido generando fuertes empujes laterales y también de peso muerto sobre los arcos.

Portada "B"

Esta portada presenta un aceptable estado de conservación y sólo son reseñables la falta de traba con la muralla, un generalizado vaciado de juntas entre sillares y unas erosiones observadas fundamentalmente en las orientaciones más desfavorables y en sus partes inferiores.

La no existencia de vegetación en su parte superior habla a favor de que la estanquidad del conjunto es muy superior a lo esperado, lo que no evita que sea necesaria la mejora de dicha estanquidad.



Portada de la Villa. Planta general. Toma de datos.

CONCLUSIONES

Estamos convencidos, que un conjunto histórico-artístico como Moya, merece una necesaria intervención para su conservación y salvaguarda.
Iniciativas como la desarrollada en este campo de trabajo, demuestran la sensibilidad que todavía existe entre los estudiantes, ante el patrimonio histórico y permite pensar que no dejaremos que toda la historia heredada de nuestros antepasados se pierda en el olvido entre ruinas.

Convento de Santo Domingo – Intervención en la cúpula más antigua de Buenos Aires

Carla Daniela Brocato [1]
Arquitecta, Especialista en Preservación de Patrimonio Cultural y Arquitectónico.
Buenos Aires – Argentina.
[2]
cbrocato@sinectis.com.ar [1] carla_arq@hotmail.com

ÁREA TEMÁTICA: ÁREA 4. Otros patrimonios. Valoración, protección e intervención en el patrimonio cultural reciente y en la obra civil histórica.



Fotos 1.- *Cúpula Histórica, antes de la intervención*

Hay autores que sitúan a la cúpula del Convento de Santo Domingo como la más antigua de la Ciudad de Buenos Aires. Esta cúpula cubre la "Escalera de los Ingleses", llamada así pues en la Segunda Invasión Ingleses (1808), el ejercito de la corona británica tomó por asalto el Convento y subió a caballo por esta escalera. (Foto 1).

En 1602 llegan a la ciudad la Orden de Santo Domingo, y su asiento definitivo fue en la manzana comprendida por las calles Defensa, Balcarce, Venezuela y Av. Belgrano. La primera iglesia se habría comenzado a levantar hacia 1602; la segunda, terminada en 1634, se cayó cuarenta años después, o sea en 1677. La construcción de la tercera fue tan precaria como las anteriores, hasta que en 1751 se echaron las fundaciones de la actual. Los derrumbes y demoliciones eran habituales en el Buenos Aires de la colonia, debido a la pobreza de materiales.

En 1751 se encomienda la construcción (proyecto y dirección de las obras) del nuevo templo dominico al Arquitecto Antonio Masella, quien diseña una iglesia con planta en cruz latina, bien proporcionada, bóveda central de cañón corrido, dos naves laterales, y cúpula sobre el crucero. El espacio interno original presentaba una lectura simple y ritmada, de gran claridad visual, sólo tensionada por la incorporación de los ocho retablos -en su mayoría barrocos- de las capillas laterales y, por sobre todo, del altar principal. En 1793 se concluye casi totalmente la "Escalera de los Ingleses", desarrollada en dos tramos, de amplias proporciones. La caja de escalera está cubierta por una pequeña cúpula, apoyada sobre pechinas y arcos.

A finales del 2007 se inicia una intervención integral que abarca tanto el Convento como la Iglesia, ambas en precario estado de conservación. La cúpula sobre la Escalera de los Ingleses presentaba un frágil estado de conservación, especialmente afectada por malas intervenciones anteriores.

La cúpula esta armada con ladrillos a mano de 40 x 20 x 5 cm., medida utilizada en el siglo XVIII dispuestos de manera tal que trabajan a compresión. Ambas cáscaras se encuentras desprendidas entre si, y la exterior muy fisuradas permitiendo el acceso de humedad al interior.

Con un tiempo de ejecución de 7 meses, se llevó adelante todas las tareas necesarias para la consolidación de ambas cáscaras utilizando materiales según los originales, teniendo como principio la compatibilidad entre lo nuevo y lo viejo.

Estudio del estado de conservación

La cúpula se encontró en precario y delicado estado de conservación. La cáscara exterior se halló muy fragmentada, con partes faltantes, partes desprendidas y fundamentalmente, con sonido a hueco indicando su separación de la estructura principal. (Foto 2).

El basamento presentaba un avanzado degrado producto de la erosión de los ladrillos y la pérdida de partes de ellos. Hacia el lado sur de la cúpula, la erosión es aun mayor debido a la acción directa de los vientos sur y la falta de asoleamiento. (Foto 3).



Fotos 2.- *Estado general de conservación*



Fotos 3.- *Vista del basamento de ladrillos*

La cúpula de forma semiesférica, se encontró en precario estado producto de la extrema exposición a los agentes climáticos y a la falta de protección superficial. A pesar de esto, se podría decir que la cúpula “aguanto” más de lo esperado, pues no tuvo los cuidados necesarios, cuando tuvo intervenciones, fueron ejecutadas de manera inadecuada. (Foto 4).

Precisamente, en una intervención anterior, toda la esfera fue cubierta por un revoque compuesto de cal y polvo de ladrillos, con un menor porcentaje de conchillas. Este revestimiento junto con el revoque original, es lo que estaba desprendido de la mampostería estructural.



Fotos 4.- *Vista de la cáscara superficial*



Fotos 5.- *Vista del basamento de ladrillos*

El revoque de cal y polvo de ladrillos se presentó fuertemente erosionado y pulverulento, desprendiéndose con facilidad. La acción del agua de lluvia formó sobre la superficie canales de escurrimiento.

Las ventanas ojivales, posteriores al origen de la cúpula, tenían la moldura perimetral en precario estado, con partes faltantes y desprendimientos. Además había una gruesa capa de suciedad y formación de organismos vivos.

En avanzado degrado, el lucernario presentó desprendimientos de material y erosión de capas superficiales (Foto 6). La base, compuesta de varias hiladas de ladrillos está recubierta con mortero formando molduras lineales. Estas se encontraron en avanzado deterioro, con fisuraciones, grietas, faltantes y sectores con ladrillos a la vista. (Foto 7).



Fotos 6.- *Vista de la parte superior del lucernario*



Fotos 7.- *Vista de la base del lucernario*

En las ventanas, los dinteles de madera se encuentran muy resecos y los largueros no tienen material de recubrimiento.

En el extremo superior de la cúpula hay una cruz de hierro fundido empotrada en la estructura. En una primera verificación se comprobó que esta fuertemente adherida; para completar la verificación se realizaron dos tomas gammagráficas que arrojaron el siguiente resultado:

> *"las imágenes obtenidas mediante ensayo de gammagrafía permiten observar un buen grado de uniformidad de pared en el hierro base de la cruz empotrada en la cúpula histórica. Nos e detectaron indicaciones relevantes mediante este ensayo. Solo puede observarse un orificio posiblemente provocado en la fabricación o diseño del hierro"*[1]*.* (Foto 8).

El metal presenta corrosión, sin embargo los faltantes de material son pocos. Es de destacar que en el metal se encuentran restos del forjado, además de detalles de terminación que denotan su antigüedad.



Fotos 8.- *Gammagrafía (imagen invertida).*



Fotos 9.- *Detalle anclaje de la cruz.*

[1] Informe de CAEFE Compañía Argentina de Ensayos Físicos Especiales. Informe CAEFE NDT: B RI 6999-2007.

Fue necesario realizar una serie de pruebas para la elaboración de la estrategia de intervención. Por un lado, se extrajeron dos muestras que fueron analizadas en laboratorio. Como se especificó anteriormente, la cáscara exterior había sido intervenida en la década del ´80, momento en que le aplicaron un mortero de cal con abundante polvo de ladrillo, este ultimo para mantener el "color original". Es importante aclarar que no se cuenta con registros históricos de la cúpula, se desconoce cual era su terminación original. Los ensayos confirmaron los datos anteriores.



Fotos 10.- *Microscopia*



Fotos 11.- *Microscopia*

> "*El análisis microscópico y microquímico de la muestra arrojo como resultado que esta compuesta por abundante polvo de ladrillo y carbonato de calcio, piedra molida sílices de granulometría variada y muy poca área fina. Es decir, que el ligante del mortero de revestimiento es a base de cal y polvo de ladrillo, porciones de ladrillo molido, piedra molida y, finalmente, arena muy fina serian los agregados inertes. La combinación de cal, polvo y pedazos de ladrillos le confiere al material propiedades pozzolanicas, existiendo por ello un fraguado hidráulico del revestimiento".* [2]

Al mismo tiempo, se ejecutó una prueba piloto sobre un faldón de la cúpula para ver el comportamiento de los posibles materiales a aplicar. Luego de lavar bien la superficie (hidrolavado a baja presión) se retiraron las partes sueltas y se ejecutaron dos pruebas:

1° prueba: se extendió un lienzo con una pasta a base de almidón de trigo para adherir las partes y así poder retirar varias piezas juntas. Este procedimiento no dio resultado porque las partes son chicas y se desprenden del lienzo. Por ello se optó por retirar los cascotes relevando su ubicación para su posterior colocación.

Luego se impregnó el sector liberado con abundante agua, durante todo el día pues se vio que los ladrillos estaban demasiado secos. Se alternó agua con Sikalatec 1: 10. En la separación entre el ladrillo y el revoque, luego de retirar polvillos y pequeños cascotes, se inyectó agua de cal con carbonato de calcio. Posteriormente se rebajó la superficie de ladrillos y con adhesivo se pegaron las partes retiradas, según el inventario previamente hecho.

La ventaja de este método es el mayor control de eliminación de polvos y partes sueltas. Pero se desestimó pues al pegar la parte retirada, el espesor del revoque nuevo es mayor que el espesor de separación, razón por la cual, no queda al mismo nivel que el original.

2° prueba: primero se abrieron los canales existentes y se inyecta agua de cal con carbonato de calcio. La ventaja es que es un procedimiento poco destructivo, se estudian y utilizan los canales existentes, simplemente se abren. La desventaja es que durante la ejecución no se podía verificar hasta donde llegaba el material de inyección. Sin embargo, y con el paso de las semanas se pudo constatar la efectividad del método.

Es por ello que se utilizó este método, con algunos ajustes:
Con taladro y mecha de 10mm se abren los canales siguiendo su recorrido natural. (Foto 12).

[2] Extracto del informe presentado por la Licenciada Química Marcela Cedrola.

Se empapó con abundante agua, alternando con alcohol etílico para que el agua escurra con mayor facilidad. Esta tarea se realizó durante una jornada de trabajo. Luego se aplicó Sikalatec 5: 1. Se inyectó con perita la solución de cal apagada y carbonato de calcio, con un porcentaje de Sikalatec. (Foto 13).



Fotos 12.- *Apertura de canales*



Fotos 13.- *Inyección de carbonato de calcio*

Proceso de intervención

Con los resultados obtenidos de sucesivas pruebas, se fueron mejorando las ideas de cómo intervenir. El **objetivo** era crear puntos de unión entre ambas cáscaras, no rigidizarlas generando una "tercera cúpula" sino que, con los puntos de unión, seguir permitiendo el movimiento de las dos cáscaras.

El proceso de intervención se realizó de abajo hacia arriba y recorriendo el perímetro de la cúpula. De esta manera se crea una capa sólida que retiene el escurrimiento de la inmediata superior. Cada vez que finaliza un tramo completo, se sellan las fisuras. Para ello se realizaron 7 pruebas con el objetivo de encontrar un material de color similar al existente en la cúpula y, a distancia se homologa con el resto.

Las juntas se ejecutaron con un mortero compuesto por cal común, cementos varios, polvo de ladrillo y arena. Una vez finalizado el cascarón, se aplicó una solución de silicato de sodio[3], creando con esto una capa resistente que permite el movimiento de la parte externa. (Foto 15).



Fotos 14.- *Apertura de canales*



Fotos 15.- *Canales sellados*

Intervención en el lucernario

Siguiendo los criterios de intervención aplicados en la cúpula, se iniciaron las tareas de consolidación en el lucernario. Al igual que con la cúpula, previo a cualquier tarea se realizaron pruebas para verificar las tareas a ejecutar.

[3] Es llamado vulgarmente "vidrio soluble". Se produce fundiendo la arena con un sulfato de sodio y carbón vegetal. Originariamente son masas vítreas color verde de fractura conoidal. Sus soluciones secan produciendo una superficie lisa y dura. Es llamado también silicato de soda. Se utiliza como impermeabilizante para papel madera; sirve para conservar materias orgánicas, también se emplea en la fábrica de jabón, piedras artificiales, pinturas, etc.

La primera tarea elaborada fue el completamiento del anillo perimetral inferior, que marca la unión entre la parte superior de la cúpula y el apoyo del lucernario. Se retiraron las partes sueltas e irrecuperables, se sellaron fisuras y se recolocaron las partes retiradas fijadas con mortero. A continuación se completó la moldura con mortero a base de cal reforzada con cemento. (Foto 16)



Fotos 16.- *Anillo perimetral inferior.*



Fotos 17.- *Remate lucernario.*

Luego se intervino en el perímetro, actuando sobre los laterales de las cuatro ventanas, sobre la cupulita y el remate con la cruz incluida. (Foto 17).

Intervención en el basamento

La última tarea llevada adelante fue el tratamiento del basamento. Fuertemente modificado por la existencia de una babeta realizada en el pasado para el anclaje de la membrana asfáltica de la terraza, tenía en su parte superior en unión con la cúpula una línea de ladrillos dispuestos de canto a manera de goterón, fuertemente erosionados y con gran cantidad de faltantes.

Luego de una fallida intento de hacer una moldura similar a la existente en la base del lucernario (Foto 18). y ante la imposibilidad de contar con registros históricos que dijeran como era esta parte de la cúpula, se procedió reinterpretando los elementos históricos. La intervención consistió en la colocación de ladrillos en la misma posición, tallándoles las aristas para homologarlos con los originales, pero destacando la diferencia entre ambos. (Foto 19).



Fotos 18.- *Prueba moldura.*



Fotos 19.- *Completamiento con ladrillos.*

Conclusiones

La intervención representó un desafío desde su inicio, por la fragilidad del estado de conservación y, fundamentalmente, por tratarse de la cúpula más antigua de la ciudad de Buenos Aires.

La intervención no fue agresiva y no produjo alteraciones a la composición general de la cúpula. Se utilizaron materiales naturales, no se optó por productos premezclados o con alguna base química, pues pueden reaccionan contra los materiales originales o descomponerse con el tiempo. La efectividad de la intervención solo podrá ser evaluada en un futuro.

PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DEL PALAZZO DEL PECORA EN MONTEPULCIANO - ITALIA

Carlos Alberto Cacciavillani
Catedrático de Historia de las Técnicas Arquitectónicas, Dipartimento di Scienza, Storia dell'Architettura, Restauro e Rappresentazione - Facultad de Arquitectura, Viale Pindaro 42, Pescara, Universidad "G. D'Annunzio", Chieti-Pescara, Italia.

carloscacciavillani@hotmail.com

PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Montepulciano es una pequeña ciudad de la Región de la Toscana, situada a lo largo de una cresta de colinas entre el Valle de Chiana y el Valle de Orcia. Su trama urbana revela aspectos típicos del urbanismo medieval; de hecho, su lectura estructural evidencia una relación entre los principales monumentos aislados y la edificación circundante, incluso entre las distintas tipologías edilicias con que cuentan sus calles. La estructura urbana en forma de "Y" se desarrolla entre dos puntos fortificados: uno al Norte, que protege la vía de acceso procedente de Arezzo y Chiusi, y otro al Sur que permite controlar la calle que, llegando de Pienza, transcurre bajo las murallas y conduce a la *Porta al Prato*. Otras tres puertas urbanas secundarias, denominadas *Porta di Grassi*, *Porta delle Farine* y *Porta Gozzano*, garantizan las conexiones necesarias con el exterior y marcan la conformación de la estructura urbana de la ciudad.

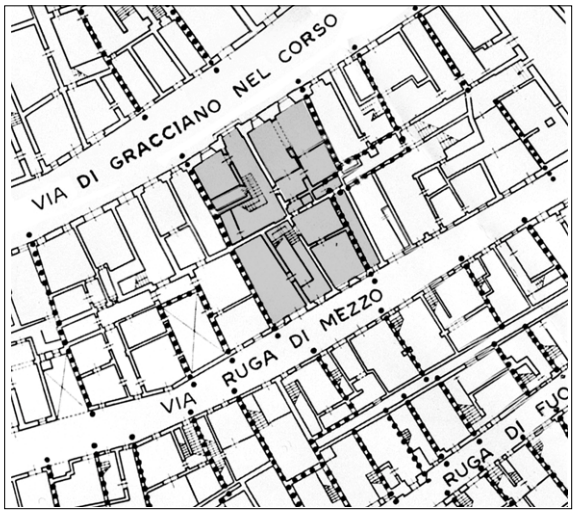
Entre los monumentos de Montepulciano se destaca el *Palazzo Del Pecora*[1], un edificio de época renacentista emplazado en la calle principal de la ciudad. Su fachada principal ocupa antiguos lotes medievales, ubicándose sobre el eje primario de acceso a la ciudad, constituyendo uno de los primeros edificios monumentales de los que se encuentran en la calle *Gracciano nel Corso*. Su austera fachada, a lo largo del lado izquierdo de la calle, aparece a 50 m de la *Piazza al Prato*, justo cuando ésta gira con amplia curva, cerca de la iglesia de San Agustín. La consideración de los acontecimientos históricos que conciernen directamente la ciudad de Montepulciano permite realizar algunas observaciones sobre su desarrollo constructivo, que son de interés con relación a la génesis del *Palazzo Del Pecora*[2].

Durante la mayor parte del siglo XV, Montepulciano estuvo unida por relaciones de fidelidad a los florentinos. Bajo la protección de Florencia y de la Señoría de los Medici, la ciudad experimentó un renacimiento constructivo que modificó considerablemente su aspecto, si bien sin llegar a reestructurarse con iniciativas generales, como ocurrió de forma aislada en Pienza y Urbino. Por ello, la ciudad medieval se transformó en base al único parámetro en posesión del arquitecto humanista, que fue la investigación tipológica.

Las interpretaciones e hipótesis que se han establecido sobre la génesis del *Palazzo Del Pecora* y sobre sus fases constructivas pueden hoy argumentarse a partir de documentación archivística, por ejemplo, en base a los antiguos planos catastrales de la zona, que muestran las diferentes superposiciones y etapas constructivas del palacio desde sus orígenes. Las parcelaciones urbanas, generadas a consecuencia del reparto del solar comprendido entre las calles *Roma*, hoy *Gracciano nel Corso*, y *delle Arti*, hoy *Ruga del Mezzo*, dónde se encuentra ubicado el edificio objeto de estudio, serían originariamente semejantes a los existentes entre las calles *delle Arti* y *Guerrazzi*, que aún se mantienen casi íntegramente en la estructura medieval, perceptible en nuestros días en las casas adosadas que se encuentran en la zona. Por lo tanto, el sistema de preexistencias del *Palazzo Del Pecora* no deriva de la transformación de estructuras anteriores pero sí es una construcción más reciente[3].

Con respecto a la dimensión de la fachada medieval, el edificio ocupa cuatro células urbanas de la lotización medieval, con dos líneas de ventanas características de la construcción de esa época[4], dos correspondientes a la calle *Gracciano* y dos a la calle *delle Arti*.





Figuras 1 – 2. *Montepulciano. Palazzo Del Pecora.*
Reconocimiento del edificio en la estructura urbana.
Planta tipológica, células urbanas de la lotización medieval.

La intervención que tuvo lugar en el siglo XVI tenía como finalidad concluir el edificio, lo que generó una carencia de cualidades particulares que se refleja en su desorganización interior. El elemento más destacado del *Palazzo Del Pecora*, que lo convierte en una obra de interés en el Patrimonio Cultural italiano, es su fachada, construida en un severo lenguaje clásico, cuya autoría, en virtud a los elementos 'sangalescos' que presenta y dada la escasez de referencias archivísticas, puede atribuirse al arquitecto Antonio da Sangallo il Vecchio; a este arquitecto le atribuye Vasari[5], su primer biógrafo, dos obras en Montepulciano: la *Madonna di San Biagio* y el edificio para el Cardenal del Monte, ahora *Palazzo Contucci*[6].

Si bien no se conocen documentos relativos al Palazzo objeto de estudio, Giovanni Gaye atribuye el edificio a Antonio da Sangallo il Vecchio, vinculándolo a las numerosas estadías en Montepulciano, que el arquitecto realizara entre 1511, fecha de su primer viaje por encargo de la República florentina, hasta 1534 año de su muerte[7]. Heinrich von Geymúller refiere el *Palazzo Del Pecora* en Montepulciano como obra de Antonio da Sangallo il Vecchio, junto con los edificios Tarugi, Contucci, Cervini y Avignonesi[8]. En consecuencia, la atribución a Sangallo de esta obra, de la que no es posible establecer el origen, es comúnmente aceptada por los autores que han tratado sobre el arquitecto; algunos, sin argumentar el dato, llegan incluso a datar su construcción, por ejemplo Albrecht Haupt[9] en 1515 y Gustave Clausse[10] en 1518. Sin embargo, tales referencias no vienen acompañadas de un detallado examen estilístico de la obra. Todos los autores describen el edificio en su estado actual; Clausse habla de manera muy genérica, lo que hace pensar que ni siquiera lo haya llegado a conocer directamente; Haupt lo ilustra y dibuja el último nivel detalladamente, cuyas ventanas Adolfo Venturi define como de *puro stampo bramantesco raffaellesco*[11], cuando, en realidad, él último nivel fue añadido en la segunda mitad del siglo XIX por el ingegnero Federico Paolini[12].

La contribución más reciente es de Gaetano Miarelli Mariani, quien, con una argumentación muy rigurosa, cuestiona la *convinzione priva di motivazioni oggettive, nata da un secolo e fatta propria in modo unanime dalla storiografia architettonica*[13] que asigna el *Palazzo Del Pecora* a Sangallo, y, reteniendo, sin fundamentos la atribución del edificio a Antonio da Sangallo il Vecchio, lo considera una obra perteneciente a la cultura arquitectónica toscana del siglo XVI. Miarelli Mariani cree poder localizar como autor del edificio *un artefice di scuola, il quale, pur non ignorando le elaborazioni romane, sembra essere in qualche modo connesso a quel filone toscano più legato al passato, più assorto a comporre sottili miscele stilistiche, venate di classicismo, che a tentare nuove sperimentazioni*[14].

Históricamente, el *Palazzo del Pecora* ha sido objeto de numerosas transformaciones, destacando la reestructuración acometida en 1890 por el ingeniero Paolini, quien construyó la escalera interior y elevó un piso, modificando, en consecuencia las fachadas originales, de modo que la parte renacentista de la fachada principal corresponde a los dos primeros niveles

de igual dimensión, separados entre sí por una faja horizontal delimitada a lo largo de los bordes superior e inferior de robustas molduras. Se aprecia una clara diferencia entre la parte anterior de la fachada, calle *Gracciano nel Corso,* y la posterior, calle *Ruga del Mezzo*. La altura del edificio, en origen de sólo dos niveles, se incrementó en torno a 1890, al construirse un tercer nivel al que se agregaba una altana cerrada. La obra de Paolini comienza a partir de los tímpanos de las ventanas, dónde se disponía una ancha faja que fue eliminada. La fachada, de piedra escuadrada y lisa, presenta un claro ritmo compositivo, marcado por cuatro ventanas con cimacio muy desarrollado; las nuevas ventanas, en eje con las del plano inferior, apoyan sobre una hilada que anteriormente constituía el remate del edificio. *Il bugnato si qualifica come elemento primario della parte basamentale e la sua complessa articolazione costituisce il cardine della ripartizione proporzionale dell'intero prospetto*[15]; las hiladas de sillería presentan una disposición mixta, definida por Gustavo Giovannoni como *pseudoisodoma*, en la que las piedras de menor altura presentan un mayor desarrollo horizontal que las otras. Además, su superficie lisa sobresale aproximadamente diez centímetros del haz de paramento. También el portal presenta un ligero voladizo. El basamento se divide en cuatro tramos rectangulares, delimitados por el contorno vertical de los sillares de mayor altura; tres resultan perfectamente iguales y enmarcan las ventanas correspondientes; el cuarto tramo, de menor dimensión, corresponde al ancho del portal. Sobre cada llave de la platabanda de las ventanas de la planta baja, se disponen tres pequeñas aberturas; además el antepecho de la única ventana todavía existente está sostenido por dos ménsulas carentes de toda ornamentación.

En correspondencia con la cornisa, la faja que separa los dos planos deja lugar a un balcón, cuyo parapeto, dividido por un montante central, está constituido por balaústres. En el primer piso, el haz de paramento está conformado por sillares lisos, poco destacables y de iguales dimensiones; sobre éste, se abren ventanas alternando tímpanos curvilíneos y triangulares, constituidos por los elementos canónicos del orden arquitectonico toscano. La puerta-ventana correspondiente al portal está flanqueada por dobles columnas, resultando un único motivo central y dominante, compuesto por la cornisa del portal y por la mediación del balcón de la ventana y de los dos tímpanos curvos[16]; consecuentemente, la fachada está constituida por una parte principal que se configura alrededor de un eje de simetría y de un apéndice[17]. Aunque se desconoce el nombre del promotor del edificio, se sabe que fue propiedad de la familia Del Pecora, como también resultaría del escudo[18] que aparece en el relieve publicado por el Geymúller y que se presenta indudablemente como una obra no anterior al siglo XVII[19]. En el relieve del Geymúller, el escudo aparece sobre la ventana que está en el eje del portal, representado con el tímpano partido, como en una fotografía de la colección del abogado Luigi Goracci.

Entre las propuestas de restauración, se deben distinguir aquellas relativas el exterior y el interior. Con respecto al exterior, sobre calle *Gracciano nel Corso*, se sugiere la restauración de la fachada reconstituyendo los elementos linguísticos alterados a fines del siglo XIX con la adaptación de habitaciones de la planta baja a nuevos usos. Por la importancia histórica de la arquitectura de este edificio, se propone el cierre parcial de las dos puertas -ahora locales comerciales ubicados a los lados del acceso principal, puertas que, en su origen, fueron ventanas. Se propone reubicar nuevamente el escudo hoy depositado en el Museo Cívico de la ciudad en su emplazamiento primitivo, además de limpiar, consolidar y proteger el travertino de la fachada, utilizando técnicas científicas de conservación de los materiales y, en la fachada principal, reconstruir aquellos elementos que fueron alterados por la adaptación acometida en siglo XIX. Tales intervenciones de limpieza preven el empleo de pastas gelatinosas solventes (AB 57) sobrepuestas con compresas. Con el objeto de evitar la evaporación del agua, la pasta gelatinosa se protegerá con delgadas hojas de aluminio o polietileno. El empaste se eliminará con espátulas blandas y con un lavado sucesivo, hasta la total remoción de los restos, con agua deionizada o destilada, con pH 6. Para la completa eliminación de los componentes básicos, el pH del agua en contacto con la superficie de la piedra tendrá que ser igual al inicial. Las intervenciones de consolidación de la piedra preven el empleo de resina acrílica, Paraloid B 72, puesta con pincel o filtraciones repetidas hasta el rechazo, debe penetrar algunos centímetros de profundidad.

Para la intervención en las fracturas más profundas se utilizará resina epossidica Araldit XB 2640, con polvo de travertino. Para el estucado de las zonas más superficiales se utilizará resina acrílica Paraloid B 72, también con un agregado de travertino.



Fotos 1 – 2. *Montepulciano. Palazzo Del Pecora.*
Fachada actual sobre calle Gracciano nel Corso, con la dos puertas y el tercer nivel construidos en el siglo XIX.
Detalle de la fachada sobre calle Ruga del Mezzo, degrado del revoque.

Para asegurar una adecuada protección químico-física, se utilizarán resina acrílica Paraloid B 72 y resinas silicónicas Rhodorsil X 54.802, aplicándolas por nebulización, con justo grado de diluido y con suficiente destreza como para evitar efectos ópticos no deseables; se prevé, además una cepilladura blanda del material y también agregado de opacidantes a base de sílice.

Al exterior, sobre calle *Ruga del Mezzo*, se propone el cierre parcial de las dos puertas de la fachada, entrada y cochera, la restitución de las dos ventanas con materiales diferenciados y la consolidación del revoque. Esta última intervención se articulará en tres fases: fijado, consolidación y estucado. El fijado tendrá como objetivo restablecer la cohesión; se ejecutará por inyecciones de aspersión o con pincel, con fijadores de solución y solvente con punto justo de evaporación.

La consolidación, por la que se pretender reconstituir la adhesión del revoque sobre el muro, se realizará aplicando emulsiones vinílicas (PVA), acrílicas (Primal), mezcla de caseína con cal muerta y con el agregado de otros componentes. A través del estucado las lagunas se llenarán con un nuevo revoque de argamasa de composición análoga a la antigua. Sucesivamente, para asegurar la necesaria protección químico-física, se aplicarán resinas silicónicas con nebulizaciones. También se propone la demolición de la altana de reciente construcción.

Con el objeto de dotar al edificio de nuevos usos, se propone una moderada reestructuración de sus interiores, centrada especialmente en la sustitución de la escalera del siglo XIX, correspondiente al ingreso de la calle *Gracciano*, y la eliminación de la escalera de servicio de la calle *Ruga del Mezzo.*

No se considera oportuno modificar el uso residencial de los dos niveles superiores del edificio.

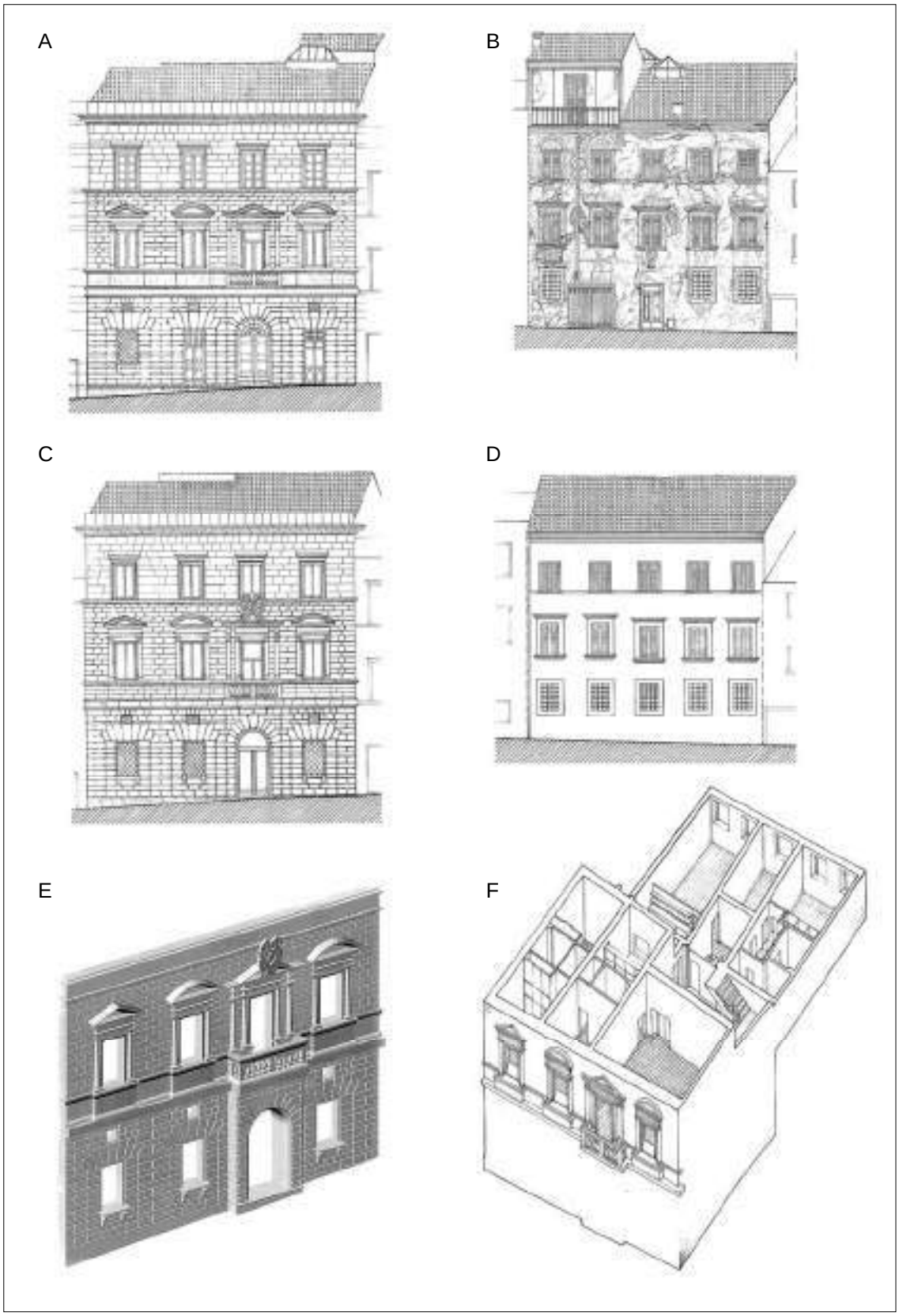


Figura 3. *Montepulciano. Palazzo Del Pecora.*
A-B*. Fachadas actuales sobre calle Gracciano nel Corso y calle Ruga di Mezzo;*
C-D*. Proyecto de restauración de las fachadas;*
E*. Reconstrucción de la fachada sobre calle Gracciano nel Corso (siglo XV);*
F*. Proyecto de restauración, primer nivel.*

Referencias

[1] El estudio y la propuesta de intervención se realiza siguiendo los principios metodológicos de la Escuela Romana de restauracción. Para el análisis histórico y el estudio arquitectónico del edificio, hemos contado con la colaboración del profesor Gaetano Miarelli Mariani, quien ha realizado una detallada lectura arquitectónica del palacio y de las relaciones de proporción del edificio sangallesco.
[2] Durante la atormentada Edad Media, Montepulciano vivió un período de hechos alternos significativos, aproximadamente dos siglos y medio en los que sus habitantes, llamados *poliziani*, estaban bajo la tiranía de la familia Del Pecora.
[3] G. Miarelli Mariani, "Due infondate attribuzioni ad Antonio da Sangallo il Vecchio: i Palazzi Cervini e Del Pecora a Montepulciano", en "Quaderni dell'Istituto di Storia dell'architettura", (Roma), XXIV, 1977-78, 139-150, pp. 69-88.
[4] *L'operazione di rifusione, che ha dato vita al palazzo, ha impegnato quattro cellule con il doppio asse di finestre caratteristico dell'edilizia medievale; due in rapporto con il percorso matrice, costituito dall'attuale via Roma (via di Gracciano), e due con quelli di via delle Arti (Ruga del Mezzo)*. Ibid., p. 79.
[5] G. Vasari, "Le vite dei più eccellenti pittori scultori e architettori, con annotazioni e commenti di Gaetano Milanesi", vol. IV, Firenze 1879, p. 289.
[6] Cfr. G. Gaye, "Carteggio inedito d'artisti", vol. II, Firenze 1840, pp. 149-150.
[7] Cfr. A. Schiavo, "La Madonna di San Biagio a Montepulciano, (1518-1545)", en "Bollettino del Centro Studi di Storia dell'Architettura", II, Roma 1952, p. 17.
[8] La contribución del Geymúller es fundamental para el estudio de este edificio, por estar acompañada de completa documentación gráfica. Cfr. E. Geymúller, "Die Architektur der Renaissance in Toscana", vol. V, München 1897.
[9] Cfr. A. Haupt, "Palast-Architektur Italiens", Berlino 1922, p. 27.
[10] Cfr. G. Clausse, "Les Sangallo", Parigi 1902, pp. 367-368.
[11] Según el modelo de Bramante o Raffaello. A. Venturi, "Storia dell'Arte Italiana", vol. XI/ 1, Milano 1938, pp. 492-493.
[12] Ersilio Fumi, mencionando el edificio, indica que: … *vi fu aggiunto recentemente un piano superiore […] esso non armonizza troppo con il resto dell'edificio*. E. Fumi, "Guida di Montepulciano e dei bagni di Cianciano", Montepulciano 1894, p. 37.
[13] Este planteamiento, que surgió hace un siglo y fue realizado de forma general por la historiografía arquitectónica, no se fundamenta en argumentos objetivos.
[14] Un artífice de escuela, el cual no ignorando las realizaciones romanas, podría estar de algún modo en relación con un filón toscano. Cfr. G. Miarelli Mariani, "Due infondate attribuzioni", cit., p. 84.
[15] La cantería es el elemento primario del zócalo y su compleja articulación constituye el elemento proporcional de la entera fachada. G. Miarelli Mariani, ibid., p. 81.
[16] Cfr. G. Clausse, "Les Sangallo", cit., pp. 367-368.
[17] *Ove la finestra ad edicola, esclusa dalle relazioni con il motivo centrale, campeggia isolata.* G. Miarelli Mariani, "Due infondate attribuzioni", cit., p. 82.
[18] *Il simbolo vescovile che lo stemma esibisce permette qualche modesta congettura sulla famiglia, di cui si hanno scarsissime conoscenze. La carica di vescovo fu ottenuta da alcuni suoi membri in sedi diverse da Montepulciano*. A. Parigi, "Notizie del Cardinale Roberto Nobili, degli altri illustri Poliziani della città di Montepulciano, 1836"; ed. anastatica, introducción de I. Calabresi, Bologna 1968.
[19] Cfr. G. Miarelli Mariani, "Due infondate attribuzioni", cit., p. 87.

Repairing and conservation of the part of the walls at North Fort of Jajce(PAPAZ TOWER – Banja Luka Gate)

A. Čaušević MSc.[(1)], M. Skoko MSc.[(2)]

Faculty of Architecture of the University of Sarajevo

amirc@af.unsa.ba [(1)], milorads@af.unsa.ba [(2)]

THEME AREA: Projects of Intervention on cultural heritage

ABSTRACT

For centuries, the City of Jajce has been the crossroads of routes leading from the inner continent towards the Mediterranean. The entire complex of the Jajce Fortress, with the city walls and towers, lies at the southern slopes of a large stone "pyramid", enclosed to the northwest by the bed of River Pliva, and to the northeast by the River Vrbas. The perimeter of the mediaeval town of Jajce is about 1300 m, with an area of 112,000 sq.m. Jajce Fortress is located in the northwest part of the city area, at the top of a hill. The shape of the fortress is of irregular quadrilateral. There are two strong four-sided towers placed at north-western and south-eastern angles.
At the top, the walls end with defending walls of lime stone. Out of the original medieval defending walls – shields, only 4 are preserved, located above the Papaz Tower. The full width of this wall is approximately 4,0 m.
The causes of damages are the following: first of all – precipitation water, poor connection between the wall facing and wall filling, bad quality of walls and connecting material, temperature changes, frost and generally the influence of atmospheric agents, influence of vegetation present at the wall surface and at the majority of horizontal surfaces. Also, defending walls and the walking lane lack adequate hydro-isolation, which all together contributed to looseness and increased humidity of wall filling, and caused serious deterioration of the part of existing fortress.

1. Description

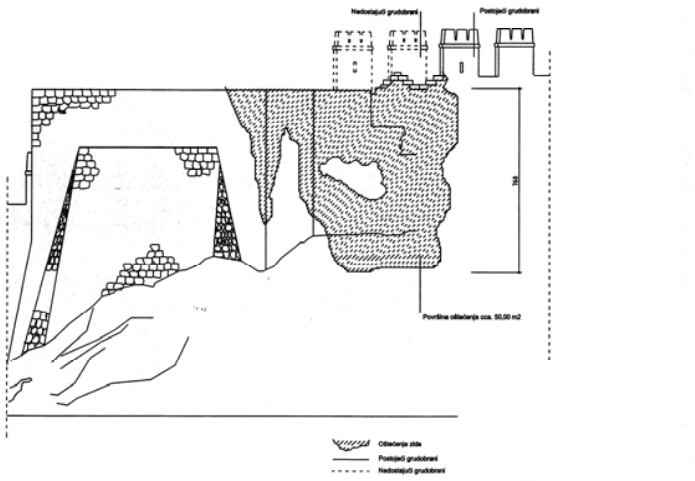




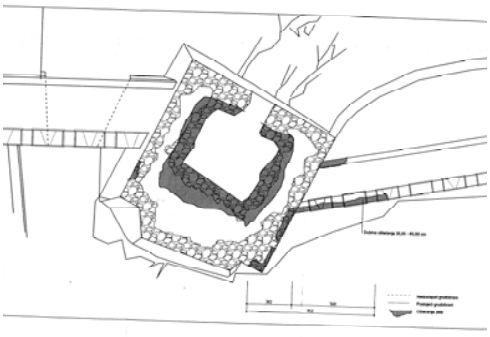
Picture 1. Papas tower, Jajce north wall. Picture 2. Jajce north wall before restoration

The Jajce fort is at the north-western corner of the urban area, on the summit of a hill. In plan it forms an irregular rectangle.There are two solidly-built rectangular towers at the north-western and south-eastern corners.
In mediaeval times, a thin wall, 0.80 cm thick narrowing to 0.74 m at the top, was built of mudstone and rubble, bedded in mortar consisting of lime, tufa dust and broken brick.The wall was later reinforced on the inside to a width of 1.60 m, using mudstone and lime mortar with a high coarse sand and gravel content. The wall is 2.40 m thick overall, increasing to 3.50 m to the east (Mračna gate).
The walls are topped by breastworks built of tufa. The four above the Papaz Tower are all that survive of the original mediaeval breastworks. Metal hoods were formerly attached to small brackets on the outer side of the breastworks. The full width of this wall is almost 4.0 m.
The interior mass of the wall consists of quarry stone laid in courses with a binder of slaked lime, without tie beams. This construction is more satisfactory than fortifications where the walls have a lime and stone infill and outer cladding, but far from being the best way to built a fort.





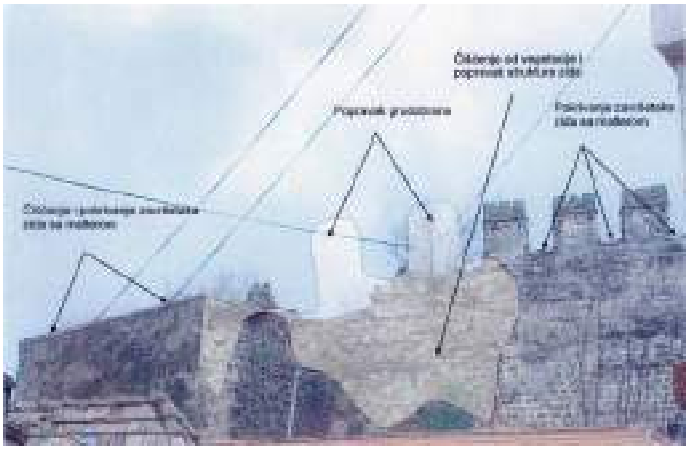
Picture 3.Damaged part of fortress wall -Taken from CHWB official site and author's doc.





Picture 4.Plan of the walkway **Picture 5. Damaged part of Papas tower**
-Taken from CHWB official site and author's documentation

The causes of damage are: first and foremost, precipitation, the cladding coming away from the infill of the walls, poor quality of the walls and binder, temperature fluctuations, frost and the effects of the elements in general, and the action of vegetation growing on the wall surface and most of the horizontal surfaces. In addition, the breastworks and walkway are not properly damp-proofed. All of this has combined to loosen the structure and raise the moisture levels of the wall infill, causing serious damage to parts of the fort.



Picture 6.Damaged part of Jajce fort
-Taken from CHWB official site and author's documentation



Picture 7. After interventions

2. Natural stone

Initial assessments of the stone for building purposes as regards its resistance to **weathering** (damp, frost and heat) and **mechanical properties** (compression, tension, bending, wear and resistance to chemical weathering):

Table 1.

no.	Characteristic	Good stone	Poorer stone
1.	**Sound**	Rings clear	Dull, fuzzy
2.	**Resistance to impact**	Hard to break	Breaks easily
3.	**Resistance of edge**	Hard to chip	Chips easily
4.	**Wear**	Low	Considerable; producing dust, sand or powder
5.	**Corrosion encrustation**	None, or paper thin	Thick
6.	**Colour**	Distinct (dark)	Dull (light)
7.	**Sheen**	Mineral sheen, mirror-like	Mineral dull, cloudy
8.	**Feel**	Solid, rough	Soft, greasy
9.	**Structure – a**	Granular	Earthy, chalky, clayey
10.	**Break surface**	Shell-like, smooth, uniform	Jagged, chequered, rough, uneven
11.	**Structure – b**	Compact, solid	Flaky, **shaly,** cracks or splits easily, fibrous
12.	**Composition**	Homogeneous	Heterogeneous
13.	**Bond between grains**	Strong, comprehensive	Weak
14.	**Water absorption**	Low, water-resistant	High, absorbs water
15.	**Resistance to being cut or hewn**	Hard to cut	Easy to cut

In addition to these properties, **observations in the quarry and the experience gained from old buildings** are also important. Additional data are obtained from an analysis of petrographic characteristics such as porosity, frost-resistance, water absorption, resistance to compression and tension, resilience, and resistance to chemical weathering.

3. Repairs to fallen section of wall

The damaged wall surface should be cleaned to remove binders, and the joints cleared and washed clean. This should be followed by a careful replacement of damaged materials with new to rebuild the wall, taking account of the finished appearance of the repaired and rebuilt areas by comparison with the existing wall areas. Hot lime, or possibly lime mortar, can be regarded as suitable binders.

Since a large area of the wall is damaged, the problem of joining the newly-built layer to the surviving wall mass also needs to be resolved. This will be achieved by the insertion in places of longer “anchor” or bond stones, part of which will be laid in pre-prepared beds in the wall, with the rest in the cladding (the wall face). These stones will be set about 80 cm apart height-wise.

The repaired wall section will also need to be injected with lime mortar to fill any voids and create a solid bond between the cladding and the infill. This will also result in greater resistance to seismic impact.

There is no firm bond between the wall faces composed of sizeable blocks and the infill such as would ensure homogeneity of the wall mass.

The resistance of the defense walls to structural load and to wind force is always satisfactory. Resistance to seismic forces is often unsatisfactory in the case of stone walls because of the low resistance of the binders to tension and shear. Consequently, bracing elements in the form of U-shaped steel reinforcement Φ12 profiles with an overall length of 6.0(2+2+2) m will need to be inserted horizontally along the joints as the masonry is laid, approximately every meter height-wise. Provision will need to be made to protect these from corrosion.

4. Repairs to the Tower

These repairs should be carried out exactly like those on the fallen section of the wall, except for the curved steel reinforcement Φ12 profile steel, which will be inserted to a greater depth, given that the damage to this wall is greater .



Picture 8.Interventions – Taken from CHWB official site

5. Other interventions

Just beside the fallen section of the wall is another section that needs repair, with damage deep into the middle of the wall, joints without mortar, and partly detached from the rest of the wall mass, to the extent that it is almost free-standing. This deterioration should be made good as indicated in the annex, with anchors of Φ32 profile steel reinforcement, 2.0 m in length, inserted into the wall mass and running through 1.5 cm steel anchor plates on the wall face, each plate measuring 30 x 30 cm, with bolts that, once tightened, should be fixed to the anchor plates. The plates are to be set 2.0 meters apart in two columns.

The anchors are to be laid in pre-drilled holes. On completion of the drilling, the drill-holes should be air-cleaned, washed and, after insertion of the anchors, filled with cement emulsion or epoxy resins, under pressure if possible or, failing that, by ramming with a thin steel rod. Provision should be made to protect these anchors from corrosion.

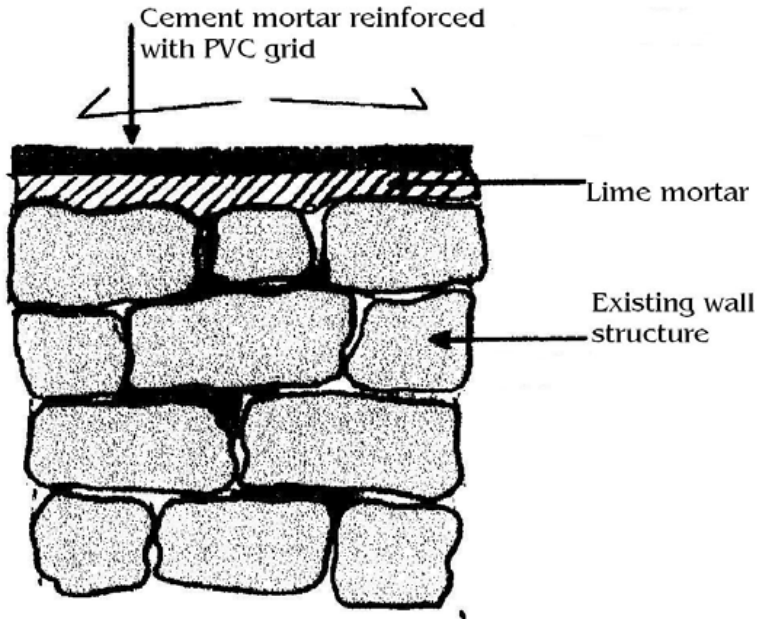
This wall could also be made good by rebuilding, but the funds available do not allow for this.

The section of the wall between the Džikovac Tower and the Velika tabija bastion is bulging, with a large, visibly protruding area. Financial restrictions mean that this project makes no provision for repairs to this part of the wall, which must be held up using an appropriate retaining wall.

There is a walkway behind the breastworks. The question of hydroinsulation and of the final surfacing of this walkway also needs to be addressed.

Smaller visible holes in the walls need to be filled in with the same stone, or one with similar characteristics, and appropriate mortar.

The main cause of deterioration to the walls and the Tower itself is in fact water, and as a result it is essential that provision be made to drain water from the walkway to avoid a repetition of the same rapid deterioration of the walls. The proposal to protect the top surface of the breastworks from the damaging effects of water with layers of lime mortar and a final coat of cement mortar with a PVC grid can be considered sufficiently effective. However, this method would not resolve the same problem on the walkway.



Picture 9.Detail of top surface of the breastworks - Project's documentation

Note:

This proposal for the repair and conservation of part of the walls of the north fort in Jajce (PAPAZ TOWER – Banja Luka Gate) has been drawn up in accordance with available financial resources.

6. Conclusions

The old structures had been constructed by various materials and different techniques related to them. Stone masonry occupied a special and dominant place in the development of architectural and structural achievements. Still existing examples of old structures are also mostly in stone masonry and a meaningful amount of them are settled in earthquake prone areas. Some special types of old masonry structures are also reproached within the context of preservation of cultural heritage. Resistance of defending walls to static load, as well as to influence of wind has been always satisfying. Resistance to the influence of seismic forces is most often inadequate in cases of the stone walls because of the low resistance of the connecting material to tensile and shears force.
Despite conservation efforts, the fortress is still at risk of damage for several reasons. Air pollution and vegetation growth are increasing the rate of decay. The main cause of deterioration of the walls and the Tower itself is actually the water, and it was therefore necessary to solve the issue of its drainage from the walking lane, in order to avoid rapid degradation of walls.

7. References

1. **CHWB-CULTURAL HERITAGE WITHOUT BORDERS PROJECT'S DOCUMENTATION (ARCHITECTS – Damir Hadžić d.i.a. And Lejla Hadžić d.i.a.)**

2. **AUTHOR'S PROJECT'S DOCUMENTATION**

RESTAURACIÓN DEL *TRÁNSITO A LA SACRISTÍA* EN LA IGLESIA DE SAN FRANCISCO DE SANTA CRUZ DE LA PALMA.

Facundo Daranas Ventura
Catedrático de Historia, miembro de la Comisión Insular de Patrimonio Histórico.

facundo.daranasventura@gobiernodecanarias.org

ÁREA TEMÁTICA: 3. PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL.

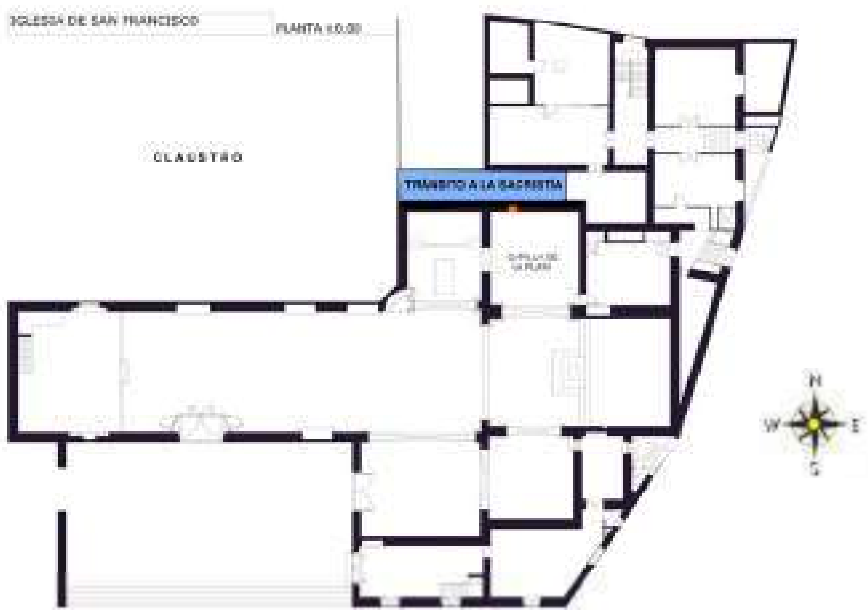
Resumen: Tras la desamortización de 1835, este convento franciscano permaneció libre de ocupación durante muchos años, hasta que a comienzos del siglo XX se instaló el ejército, permaneciendo en él hasta mediados del siglo, para lo que fue necesario acometer reformas en el inmueble. Retirados éstos, su amplio espacio fue ocupado y repartido entre la *Organización Juvenil Española* y el *Taller-Escuela Sindical "Virgen de Las Nieves"*, haciéndose también reformas para adaptarlo a los nuevos usos. Sin embargo, una parte de este pasillo del *tránsito a la sacristía* permaneció siempre tapiado, quizás por su condición de limítrofe con la iglesia, y a salvo, por tanto, de las obras. Ahora se propone su restauración y rehabilitación.

Palabras clave: tránsito a la sacristía, Santa Cruz de La Palma, iglesia de San Francisco, capilla de La Plata, desamortización, Monumento Histórico Artístico Nacional.



Claustro del antiguo convento de San Francisco con galería perimetral. Hueco tapiado en planta baja correspondiente al tránsito a la sacristía.

El templo de San Francisco de Asís de Santa Cruz de La Palma se inscribe en el conjunto formado por el real convento franciscano de la Inmaculada Concepción, fundado en 1508 por orden de la reina Juana I la Loca. El templo responde a la tipología franciscana, de nave única, en torno a cuyo presbiterio se fueron edificando posteriormente capillas laterales por parte de familias burguesas y de cofradías establecidas en la Ciudad. Tanto la fachada del templo, punto de convergencia visual y simbólica, con portada en el eje longitudinal del mismo, como sus dependencias anexas, de volúmenes cúbicos, destacan por su sencillez en la disposición de los vanos, la claridad de líneas y austeridad constructiva de marcada tradición franciscana, prevaleciendo en todo él la rotundidad de los muros de pared ciega.



Planta del templo de San Francisco con localización del tránsito a la sacristía. COARQ 106.

El conjunto, desamortizado definitivamente en 1835, fue ocupado a partir de entonces por diversos organismos, entre otros, por el ejército hasta el año 1952, para cuya instalación fue necesario realizar reformas en su estructura original a principios del siglo XX. Posteriormente, fue ocupado por la Organización Juvenil Española (OJE) y por el Taller-Escuela Sindical "Virgen de Las Nieves", dependiente del Ministerio de Trabajo, para lo que también fue necesario hacer reformas que afectaron más directamente a esta zona en concreto. En 1954 el templo de este convento pasó a tener la consideración de Parroquia. Ya con anterioridad a esta fecha se había intervenido en el mismo, sobre todo con obras de restauración y rehabilitación de nuevos espacios, llegándose incluso a alterar su distribución original.

El templo, declarado Monumento Histórico Artístico Nacional en 1976, linda con el antiguo convento, propiedad del Cabildo Insular de La Palma, quien inició la restauración del cenobio en el año 1983, después de haber obtenido la titularidad del mismo por parte del Ministerio de Cultura. En aquel entonces se dejó tapiado un hueco, rematado por un arco de medio punto realizado en su mayor parte en cantería rojiza, que se abre en el paramento oriental del claustro franciscano. Se trataba de un pasillo que parecía no conducir a ninguna parte, pues lo limitaba en el otro extremo un muro de ladrillos.

Además, en las obras que se realizan actualmente (2006-2008) en el citado templo, tras el picado de los paramentos, apareció, oculto bajo el enfoscado, otro hueco tapiado con relleno de mampuesto, correspondiente a una puerta que pone en comunicación la capilla de La Plata –antigua sacristía a comienzos del siglo XVI- del templo de San Francisco con este pasillo. Este hueco también ha permanecido tapiado durante muchos años, quizás incluso siglos, desconociéndose hasta ahora su ubicación exacta.

El primero de ellos se trata con toda seguridad del denominado en los documentos antiguos *tránsito a la sacristía*. Un espacio que con una dirección oeste-este discurre en paralelo entre la capilla llamada de *los Doce,* en el claustro del convento franciscano, y los paramentos que cierran las capillas de San Nicolás y de la Plata.

ESTADO DE CONSERVACIÓN

El haber permanecido tapiado y oculto durante tantos años es un hecho que le ha favorecido, manteniéndose al margen, aunque sea sólo en parte, de pasadas fiebres reformadoras, por lo que su configuración original no parece haber sido alterada en demasía.

Así, conserva un pavimento ejecutado en piedra, y el techo es un alfarje, cuyos durmientes coronan el perímetro de los paramentos laterales, sirviendo de pavimento en la planta alta a unas dependencias de propiedad compartida entre la casa parroquial y el Museo Insular.



Capilla de La Plata. Hueco tapiado correspondiente a una puerta que comunica con el tránsito a la sacristía.



Vaciado de una parte del muro divisorio de la capilla de La Plata y el "tránsito" para empotrar la hornacina de un retablo.

El hueco con arco de medio punto está ejecutado casi en su totalidad en toba rojiza compacta, mientras que una de sus jambas lo está en basalto vacuolar gris oscuro; las basas molduradas también están realizadas en toba rojiza. Permanece tapiado en el claustro del antiguo convento y presenta en su intradós y en las jambas huellas de antiguos anclajes de puertas, así como en el sardinel - al que le siguen algunos mosaicos de mediados del siglo XX, fruto de las reformas realizadas por anteriores inquilinos[1]-, que marcan el acceso desde el claustro hacia el *tránsito*, lo que nos evidencia que en un momento anterior en este espacio existía una puerta.

Ya en su interior, a 5 m. del arco de acceso desde el claustro, se levanta otro arco sobre impostas, realizado también en cantería de toba rojiza compacta, a la que le falta una de sus jambas, empotrándose la imposta y algunas dovelas directamente en el muro. La ausencia de una de sus jambas bien pudiera deberse a falta de medios, al propio carácter secundario del pasillo, o bien para ganar espacio en el interior. El pavimento presenta un ligero desnivel descendente en dirección oeste-este, en cuyo extremo oriental conserva un peldaño de piedra.

A lo largo de este pasillo del *tránsito* de 11 m de largo por 2 m de ancho, se abren dos huecos con comunicación hacia la capilla de La Plata. Uno antiguo, de 2´02 m x 1´10 m, tapiado con relleno de mampuesto, pero que conserva las jambas en cantería y el dintel en madera de tea, indicativos de esta antigua comunicación entre el convento y el templo. Y un segundo hueco, abierto más recientemente, a finales de los años sesenta del pasado siglo, para empotrar en él la hornacina de un retablo. El paramento original de éste se conserva hasta una altura de 1´45 m. desde el nivel del suelo, y a partir de aquí se abre el hueco de 3´25 x 1´40 x 0,60 m. en la parte central de dicho muro. Su parte posterior fue cerrada con tabiquetas de 6 cms. de espesor.

En el paramento opuesto a éste, y a mitad de la altura del mismo, también en el interior del pasillo, se conserva el hueco correspondiente a una ventana, cegada mediante el

[1] Este tipo de pavimento en mosaicos de cemento es muy parecido al que existe en el patio alto del IES "Alonso Pérez Díaz" de Santa Cruz de La Palma, por lo que podría deducirse que fue instalado a raíz de las obras de reforma de esta parte del claustro a comienzos de los años sesenta para la instalación de las dependencias del Taller-Escuela. Sujeto al alfarje, entre el espacio comprendido entre los dos arcos, se conserva un resto de tubo Bergman, muy usado en esta época, para empotrar las conducciones eléctricas.

adosamiento de una nueva pared edificada a mediados de los años sesenta en el patio de la actual casa parroquial.

En el otro extremo de este pasillo, es decir, en el flanco oriental, un tabique añadido impedía la comunicación –y, sobre todo, la visión- entre el claustro y la actual casa parroquial.

Este pasillo del *tránsito a la sacristía* comunicaba, pues, el convento con el templo y con la actual casa parroquial (antigua residencia del Superior del convento) y tenía salida a un pequeño huerto, cuyo espacio ha sido edificado con un patio y nuevas dependencias de la casa parroquial.



Huellas del amarre de las puertas al sardinel. Claustro del antiguo convento de San Francisco.



Huellas en las jambas de antiguos anclajes a las mismas. Tapiadas en la restauración de 1983.

No se observa ningún tipo de patologías o daños relevantes, como la presencia de humedades, salvo las propias derivadas del abandono y la suciedad, aparte de la intervención de los años sesenta en la que se vació una parte del paramento divisorio con la capilla de La Plata.

CRITERIOS DE INTERVENCIÓN

Los criterios de intervención a aplicar para la restauración tendrán como fin el conservar y restaurar los valores históricos del monumento y se fundamentarán en el respeto hacia los elementos originales. El criterio básico adoptado en las actuaciones previstas será la conservación de los materiales y elementos existentes en la actualidad, siempre que tengan un valor histórico.

JUSTIFICACIÓN

El tipo de actuación que se realizará será básicamente de restauración y rehabilitación, resolviéndose desde una visión actual más en consonancia con los conceptos de restauración fidedigna con respecto a la construcción original. Se evitarán otras alternativas, que, aunque en un principio pudieran resultar más deseables, funcionales y atractivas, no dejarían de ser más intervencionistas.

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

Dentro del Plan General de Ordenación Urbana de Santa Cruz de La Palma existe el Anexo Normativo de Protección Artística del Casco, en el que este inmueble está catalogado

con nivel de protección 1, tanto en lo que se refiere a la fachada como a su interior. Ello significa que:

- En el interior se exige la conservación integral de todos sus elementos, salvo obras de restauración autorizadas por el organismo competente, en este caso, el Cabildo Insular.

- En fachada se establece el respeto total a su situación actual, salvo obras de restauración autorizadas por el organismo competente.



Vista parcial hacia el claustro del tránsito a la sacristía.



Vista parcial hacia la casa parroquial del tránsito a la sacristía

A nuestro juicio, el *tránsito a la sacristía,* es un pasillo que podríamos considerar de segundo orden dentro del espacio conventual; estrictamente de uso interno; da la sensación de ser uno de esos pasillos en este tipo de edificios conventuales que la literatura y el cine han contribuido a difundir como imagen portadora de "un cierto aire de misterio"; de marcada sencillez, pese a la cantería rojiza empleada en soportes y arcos, como lo demuestra la humilde puerta que lo comunica con la capilla de La Plata, que contrasta con la solemnidad del arco de medio punto labrado en piedra a través del que se accede a esta misma capilla desde la nave del templo.

La propuesta de intervención de restauración consistirá en recuperar este pasillo, una vez delimitada la propiedad, y siempre de común acuerdo entre los dos propietarios. Para ello se procederá a la demolición de los tabiques que lo ciegan en sus dos extremos, tanto en su parte occidental –propiedad del Cabildo Insular- como en el extremo oriental de dicho pasillo -la casa parroquial-.

Se procederá asimismo al picado de los paramentos, dejando al descubierto los elementos estructurales: arcos y ventana interior hoy tapiada, para con posterioridad proceder al revestimiento con mortero de cal, cemento y arena de esta cara del muro, bajo el que previamente se habrán colocado las canalizaciones verticales correspondientes a la instalación eléctrica empotrada. Para la puesta en uso y su adecuado funcionamiento, se dotará a este espacio de todas las instalaciones necesarias para su iluminación y disposición de elementos para la prevención y extinción de incendios.

El relleno de mampuesto de la puerta que comunica con la capilla de La Plata se retirará y en su lugar, previa restauración o reposición de las jambas y elementos de madera, se colocará una puerta abatible de doble hoja y cuarterones, en madera de tea, similar a otras existentes en el templo. A su vez, se rellenará el hueco realizado para empotrar el retablo en los años sesenta y se enfoscará el paramento con un mortero de cemento, cal y arena.

La madera del alfarje se limpiará reponiendo aquellas piezas que se encuentren en estado defectuoso. Posteriormente se le aplicará una capa de barniz transparente mate que resalte el color propio de la madera de tea (pinus canariensis).

En lo que respecta al pavimento, se mantendrá su estado actual, llevando a cabo una limpieza superficial e incorporando alguna pieza de la misma calidad de las existentes.

El arco de acceso al interior del pasillo desde el claustro deberá tener una puerta -ya que así lo atestiguan las huellas conservadas en el sardinel y jambas de los elementos de anclaje ya comentados-, pero abatible con balaustres de madera que permitan la visión hacia el interior del pasillo.

En el otro arco interior, situado a 5 m. de éste, se instalará un cristal de seguridad que tendrá su carácter de elemento fijo, con la posibilidad de que sea practicable cuando se requiera o en situaciones de emergencia. El extremo opuesto del pasillo, por la casa parroquial, una vez demolido el tabique de ladrillos, se dejará en su estado originario, esto es, sin ningún tipo de cerramiento que impida la comunicación entre los distintos espacios parroquiales.

Unos reflectores darán luz al interior de este pasillo, incorporando un sistema de iluminación de rieles vistos, mediante la sujeción a los pares del alfarje. En la parte del claustro se instalarán, además, unos censores que iluminarán el interior cuando alguien se acerque a este espacio procedente del Museo.

REHABILITACIÓN

Las actuaciones propuestas no suponen modificaciones sustanciales en el edificio, sino que están destinadas a la mejora y recuperación de este espacio. Es evidente que este pasillo ya no cumple la función física de elemento de tránsito, y tampoco debemos de olvidar que una parte del antiguo convento franciscano, situada en el entorno de este claustro, alberga hoy al Museo Insular y este carácter debe conferírsele sólo en parte a este pasillo, pues en él se alojarán aquellas imágenes que normalmente no suelen estar al culto por falta de espacio en este templo, así como la orfebrería, expuesta en vitrinas confeccionadas *ad hoc*, que contribuyan a prolongar en este pasillo la percepción de museo.

Por otra parte, el templo carece de un espacio para un baptisterio más íntimo y alejado de los bautismos colectivos. Para el cristiano el bautismo es uno de los sacramentos más importantes, el *sacramento de la fe*. Por medio de él “se comienza un camino, a lo largo del cual, la fe tiende vitalmente a alcanzar su pleno desarrollo”, es también conocido como “la puerta de la iglesia”.

Por tanto, en un lenguaje metafórico, parece establecerse una relación simbólica entre lo material y físico -el *tránsito a la sacristía*-, nombre con el que se denominaba a este pasillo, y lo espiritual, a través del paso, del tránsito, que da el nuevo bautizado para incorporarse a la vida cristiana. Y este nuevo espacio, una vez restaurado y tras la colocación de una pila bautismal, estaría destinado, del mismo modo, a cumplir esta nueva e importante función dentro del templo.

En cualquiera de los casos, recuperar este espacio constituye por sí mismo un hecho de gran relevancia que nos permitirá recrear en su totalidad la distribución espacial de este antiguo monasterio franciscano del siglo XVI, sobre todo al cumplirse los 500 años de su fundación.

ESTUDIOS PREVIOS A LA INTERVENCIÓN EN LAS FACHADAS DEL PALAU DE LA MÚSICA CATALANA (BARCELONA)

R.M. Esbert, F. Mateos, J. Ordaz y F.J. Alonso
Dpto. de Geología (Petrología y Geoquímica). Universidad de Oviedo.
C/ Jesús Arias de Velasco s/n 33005, Oviedo

resbert@geol.uniovi.es; fmateos@geol.uniovi.es; jordaz@geol.uniovi.es; jalonso@geol.uniovi.es

ÁREA TEMÁTICA: INNOVACION Y NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

El Palau de la Música Catalana (1905-1908), en Barcelona, edificio modernista del arquitecto Lluís Domènech i Montaner, presenta en sus fachadas materiales diversos: cerámicos, pétreos y morteros, fundamentalmente. Entre los materiales cerámicos predomina el ladrillo y, en menor proporción, la terracota y la cerámica vidriada, característicos todos ellos de la singular ornamentación del edificio. Los materiales pétreos son minoritarios, localizándose en el zócalo y en algunos elementos decorativos; básicamente corresponden a la arenisca de Montjuïc y a una caliza. Respecto a los morteros se puede distinguir entre los de revestimiento y los utilizados en el sellado de juntas. Previamente a los trabajos de conservación/restauración (2006-2008) del edificio, se realizaron diversos estudios referidos a la caracterización de dichos materiales (mineralogía, textura, porosidad, propiedades hídricas) y a su estado de alteración.
Palabras clave: materiales cerámicos, materiales pétreos, morteros, deterioro, Palau de la Música.

1. Materiales

En las fachadas del Palau se distinguen varios tipos de materiales constructivos, siendo el ladrillo el más extendido (Fig.1). Otros materiales cerámicos (terracota, cerámica vidriada y cerámica decorativa o mosaicos) son menos abundantes, apareciendo de forma más localizada. Del análisis macroscópico de los ladrillos se dedujo la existencia de, al menos, dos variedades, A y B, con tipos intermedios entre ambas.

a) *Variedad A*: Ladrillo de tonos rojizo-anaranjados, compacto, en el que los granos minerales e inclusiones (enclaves) de mayor tamaño presentan morfologías subrredondeadas.

b) *Variedad B*: Ladrillo de tonos rojizo-rosados, menos compacto que el anterior, donde las inclusiones de mayor tamaño presentan morfologías elongadas, destacando una cierta orientación de las mismas.

El estudio de los materiales cerámicos abarcó diferentes técnicas: observación al microscopio óptico de polarización, análisis mineralógico semicuantitativo por difracción de rayos X y medición de la porosidad mediante porosimetría por inyección de mercurio. También se determinaron diversas propiedades físicas relacionados con la captación y circulación de agua por el seno de los materiales [1]. En las tablas 1 y 2 se resumen algunas de las características petrofísicas de los ladrillos.

Aunque minoritaria, la roca más empleada en la fachada es la piedra de Montjuïc. Se trata de una arenisca de color gris, con una porosidad de alrededor del 15%, que ya había sido estudiada previamente [2]. Respecto a los morteros (Fig 2), tanto de revestimiento como de juntas, se distinguieron varios tipos según su textura y mineralogía, que fueron igualmente analizados. Algunas de las características petrofísicas de los mismos aparecen recogidas en la tabla 3

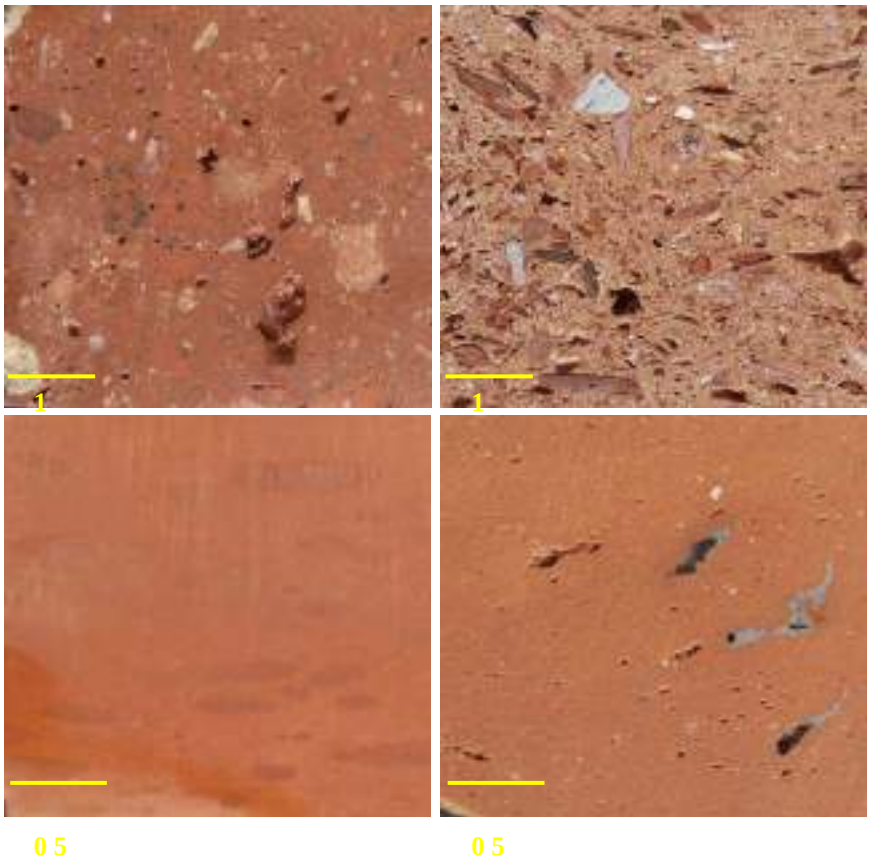


Figura 1.- Aspecto macroscópico bajo corte de sierra de los cuatro tipos de materiales cerámicos empleados en la fachada del Palau de la Música: A y B) dos variedades de ladrillos, C) terracota, y D) cerámica vidriada.



Figura 2.- Aspecto macroscópico de la superficie de las cuatro variedades de morteros empleados en la fachada del Palau de la Música: A, B y C) tres variedades de mortero de recubrimiento, y D) variedad de mortero Rablert.

Tabla 1.- Resumen de los parámetros porosimétricos obtenidos en los ensayos de inyección de mercurio de los cuatro materiales cerámicos estudiados.

	Densidad (Kg/m³)		Porosidad abierta (%)	Radio de acceso de poro (μm)		Superficie específica (m²/g)
	Real	Aparente		Media	Mediana	
Ladrillo variedad A (PAU 5)	1746	2682	34,9	0,120	0,964	3,32
Ladrillo variedad B (PAU 18)	1501	1961	23,4	0,152	1,202	2,05
Terracota (PAU 12)	1853	2830	34,5	0,085	0,267	4,36
Cerámica vidriada (PAU 6)	1658	2099	21,0	0,088	0,232	2,861

Tabla 2. Propiedades, normas, parámetros y resultados obtenidos en la determinación de las propiedades físicas (hídricas) de las dos variedades de ladrillo estudiadas.

Propiedad medida	Norma utilizada	Parámetro	Variedad A PAU 13	Variedad B PAU 18
Densidad-porosidad	UNE-EN 1936 (1999)	Densidad aparente ρ_d (Kg/m^3)	1773 ± 33	1671 ± 11
		Porosidad abierta P_0 (%)	34,31 ± 1,02	37,91 ± 0,61
		Contenido en agua en saturación Ws (%)	19,35 ± 0,93	22, 69 ±0,49
Absorción libre de agua (Imbibición)	UNE-EN 13755 (2002)	Contenido en agua (7 días) W_{7d} (%)	16,6 ± 0,3	17,6 ± 0,8
		Grado de saturación (7 días) S_{7d} (%)	85,8 ± 2,6	77,5 ± 2,3
Desorción libre de agua (Evaporación)	CNR-ICR 29/88	Contenido en agua (7 días) W_{7d} (%)	0,04 ± 0,01	0,12 ± 0,02
		Grado de saturación (7 días) S_{7d} (%)	0,19 ±1 0,05	0,54 ± 0,11
Absorción de agua por capilaridad	UNE-EN 1925 (1999)	Coeficiente de capilaridad C´ (Kg/m² * horas$^{1/2}$)	12,4 ± 0,6	20,9 ± 3,1
Permeabilidad al vapor de agua	CNR-ICR 21/85	Coef. Permeabilidad al Vapor kv' (g/m²*24 h)	481 ± 79	369 ± 141

Tabla 3.- Resumen de los parámetros porosimétricos obtenidos en los ensayos de inyección de mercurio de los cuatro morteros estudiados.

	Densidad (Kg/m³)		Porosidad abierta (%)	Radio de acceso de poro (μm)		Superficie específica (m²/g)
	Real	Aparente		Media	Mediana	
Mortero revestimiento (PAU 1)	2022	2676	24,45	0,015	0,035	15,252
Mortero de revestimiento (PAU 3)	2130	2820	24,48	0,026	0,185	8,850
Mortero de revestimiento (PAU 9)	1425	1826	21,93	0,031	2,078	9,646
Mortero Rablert (PAU 10)	2209	2742	19,43	0,020	0,404	8,790

2.- Deterioro de los materiales

El conocimiento sobre el estado y formas de deterioro que presentaban los diferentes materiales de la fachada, es un paso previo imprescindible para acometer los trabajos de conservación. En este apartado se sintetizan estos aspectos en cada uno de los materiales citados en el apartado anterior y que han sido los utilizados en las fachadas del Palau.

Debemos resaltar que el *ladrillo* utilizado está con frecuencia recubierto de una o varias capas de pintura y, en general, es el material más deteriorado. Sin embargo, su estado de alteración es variable, pudiéndose encontrar desde elementos bien conservados a otros muy alterados.

El grado de deterioro y el tipo de lesiones [3] en el ladrillo son distintos según la parte del edificio considerada. Las alteraciones más avanzadas –descohesiones y pérdidas de material por desagregación– se observan casi siempre en las partes altas (último piso) y medias del edificio, tanto en la fachada de la calle Sant Pere més Alt como en la de Amadeu Vives. En líneas generales los ladrillos de la fachada que dan a ésta última calle están mejor conservados, debido en este caso a la protección que les dan las diversas capas de pintura que se han aplicado sobre el ladrillo a lo largo del tiempo.

En los ladrillos la pérdida de pintura es generalizada, y tiende a desprenderse en forma de finas películas. También muestra descamaciones y desplacaciones, faltando a veces grandes espesores o el ladrillo entero. En estos casos algunos huecos han sido reintegrados con mortero (Fig. 3). Otras partes aparecen cubiertas de una lechada continua de mortero.

Los morteros muestran en algunas zonas signos de descohesión por desagregación. También se observan faltas de mortero en las juntas de unión de los ladrillos y, más raramente, entre los mosaicos. En relación con los ladrillos y también con los elementos fabricados con morteros aparecen, tras periodos de lluvia, eflorescencias salinas. Esto ocurre sobre todo en el segundo piso y en el último, en las partes salientes del edificio, en los elementos que rematan la cornisa –en el caso de que éstos estén hechos con mortero– y debajo de las cornisas en la balconada (Fig. 4).

La *terracota* de los balaustres está en general en un buen estado de conservación, aunque en algunos casos muestra indicios de desagregación, con pérdidas de cohesión muy minoritarias. En el interior de algunos tubos de vidrio de los balaustres hay tinciones, debidas a la oxidación del elemento de hierro interno (colores rojos) y por la presencia de algas (colores verdes).

La *cerámica vidriada* presenta elementos con erosiones y pérdidas de material (Fig. 5), en unos casos; en otros se observan “descascarillados” y excepcionalmente aparecen fisuras. Los vidriados de la parte inferior del edificio se hallan recubiertos de una capa irregular de polvo y suciedad, más abundante en las partes donde domina la componente horizontal. En algunos capiteles de pilastras y columnas, así como en otras ornamentaciones, se observan pátinas de suciedad o ennegrecimiento de poco espesor. No se han detectado, sin embargo, costras negras bien desarrolladas.

En cuanto a la *cerámica decorativa*, la mayoría de las zonas con mosaicos están en buen estado de conservación (Fig. 6); no obstante, hay teselas que se han perdido en algunas zonas, y otras están a punto de despegarse o presentan alguna pequeña fisura.

Entre los *materiales pétreos,* el grado de alteración de la arenisca de Montjuïc varía mucho de unas zonas a otras. En general, la sillería situada en la parte más baja del edificio está en buen estado. Si embargo, algunas piezas labradas, ubicadas entre ladrillos en la parte media de la fachada de la calle Amadeu Vives, presentan fenómenos de descohesión y desagregación granular (arenización) [4]. Se aprecian estos fenómenos (Fig. 7), así como fisuración y desprendimiento de trozos, en las molduras de las balconadas del primer piso. Otras zonas también presentan fisuras relacionadas con la corrosión de anclajes de hierro, propios de la estructura del edificio. Otras veces se generan desplacaciones. En la parte baja de algunas columnas se observan erosiones de origen antrópico (rozaduras y excoriaciones), generadas por el tráfico que circula demasiado próximo al edificio.

En algunas zonas favorables a la retención de humedad como en cornisas, debajo de los balcones y en general en las partes horizontales del muro que corona el edificio, se observan pátinas biogénicas (verdín) que con frecuencia llevan asociadas eflorescencias. A veces también crece musgo. En algunas zonas se observan depósitos de excrementos de palomas.

La piedra calcárea del grupo escultórico alegórico que preside la esquina de la fachada se halla en buen estado, salvo algunas pequeñas fisuras y una zona de humedad por escorrentía. La caliza con la que están hechos los bustos de los músicos del segundo piso fue restaurada en los años setenta con piedra artificial (Mineros), y su estado actual de conservación es bueno. El mármol de la barandilla de los balcones del primer piso, que fue colocado en una de las últimas restauraciones, se halla en general algo desgastado pero bien conservado.



Fig. 3.- Ladrillos en distinto estado de conservación. (Izqda) con ligeras pérdidas de la capa de pintura. (Dcha) con notables pérdidas y reintegración de las mismas con morteros.



Fig. 4.- Eflorescencias en la parte alta del edificio (C/ Sant Pere més Alt.). (Izqda) en los ladrillos. (Dcha) en los morteros.



Fig. 5.- Erosiones en la cerámica vidriada en distintos elementos decorativos.



Figura 6- Dos detalles de la cerámica decorativa en distinto estado de conservación. (Izda.) Templete ubicado en el último piso del edificio., con la cerámica en perfecto estado. (Dcha.) Columna entre las calles Sant Pere més Alt y Amadeu Vives, una de las zonas más deterioradas, con excoriaciones y pérdida de teselas.



Figura 7.- (Izqda) Zona labrada con piedra de Montjuïc en avanzado estado de deterioro. (Dcha) Imágenes alegóricas labradas en caliza, en la esquina de Amadeu Vives / Sant Pere més Alt.

Por último resaltar que las medidas de conductividad eléctrica han detectado concentraciones importantes de sales solubles en los ladrillos. En el análisis de las eflorescencias se han encontrado sales solubles del grupo de los sulfatos: yeso [$CaSO_4$ $2H_2O$], thenardita [Na_2SO_4] y afthitalita [$K_3Na(SO_4)_2$]. El yeso y la thenardita admiten distintos grados de hidratación y su cristalización contribuye a la descohesión del material que las alberga.

Agradecimientos

Al Museo Nacional d' Art de Catalunya (MNAC) (Contrato CN-05-098) y en particular a Joan Pey Oliveras, restaurador de dicha Institución.

Referencias

[1] R.M. Esbert, J. Ordaz, F.J. Alonso y M. Montoto (1997). "Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos". Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona, 139 p.

[2] R.M. Esbert, J. Ordaz, F.J. Alonso (1999). "Anàlisi i pautes d´actuacions en els elements de pedra de les façanes de L´Eixample de Bacelona", ProEixample. 56 p.

[3] ICOMOS (2005). "Termes et définitions relatifs à l'altération de la pierre, d'après les travaux du comité scientifique "Pierre" de l'ICOMOS. CENT / TC346 / WG N.20

[4] J. Ordaz y R.M. Esbert. (1988)."Glosario de términos relacionados con el deterioro de las piedras de construcción". Materiales de Construcción, Vol. 38, 209, pp. 39-45.

PROGRAMA DE ARRENDAMIENTO RESIDENCIAL COMO INSTRUMENTO DE CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO EN ÁREAS CENTRALES: SAN PABLO, BRASIL

Rosío Fernández Baca Salcedo (1)

(1) Drª. Profesora de la Facultad de Arquitectura, Artes y Comunicación de la Universidad Estadual Paulista (UNESP), Brasil

rosiofbs@faac.unesp.br

ÁREA TEMÁTICA 3: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

RESUMEN

El presente trabajo es parte de la investigación intitulada: *"Métodos de Intervenção nos Espaços Urbanos dos Centros Históricos. Estudo de caso: São Paulo- Programa Morar no Centro",* realizado junto al Departamento de Arquitectura, Urbanismo y Paisajismo de la Universidad Estadual Paulista (UNESP), Brasil. Objetivo analizar el grado de conservación, sostenibilidad social y económica de los edificios Riskallah Jorge, Brigadero Tobías y Maria Paula, recalificados por el Ayuntamiento de San Pablo (Brasil), a través del Programa de Arrendamiento Residencial (PAR), en la gestión 2001 a 2004. Metodología: revisión de la bibliografía sobre los métodos de intervención arquitectónica en áreas centrales urbanas. Aspectos generales de San Pablo y el Programa de Arrendamiento Residencial. El trabajo de campo consistió en el levantamiento de las informaciones históricas, fotográficas, métricas del proyecto original y de la recalificación de los edificios Riskallah Jorge, Brigadero Tobías y Maria Paula. Resultados: mediante el PAR fueron conservados los edificios de valor arquitectónico del área central, mejoró la calidad de vida que quien vivía en tugurios, sin embargo faltan más subsidios para la sostenibilidad del programa. Resaltamos la importancia de las políticas públicas en áreas centrales urbanas basadas en la conservación del patrimonio arquitectónico, rentabilidad social y económica.

Palabras claves: área central, conservación, habitación, patrimonio arquitectónico, rehabilitación.

Introducción

A comienzo del siglo XX, las ciudades brasileñas estaban caracterizadas por un paisaje edificado horizontal, con expresivo número de edificaciones de valor histórico, arquitectónico y cultural. Después de la década de treinta, las ciudades concentran cada vez más el comercio, servicios, sector financiero, en detrimento de la función residencial. A partir de la década de cuarenta, cambia el paisaje de las ciudades por una acentuada verticalidad de las edificaciones, ensanchamiento de las calles y expansión urbana.

Actualmente, algunos edificios reconocidos como patrimonio arquitectónico, localizados en el área central de las ciudades de porte medio y de las metrópolis, se encuentran degradados, hasta abandonados. Factores como el desplazamiento del sector económico, devaluación inmobiliaria, degradación urbana, etc., ocasionan la desocupación y abandono de estas edificaciones.

Por otro lado, las áreas centrales de estas ciudades concentran un gran número de trabajadores del sector comercial y servicios, que viven en los tugurios de esta área, en pésimas condiciones de habitación. En 2000, Brasil representaba un número expresivo de domicilios vacíos (4´580,147), frente al déficit de habitación de 5´414,944 (IBGE, 2000).

En los días actuales, es necesario analizar los impactos urbanos, arquitectónicos y sociales de las intervenciones urbanas realizados por emprendimientos públicos y privados, y que resulten en mejorar la calidad de vida, la permanencia de los residentes y principalmente la conservación del patrimonio arquitectónico.

Debe entenderse como área central no apenas el “Centro histórico”, ni toda la región que puede ser llamada de centro expandido, sino una extensa región formada por barrios de uso mixto que circundan el centro, que no pasaron por un proceso de valorización inmobiliaria

exagerada. Son en algunos casos, antiguas áreas de uso mixto, con mayor uso industrial, en otros siempre fueron ocupados para habitación de la población de bajos ingresos y, hoy representan algún comercio y servicios especializados (BONDUKI, 2000).
Segundo Vargas y Castilho (2006) cuando la expansión de las áreas urbanas se intensifica de modo espontáneo o planeado, esta noción de centro comienza a diluirse por el aparecimiento de una red de subcentros, que pasan a competir con el centro principal. Este proceso fue sin duda, responsable por la aceleración de la degradación de los centros urbanos, que pasan a ser en Europa y América del Norte, objeto de preocupación, desde la década de 1950. En el Brasil eses procesos son discutidos de modo más intenso después de 1980.
Las ciudades desde su origen abrigaron la función residencial, siendo el espacio permanente de las actividades de descanso, recreación y servicios. El hombre habita en su residencia 24 horas, amplia, modifica, cuida este espacio y su contexto urbano (SALCEDO, 2007). Sobre la habitación, la Carta de Washington realizada por ICOMOS (IPHAN, 1995, p. 325), en 1986, recomienda que mejorar el hábitat debe ser uno de los objetivos fundamentales de la salvaguarda de las ciudades históricas. Para tal, la rehabilitación de las residencias debe ser uno de los instrumentos de salvaguarda de los centros históricos.
Entre los métodos de intervención arquitectónica en los centros históricos y áreas centrales urbanas están la restauración, la rehabilitación, la recalificación y reciclaje. Se debe entender la restauración como:

> Una operación que debe tener carácter excepcional. Tiene por objetivo conservar y revelar los valores estéticos e históricos del monumento y se fundamenta en el respeto al material original y a los documentos auténticos. *(ICOMOS, Carta de Veneza, 1964. In: IPHAN: Caderno de Documentos n° 3: Cartas Patrimoniais, 1995, p.110-111).*

Es importante considerar en la conservación del patrimonio arquitectónico los principios para la restauración definidos por Brandi (2004), el primero destaca que la integración debe ser siempre de fácil reconocimiento, sin que por eso tenga que modificar la propia unidad que se propone reconstruir. La intervención debe ser discretamente diferente del material original de modo a no se perder la unidad de la obra. Otro principio se refiere a que las intervenciones de restauración, rehabilitación y reciclaje deben utilizar materiales que permitan ser retirados con facilidad para permitir eventuales intervenciones futuras.
En Europa, en las décadas sesenta y setenta del siglo XX, frente a la experiencia de que las técnicas de renovación urbana traen un alto costo social y económico, y principalmente la destrucción del patrimonio edificado, fue aplicado la rehabilitación como método para la preservación de los núcleos históricos. Surgen en algunos países de ese continente las primeras legislaciones sobre rehabilitación, constituyéndose como una de las experiencias con mayor suceso la de Bolonia (Italia).
En países de América Latina como Brasil, México, Uruguay, etc., a fines del siglo XX y comienzo del siglo XXI, frente a la degradación de los centros históricos, la deficiente calidad de las residencias, se formulan las primeras legislaciones sobre rehabilitación como factor de calificación y conservación del patrimonio arquitectónico. En Brasil, con el objetivo de rehabilitar los centros históricos fue creado el Programa de Arrendamiento Residencial (PAR) a través de la Ley nº 10.188, de 12 de febrero de 2001.
Debemos entender la rehabilitación:

> Como el conjunto de actuaciones coherentes y programadas destinadas a potenciar los valores socioeconómicos, ambientales, edificatorios y funcionales de derivadas áreas urbanas y rurales, con la finalidad de elevar la calidad de vida de la población residente en las mismas, mediante medidas para mejorar las condiciones de habitabilidad y uso, y la dotación de los equipamientos comunitarios, servicios y espacios libres de uso público necesarios (COLEGIO DE ARQUITECTOS, 1985, p.12).

Para Maricato (2001), la rehabilitación es una acción que preserva al máximo el ambiente construido existente y de esta forma también los usos y la población que la habita. Para mejorar la calidad de la habitación pueden ser reorganizados los espacios internos preservando la estructura física, el volumen y el aspecto exterior original del edificio.
Reciclar aparece como un método eficaz de frenar la substitución exagerada de las construcciones. Corresponde a una necesidad social, a un deseo de conservar el patrimonio. Para Simard (1981), en el reciclaje es importante conocer los principios, que no son apenas de

orden económica o técnica, pero si de adecuar los edificios existentes a partir de una evaluación para una definición de su uso.
Entre los programas de intervención urbana y arquitectónica de las áreas centrales de las ciudades brasileñas está el Programa de Arrendamiento Residencial (PAR) implementada por los Ayuntamientos de las ciudades del Brasil en convenio con la Caja Económica Federal, como ejemplo: Salvador, Río de Janeiro, San Pablo.

San Pablo: Programa de Arrendamiento Residencial

La fundación de la ciudad de San Pablo es del siglo XVI, permaneció como una simple Villa hasta el siglo XVIII. Se estructuró a partir del Patio del Colegio y del Valle Tamanduatei, que era el lugar de consumo, comercio y negocios de las elites. En las áreas bajas del Tamanduatei estaban las industrias y la población de escasos recursos económicos que vivían en los tugurios. Más tarde los afluentes del río Tamanduatei y la construcción de la ferrovía definieron la organización del espacio urbano, la forma de ocupación y los usos de suelo (ROLNIK, 1990).
El desarrollo de San Pablo se realizó a fines del siglo XIX, con el crecimiento del capital originado por la economía del café y la migración como fuerza de trabajo para la industria. El aumento de la población entre fines del siglo XIX e inicio del siglo XX y, el incremento de las actividades económicas trajeron grandes problemas urbanos como la falta de habitación, saneamiento, energía, transporte, entre otros.
El centro urbano era parte del actual distrito de Sé. Posteriormente con la construcción del Viaducto de Chá y del Teatro Municipal, la valorización urbana fue en dirección del Valle Anhangabau. En las primeras décadas del siglo XX, se intensificó el uso de concreto y la construcción de edificaciones altas, aumentando la densidad del centro. En la década de treinta, migran al centro personas de las clases populares, la mayoría de origen nordestina, muchos de ellos desarrollaron actividades informales como estrategia de sobre vivencia (FRÚGOLI, 2000).
Hasta fines de los años sesenta, San Pablo tenía un único Centro Metropolitano. A partir del "milagro" (1968-73), un nuevo centro se estructura a lo largo de la Avenida Paulista haciendo que el centro se desdoble en "Centro Principal" y "Centro Paulista".
En la década de ochenta, el éxodo industrial para el interior paulista aumentó el desempleo y la precariedad de las condiciones de vida de la población de baja renta. En la década de noventa, una nueva área de concentración de sedes empresariales multinacionales configura el "Centro Berrini" (FRUGOLI, 2000). El desplazamiento del sector económico y financiero, para otros centros, la desvalorización inmobiliaria, la degradación de los equipamientos urbanos, la desocupación y abandono de edificios, muchos de ellos de valor patrimonial, llevaron a un alto índice de domicilios vacíos, siendo 6,219 en 1991 y 42,018 en 2000 (IBGE, 2000). También fue comprobado la disminución de la población en el centro histórico, de 93,873 habitantes en 1991 disminuyó para 67,833 en 2000.
La falta de oferta de habitación social y la existencia de edificios desocupados hicieron con que los residentes de escasos recursos económicos se organicen en movimientos llamados "Sin Techo", ocuparon algunos edificios vacíos y presionaron junto al gobierno público para que solucione el problema de habitación social.
Con el objetivo de revitalizar el centro y atender a la demanda por habitación social, la administración pública o Ayuntamiento de San Pablo en convenio con la *"Caja Económica Federal",* en la gestión de 2001 a 2004, implantó el "Programa Social: Vivir en el Centro" y para conservar y readecuar las edificaciones del área central para habitación social implementó el Programa de Arrendamiento Residencial (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2004).
El Programa de Arrendamiento Residencial (PAR) fue implementado para atender a las familias con renta mensual entre tres a seis sueldos mínimos que quieran tener un inmueble. El inmueble es alquilado o arrendado por un periodo de 15 años, con valor por mes correspondientes al 0,7% del valor total del inmueble. Después de 15 años, el residente tiene la opción de comprar el inmueble, para lo cual se le descuenta los valores pagados durante el periodo de arrendamiento o alquiler. (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2004).
Para poder implementar el PAR en el área central, el Ayuntamiento de San Pablo creó algunas Leyes y Decretos como: Plano Director Estratégico del Municipio de San Pablo: Ley 13.430/09/2002, Ley de Zonificación- Ley Municipal 13.885/2004, Ley de Incentivos de IPTU (Impuesto de edificación territorial urbano) Nº 13.496 de 07 de enero de 2003, Ley Municipal-Decreto 44.667/04/2004, entre otros. El Plano Director Estratégico del Municipio, Ley 13.430/09/2002, consolida la habitación social en el área central, contribuyendo para los programas de rehabilitación de esas áreas, a través del reciclaje y recalificación de los edificios

subutilizados e/o desocupados, muchos de ellos localizados en la áreas de protección del patrimonio como: Riskallah Jorge, Brigadero Tobías, Celso García y Maria Paula.

Conservación, Restauración, Rehabilitación y Reciclaje: edificios Riskallah Jorge, Maria Paula y Brigadero Tobías

Los edificios Riskallah Jorge, María Paula y Brigadero Tobías están localizados en el área central, distrito República de la ciudad de San Pablo.

El edificio María Paula fue construido en la década de cincuenta para abrigar 13 residencias para la clase alta de la sociedad, desocupado, fue reciclado por el PAR para abrigar 75 departamentos, que fueron entregados a los beneficiarios en 2004. El edificio Riskallah Jorge fue proyectado en la década de cuarenta para ser el Hotel Pinguin, fue sede del Grupo Votorantim por 20 años, hasta ser vendido en los años setenta a la Beneficencia Portuguesa, sus 17 pisos fueron reciclados por el PAR, para abrigar 167 departamentos y entregados a los beneficiarios en 2003. El edificio Brigadero Tobías fue proyectado en la década de cuarenta para oficinas, desocupado, sus diez pisos fueron reciclados por el PAR, para abrigar 84 departamentos y entregues a los beneficiarios en 2005.

Los edificios Riskallah Jorge y Brigadero Tobías se encuentran en el área de Protección con Nivel Tres (NP-3), reglamentado por el Concejo Municipal de Preservación del Patrimonio Histórico, Cultural y Ambiental del Ayuntamiento de San Pablo – COMPRESP. La Resolución Nº 37/92 que corresponde a los bienes de interés histórico, arquitectónico, paisajístico o ambiental determina la preservación de sus características externas.

El edificio María Paula se encuentra en el área de protección con Nivel de Preservación Tres (NP 3), reglamentado por el COMPRESP mediante Resolución Nº 22 de 2002. Esta Resolución destaca: cuando se trata de inmueble deberá mantener las características externas, el entorno y coherencia con el inmueble vecino clasificado como NP1 y NP2, como también deberá prevenir la posibilidad de la recuperación de las características arquitectónicas originales. En estas áreas protegidas son permitidas la restauración, reciclaje y revitalización, desde que mantengan las características externas del edificio, debiendo los proyectos de intervención ser aprobados por el COMPRESP.

En general, por exigencias del PAR y COMPRESP, los proyectos de adecuación para uso residencial de los edificios Riskllah Jorge, María Paula y Brigadero Tobías mantuvieron las fachadas externas, pisos, puertas y ventanas que, estaban en buen o regular estado de conservación. Fue necesario acrecentar azulejos en los ambientes destinados a la cocina y al baño. Por razones de seguridad se hicieron nuevas instalaciones eléctricas, hidráulicas, seguridad (extintores y gas) y mecánicas (ascensores).

El número de unidades de habitación por edificio fue realizado en función del área construida por cada edificio. Así, los 17 pisos y el subsuelo del edificio Riskallah Jorge fueron adecuados para abrigar 167 ambientes de uso múltiple (dormitorio-sala-copa- cocina) con baño privado. En el subsuelo están los reservatorios de agua, ascensores y escaleras. En el primer piso, la recepción, un departamento con un dormitorio para el guardián, un salón comunitario de usos múltiples, dos baños colectivos, depósito de basura, medidores de gas, tres ascensores y dos escaleras. En el segundo piso están las lavanderías colectivas. Del 2° al 16 ° piso abrigan por piso 11 ambientes de uso múltiple con baño privado. El 17° piso tiene un departamento con dos dormitorios (Foto1, Figura 1).

Los catorce pisos y el subsuelo del edificio María Paula fueron reciclados para abrigar 75 unidades residenciales y espacios colectivos. En el subsuelo están: el salón comunitario, área de recreación infantil, reservatorio de agua, medidores, dos escaleras y jardín. En el primer piso están la recepción, hall, dos departamentos para deficientes físicos, lavandería colectiva, dos ascensores y dos escaleras. Del segundo al 13° piso abrigan por piso 6 ambientes de uso múltiple con baño privado. En el 14° piso está un departamento con dos dormitorios, sala/copa, cocina, depósito y baño (Foto2, Figura 2).

El edificio Brigadero Tobías tiene dos construcciones siendo un residencial en la parte frontal del lote para abrigar 84 unidades y, en el fondo la administración y espacios colectivos.

El edificio residencial abriga en el subsuelo el depósito de basura y áreas colectivas. En el primer piso están: área de recreación colectiva, hall, dos lavanderías colectivas, tres departamentos para personas de edad o deficientes físicos y tres ambientes de uso múltiple común con baño privado. El edificio tiene un mezanine que abriga seis ambientes de uso múltiple con baño privado y dos lavanderías colectivas. Del 2° al 10° piso abrigan por piso ocho ambientes de uso múltiple con baño privado y dos lavanderías colectivas por piso. En la azotea se encuentra la casa de agua y la casa de maquinas. El edificio administrativo abriga en el

subsuelo la cocina comunitaria y dos baños y, en el primer piso la guardianía, la administración y el salón comunitario (Foto 3 y Figura 3).



Foto 1. *Fachada del Edificio Riskallah Jorge*
Fuente: SALCEDO, 2006



Figura 1*. Planta tipo del Edificio Riskallah Jorge*
Fuente: ESCRITÓRIO HELENA SAIA, 2001



Foto 2. *Fachada del Edificio Maria Paula*
Fuente: SALCEDO, 2006



Figura 2. *Planta tipo del Edificio Maria Paula*
Fuente: ESCRITORIO FÁBRICA URBANA, 2001



Foto 3. *Edificio Brigadero Tobias*
Fuente: SALCEDO, 2006



Figura 3. *Planta pavimento tipo del Edificio Brigadero Tobias*
Fuente: TARRAF, 2002

El precio promedio de las unidades residenciales es de R$ 26.658,31 en el edificio Riskallah Jorge, de R$ 26.407,96 en el edificio María Pala y de R$ 28.435,46 en el edificio Brigadero Tobías. El área construido mínimo de las unidades residenciales fue de 34,76m² en el edificio Riskallah Jorge, de 40,19m² en el edificio María Paula y de 25,59m² en el edificio Brigadero Tobías (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL- SP, 2007).
Los residentes de los edificios Riskallah Jorge, María Paula y Brigadero Tobías fueron entrevistados entre 2005 e 2006, las respuestas de los cuestionarios muestran que la mayoría de las familias tiene tres miembros, grado escolar secundario, trabaja en el comercio o servicios, tiene una renta mensual entre tres a seis sueldos mínimos. Según las entrevistas, la mayoría está satisfecho con la residencia por qué mejoro sus condiciones de habitación.

Conclusiones

Los proyectos de recalificación de los edificios Riskallah Jorge, María Paula y Brigadero Tobías contienen intervenciones de conservación, restauración y reciclaje. Restauración de puertas, ventanas, techos y pisos que estaban en buen y regular estado de conservación. Reciclaje del

edificio para adecuación a un uso diferente del original (Riskallah Jorge y Brigadero Tobías). Reorganización de los espacios internos y construcción de paredes de albañilería y paneles, instalación de azulejos y mobiliario en cocinas y baños. Nueva instalación de la red eléctrica, sanitaria y de seguridad.

Los acrecimos realizados en los edificios por no ser de fácil remoción no posibilitan futuras intervenciones, además de no utilizar materiales termo acústicos. Mejoró las condiciones de habitación de los beneficiados. En general las intervenciones realizadas en esos edificios conservaron el patrimonio arquitectónico.

La presente investigación pretende contribuir con la documentación del patrimonio arquitectónico y con los estudios sobre los impactos arquitectónicos, sociales y económicos de las intervenciones realizadas en áreas centrales. Resaltamos la importancia de conservar las edificaciones con valor patrimonial en las áreas centrales urbanas y adecuarlas a una función social.

Agradecimientos

A los residentes de los edificios Riskallah Jorge, María Paula y Brigadero Tobías por permitir realizar las entrevistas y a FAPESP por el auxilio concedido para esta investigación.

Referencias

BONDUKI, Nabil. **Habitar São Paulo**: reflexões sobre a gestão urbana. São Paulo: Estação Liberdade, 2000.

BRANDI, Cesare. **Teoria da restauração**. Tradução de Beatriz Mugayar Kulh. Cotia: Ateliê, 2004. 261 p.

BRASIL. **Lei n° 10.1888 de 12 de fevereiro de 2001**. Programa de Arrendamento Residencial.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL-SP. **Programa de Arrendamento Residencial**. São Paulo, 2007.

COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE MADRID. **Curso de Rehabilitación**: la teoria. Madrid, 1985.

COMPRESP- CONSELHO MUNICIPAL DE PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO, CULTURAL E AMIENTAL DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Resolução n° 22/2002.**

Resolução n° 37/92.

CONSELHO INTERNACIONAL DE MONUMENTOS E SÍTIOS. Carta de Veneza, 1964. In: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional: **Cartas Patrimoniais** (Caderno de documentos n°3). Brasília: IPHAN, 1995.

ESCRITÓRIO FÁBRICA URBANA E PROJETOS DA CIDADE. **Plantas do Edifício Maria Paula**, 2005.

ESCRITÓRIO HELENA SAIA. **Reforma de Edifício Tombado** para uso Habitacional de Interesse Social – HIS, 2001. Plantas diversas.

FRÚGOLI JR., Heitor. **Centralidade em São Paulo**: trajetórias, conflitos e negociações na metrópole. São Paulo: Cortez / Edusp, 2000.

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico, Artístico Nacional. **Cartas Patrimoniais** (Caderno de Documentos nº 3). Brasília: IPHAN, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico.** Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades**: alternativas para a crise urbana. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO- COHAB-SP, Program**a morar no Centro**. Programa de Arrendamento Residencial – PAR. São Paulo, 2004.

ROLNIK, R.; KOWARICK, L. e SOMEKH, N. (orgs). **São Paulo: crise e mudança**. São Paulo: Brasiliense, 1990, p.75.

SALCEDO, Rosío Fernández Baca. **Reabilitação da residência nos centros históricos da América Latina. Cusco (Peru e Ouro Preto (Brasil).** São Paulo: Editora Unesp, 2007.

SIMARD, Diane. Le recyclage des batiments: ebauche de principles. In: **Congrès International: conservation, rèhabilitation, recyclage**. Québec, 1981.

TARRAF CONSTRUTORA LTDA. **Projeto de reciclagem** (TARRAF, janeiro de 2002, Memorial descritivo-PAR).

VARGAS, Heliana Comin; CASTILHO, Ana Luisa Howard. **Intervenções em centros urbanos**: objetivos, estratégias e resultados. Barueri/SP: Manole, 2006.

REHABILITACIÓN DE UN PALACIO MEDIEVAL EN EL CASCO HISTÓRICO DE CÁCERES E INTEGRACIÓN DE LOS RESTOS ARQUEOLÓGICOS APARECIDOS DURANTE LAS OBRAS.

José Fernández Salas
Departamento de Construcciones Arquitectónicas.
Universidad de A Coruña
jfsalas@udc.es

Resumen

La presente comunicación describe el proyecto y las obras realizadas para la transformación del Palacio de Mayoralgo, en Cáceres, para su uso como sede institucional de la Caja de Ahorros de Extremadura. El Palacio, cuyo origen se remonta al siglo XIII, está protegido como Bien de Interés Cultural. Antes de la intervención se encontraba en estado de abandono, fuertemente degradado y en estado próximo a la ruina. En el año 2000 la Caja de Ahorros de Extremadura encarga el proyecto y la dirección de las obras de rehabilitación a los arquitectos, José Fernández Salas, Cristina Fernández Cid y Pablo Rodríguez Vales Villamarín, ganadores del Primer Premio en concurso público celebrado al efecto.





Figuras 1 y 2. Situación del edificio en el casco histórico de Cáceres

El primer planteamiento del proyecto consistió en recuperar la ordenación arquitectónica del edificio, degradada por la caótica fragmentación de su espacio y por añadidos impropios o intervenciones desafortunadas, así como la consolidación sus fábricas, arruinadas y envilecidas por destrucciones diversas y por un prolongado abandono. Sus espacios, dignificados por la intervención, deberían acoger las funciones de la presidencia, el consejo social y la dirección general de la institución. En la rehabilitación se han respetado los elementos originales de valor: cantería, bóvedas, artesonados, elementos escultóricos, etc., restaurándolos en caso necesario. En las aportaciones nuevas se han utilizado materiales y sistemas constructivos actuales evitando, en todo caso, mimetizar o confundir.

Al comienzo de las obras se descubrió, en el patio posterior, un importante yacimiento arqueológico con restos romanos y medievales. Su protección e integración en el conjunto arquitectónico obligó a reformar el proyecto en ejecución. El *locus* debía ser accesible para investigadores y ciudadanos en general.

Tanto en la redacción del proyecto, como durante la ejecución de las obras, han intervenido distintos y prestigiosos especialistas en un trabajo multidisciplinario cuyo concurso ha permitido optimizar las soluciones arquitectónicas y constructivas.

Palabras clave: *Patrimonio, rehabilitación, restauración, patología*

1. Antecedentes históricos y situación inicial, antes de la intervención.

En el centro de la acrópolis medieval de Cáceres, con fachada la Plaza de Santa María y separado del Palacio Episcopal por la Calle del Arco de la Estrella se alza el Palacio de Mayoralgo, una de las casas solariegas más antiguas de la ciud*ad* (figuras 1 y 2). El edificio es fruto de la integración de varios inmuebles. La fachada principal (1534–1538) destaca por sus trazas tardogóticas y renacentistas, con pórtico de grandes dovelas de sillería, ventanas con parteluces y alfiz de reminiscencia mudéjar (figura 3). Esta fachada y parte del edificio fueron derribados por un bombardeo durante la pasada Guerra Civil y reconstruidos, posteriormente, en los años setenta. El bombardeo citado supuso no sólo una dramática destrucción sino también la merma y precariedad de las condiciones de habitabilidad del edificio que ya estaban muy limitadas. El cambio de la estructura socio-económica, las nuevas costumbres y formas de vida en la ciudad moderna y sobre todo, la pérdida definitiva de su condición feudal, para la que fue concebido inicialmente, supusieron durante los últimos siglos, la decadencia –lenta pero inexorable– del Palacio que estuvo siendo infrautilizado en sus últimos tiempos. En 1999 fue adquirido por la Caja de Ahorros de Extremadura, después de casi medio siglo sin habitar. Antes de la intervención el edificio se encontraba, como se ha indicado, al borde de la ruina, fuertemente degradado (figuras 4 y 5). Durante décadas el abandono fue casi total, lo que aumentó en grado extremo la degradación física que sufría, llegando incluso a producirse la ruina de alguna de sus partes. En la figura 3 puede verse el estado de la fachada principal antes y después de la intervención.



Figura 3. Fachada principal, después de la rehabilitación

2. Alcance de la intervención, fines y objetivos

La elección de un edificio tan emblemático para sede de la Presidencia de la Caja de Ahorros de Extremadura, así como su ubicación privilegiada, implicaba dos planteamientos previos: el primero la proyección de la imagen de la entidad desde las viejas piedras del monumento, inseparable del pasado histórico de una ciudad que es Patrimonio de la Humanidad. El segundo, la utilización del Palacio como contenedor de las actividades representativas y de alta dirección de la empresa. En consecuencia con los citados planteamientos, la intervención debería compatibilizar el lugar elegido con las necesidades funcionales de una organización dinámica y actual, facilitando la convivencia entre lo viejo y lo nuevo en un diálogo revitalizador. Su transformación, en suma, obligaba a cambiar el uso del edificio, de carácter medieval, para que pudiera albergar, en el futuro, la sede de la citada institución, en una superficie rehabilitada, noble, y confortable.

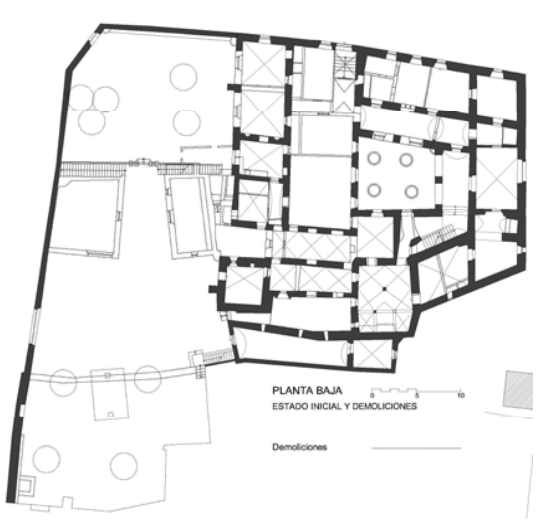
3. Contexto y descripción del trabajo realizado

La mayor dificultad para abordar la nueva ordenación era la complicada y confusa lectura que ofrecía el inmueble, degradado físicamente, pero también en su arquitectura, como consecuencia de las múltiples transformaciones que fueron desfigurando su imagen hasta hacerla prácticamente irreconocible (figuras 4, 5, 6 y 7). Todo ello obligó al equipo redactor del proyecto a un notable esfuerzo de interpretación de su original estructura, oculta en el desorden y desarticulada por una excesiva fragmentación. En tales circunstancias el proyecto requirió un delicado y riguroso ejercicio intelectual de interpretación arquitectónica para entender y potenciar sus valores. De este modo, la intervención apuesta, por la dignidad arquitectónica del monumento, compatible con la modernidad funcional que da sentido a la rehabilitación y la hace sostenible.





Figuras 4 y 5.Degradación física.





Figuras 6 y 7.Planta Baja. Estados inicial y final.

La degradación arquitectónica, referida anteriormente, exigía –como tarea previa a cualquier otro planteamiento– la integración racional de los espacios interiores para conseguir la unidad espacial del conjunto, recuperando su simplicidad alterada (figuras 6 y 7) sin pretender, por ello la unidad de estilo, injustificable, según los criterios actuales del restauro. Se descubrieron elementos que estaban ocultos y se eliminaron adiciones impropias que desvirtuaban su coherencia. Como ejemplo significativo se puede citar la actuación en el patio central, modesto en apariencia si no fuera por los dos arcos que servían de acceso desde la entrada principal. Al descubrirse un capitel, saliente en un muro, (figura 8) aparecieron los estribos late-



Figura 8. Patio central antes de la intervención (izquierda) y descubrimiento de arcos y corredor lateral durante las obras

rales de otros dos arcos similares a los primeros: dos pilastras de granito, de excelente factura, en continuidad con la arquería inicial. Sobre dichos arcos, en una esquina, estaban ocultas dos columnas acodadas, con relieves vegetales en sus capiteles que evidenciaban la preexistencia de otro corredor porticado superior. Como también se habían compartimentado burdamente las



Figuras 9 y 10. Patio central, después de la intervención



Figura 11. Secciones generales (izquierda) y edificio de usos múltiples (derecha).

estancias adyacentes, el conjunto claustral que componían el patio y las arquerías citadas no era perceptible. Una vez eliminadas las particiones se consiguió recuperar la unidad espacial, imposible de interpretar anteriormente, a partir del patio degradado (figura 9). Se recuperó, de este modo, el núcleo generador de la ordenación arquitectónica del edificio: el claustro. Toda la actividad del Palacio debió ocurrir, en tiempos pretéritos, a su alrededor y así debía seguir en la nueva ordenación proyectada. Consecuentemente, se dispusieron, en sus inmediaciones, ascensor y escaleras para la comunicación vertical y se organizó la distribución de las distintas plantas manteniendo la focalidad del patio como elemento integrador (figuras 12 y 13).

Del mismo modo, fue necesario ordenar la fachada que da al patio posterior en el que se ha dispuesto un edificio de nueva planta, para usos múltiples *(*figura 11). Los fuertes condicionantes derivados del sistema estructural – muros de carga y bóvedas de ladrillo – así como de la posición de huecos, capialzados y otros elementos a proteger, obligaron a un delicado trabajo para hacer compatible la solución al programa de necesidades con la realidad del edificio.

4. Integración de los restos arqueológicos

La segunda fase de actuación, sobre el conjunto del Palacio del Mayoralgo, ha sido el Proyecto de Integración y Consolidación de los Restos Arqueológicos cuyo yacimiento ocupa la

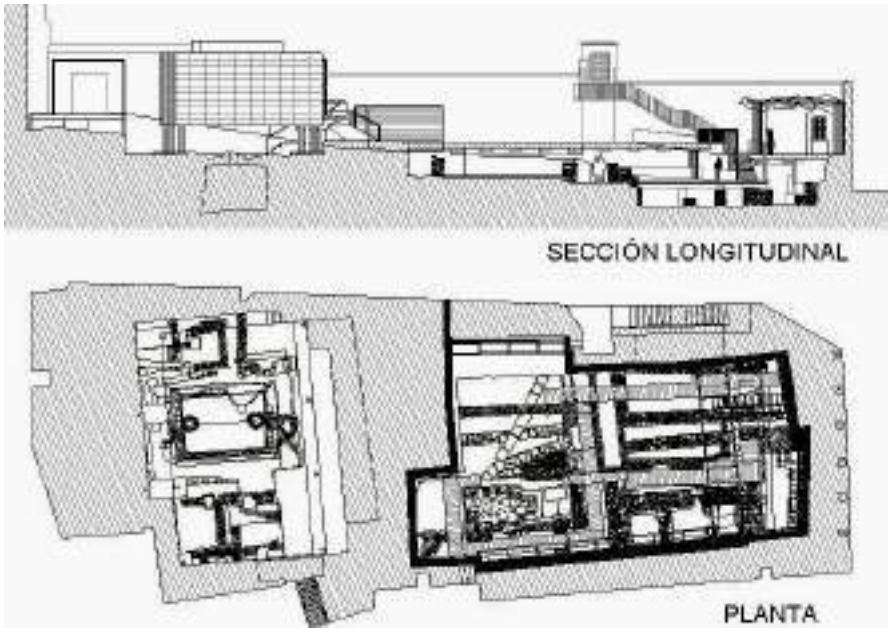




Figura 12. Integración del yacimiento arqueológico en el patio posterior

mayor parte del Patio Oeste (figura 12). Se ha resuelto en dos zonas diferenciadas: el subsuelo, a modo de cripta de planta rectangular, protegida con un techo transitable para permitir el recorrido interior. Se mantiene, así, la utilidad del patio en superficie para las actividades sociales y culturales de la Caja. El techo se separa de los bordes mediante un claristorio perimetral

acristalado que atempera el efecto de pesadez del forjado facilita la iluminación natural del yacimiento, y permite su contemplación desde el exterior, haciendo ineludible su presencia.



Figura 13. Interior de la cripta visitable del yacimiento arqueológico.

El remate de los muros romanos perimetrales se ha resuelto con gaviones de mampostería en seco, rematados en el frente con enrejado a 45º que evoca la *"opus reticulatum"* (figura 13). En la zona exterior, se ha dispuesto una pérgola, con plantas trepadoras y otras especies vegetales en macetas superficiales para evocar el anterior jardín, incompatible ahora con la excavación del yacimiento *(figura 14)*.



Figura 14. Esculturas y bajorrelieves en bronce.

El muro que cierra el patio, bajo la pérgola, se ornamenta con bajorrelieves en bronce alegóricos a las fases históricas presentes en el yacimiento que se diferencian por el atuendo de sus personajes. Entre la pérgola y el acceso a los restos, se intercala una lámina de agua que discurre mansamente *(figura 12)*. Dos esculturas de bronce, un hombre y una mujer desnudos y en pie, situados en la parte superior del patio, representan lo intemporal completando, con los bajorrelieves aludidos, un programa iconográfico alegórico al diálogo y continuidad entre las distintas fases históricas *(figura 14)*.

5. Conclusión

La rehabilitación del Palacio de Mayoralgo, para transformarlo en sede institucional de la Caja de Extremadura, ha permitido salvar al edificio de la ruina, recuperar su dignidad arquitectónica y reutilizarlo de modo sostenible (el uso de las piedras va más allá de la simple conservación) gracias a una importante y generosa inversión de la entidad promotora, con el apoyo de la Junta de Extremadura en las excavaciones arqueológicas. El feliz hallazgo del yacimiento referido y su integración en el edificio rehabilitado, convierten a éste en una referencia necesaria, cultural e histórica, que se enmarca en la Ciudad Monumental de Cáceres, Patrimonio de la Humanidad.

LA PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL EN EL CENTRO DE LA METRÓPOLIS: SAN PABLO (BRASIL), OBSERVACIONES SOBRE UNA TRAYECTORIA.

Carolina Fidalgo de Oliveira
Arquitecta y Urbanista. Primera Secretaria Ejecutiva del CICOP / Brasil. Estudiante de maestrado en História y Fundamentos de Arquitectura y Urbanismo en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Pablo - FAU USP, con apoyo de la FAPESP (Fundación de apoyo a la pesquisa del Estado de San Pablo) cfo_carol@hotmail.com

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Resumen
Este trabajo procura mostrar algunas observaciones sobre los principales programas de intervención para el Centro Histórico de la ciudad de San Pablo, destacando las cuestiones relativas a la protección del Patrimonio Cultural y, principalmente, los programas más recientes y que están en marcha en el centro de la ciudad: el *Programa Monumenta*; el PROCENTRO - *Programa de Rehabilitación Urbana del Área Central de San Pablo* - y el *Programa Nova Luz*. En general, en la ciudad de San Pablo, la formulación y la adopción de políticas públicas para la identificación y valorización del patrimonio cultural están asociadas a la actuación de los órganos oficiales de preservación del patrimonio en los tres niveles de gobierno: IPHAN, en nivel federal; CONDEPHAAT, en nivel estadual y CONPRESP, en nivel municipal. A pesar de esto, es a través de la SEMPLA y de la EMURB (órganos de desarrollo municipal) que son elaborados gran parte de los programas de intervención, incluyendo aquellos que se vinculan a la estructura urbana y los edificios de especial interés para la preservación. Procuramos, por tanto, sin pretender hacer una apreciación definitiva sobre estos programas - ya que los más recientes están en implementación en la ciudad - verificar como ellos se preocupan con la preservación del patrimonio, apuntando para soluciones más amplias, con el uso de instrumentos de mejoría de la calidad ambiental y de vida de la población.

Palabras claves: Centro Histórico; Programas de Intervención; Patrimonio Cultural.

Contextos y programas para la preservación del Patrimonio Cultural

El Patrimonio Cultural, hoy, comprende diversos objetos, constituyéndose en los bienes muebles o inmuebles, tangibles o intangibles. En el caso de la arquitectura, comprende desde edificios más modestos y construcciones monumentales, hasta sitios históricos, paisajes, conjuntos arquitectónicos, centros urbanos o mismo ciudades. Esta abertura está delineándose, desde la década de 1960 con la *Carta de Veneza*, de 1964. En Brasil, los procedimientos para la conservación de estos patrimonios también permanecieron, durante muchas décadas, vinculados a los edificios aislados, cuyos valores "excepcionales" estaban pautados, en muchos casos, en las preceptivas modernistas de la *Carta de Atenas* de 1933.

Sumándose a las prerrogativas modernistas, que determinaron algunas acciones de preservación, existieron otros factores, como por ejemplo: la urbanización acelerada, las modificaciones del perfil económico y social, los problemas de transporte y accesibilidad, la degradación social y física de la área central, entre otros. Estas características contribuyeron para crear la imagen de centros degradados y económicamente frágiles, y proporcionaron, durante la década de 1970, los principios para la formulación de propuestas de Revitalizaciones Urbanas.

En Brasil, hasta el final de la década de 1960, el único órgano de preservación del patrimonio, oficialmente constituido, era el SPHAN - *Servicio de Patrimonio Histórico y Artístico Nacional* -, que surgió asociado a la valorización de la cultura nacional. Intelectuales modernistas participaron de la construcción de ese ideario y desenvolvieron un proyecto de ley relacionado

a la protección de las artes en Brasil. En el mismo período, los monumentos edificados se tornaron fundamentales para la construcción de la identidad de la nación y asociados a la construcción de la nacionalidad promovieron el "redescubrimiento" de la arquitectura y de las artes coloniales, situación que eligió, en general, apenas los ejemplares monumentales para la conservación [1].

Solamente a partir de la década de 1970 fue que esta situación empezó a mudar, inaugurando una nueva etapa de orientación política y cultural del país, que se reflejó también en la ampliación de la noción de Patrimonio y en la creación de nuevos órganos de protección cultural. El tema del Patrimonio ingresó para un universo más amplio de reflexión, amparado por encuentros nacionales e internacionales que resultaron en nuevos documentos, como las *Normas de Quito*, de 1967; el *Compromiso de Brasilia*, de 1970; el *Compromiso de Salvador*, de 1971 y la *Declaración de Ámsterdam*, de 1975. En líneas generales, estos documentos sugirieron la creación de nuevos órganos de protección de bienes culturales y pasaron a considerar el progreso y la modernización en las acciones de preservación, atribuyendo al patrimonio una connotación más económica. La *Declaración de Ámsterdam* reunió principios de la *Conservación Integrada*, priorizando la preservación urbana en el proceso de planificación de la ciudad, evitando modificaciones en las estructuras físicas y sociales de las áreas antiguas y, al mismo tiempo, favoreciendo el desarrollo urbano.

Fue exactamente en este período que se consolidó el CONDEPHAAT - *Consejo de Defensa del Patrimonio Histórico, Artístico, Arqueológico y Turístico del Estado de San Pablo*. Las acciones de identificación y preservación fueron, poco a poco, dejando de concentrarse en los edificios aislados, abriendo espacio para la elaboración de programas más amplios. Inserido en ese contexto, el CONDEPHAAT propuso la protección de algunos edificios, antes no contemplados por el SPHAN y apoyó programas de valorización del patrimonio histórico, como el *Programa Luz Cultural*, en la región de la Luz.

Por otro lado, este mismo período fue marcado por el fortalecimiento de los órganos de planificación urbana y por la elaboración de nuevos instrumentos urbanísticos del control y desarrollo de la ciudad. Estas instituciones pasaran a discutir también los *Centros Históricos*, proponiendo intervenciones en estas áreas de la ciudad, inicialmente con la COGEP (*Coordinadoría General de Planificación)* en la década de 1970 y posteriormente con la SEMPLA (*Secretaría Municipal de Planificación Urbana)* y con la EMURB (*Empresa Municipal de Urbanización)* a partir de la década de 1980. Las nuevas iniciativas incluyeron, de cierto modo, la cuestión del Patrimonio, mas desde el punto de vista de las intervenciones urbanas que enfatizaban, sobretodo, medidas de rescate económico y social (Revitalizaciones), no necesariamente alineadas a las propuestas de preservación y conservación del Patrimonio Cultural. En 1976, por ejemplo, en el ámbito de la COGEP, fue creado el *Plano Integrado para el Área Central*, también conocido como el *Plan de Revitalización del Centro de San Pablo*, que entendía, principalmente, que el Centro de la ciudad requería una nueva vitalidad porque era percibido como decadente. A pesar del enfoque dado a las obras de infraestructura, la COGEP asumió la protección en nivel municipal, organizando un "inventario" con edificios significativos y representativos del centro de la ciudad. Emergía la preocupación a nivel municipal con la preservación del patrimonio histórico de la ciudad de San Pablo, hecho que favoreció, en 1983, la creación del DPH (*Departamento del Patrimonio Histórico de la Secretaría Municipal de Cultura)*, y del CONPRESP (*Consejo Municipal de Preservación del Patrimonio Histórico, Cultural e Ambiental)* que, a su vez, fue creado en 1985.

En general, mientras los órganos de protección del patrimonio se dedicaban a la identificación, catalogación y divulgación de los bienes culturales, las instancias de planificación se lanzaban en la elaboración de nuevas propuestas de intervención urbana. Entre las décadas de 1970 y 1980 surgieron, principalmente a través de la EMURB, algunas propuestas de **Reurbanización** que poseían implicaciones semejantes a las llamadas **Revitalizaciones**. En los años siguientes, entre 1980 y 1990, empezaron a intensificarse las propuestas producidas por convenios entre el poder publico y los inversores privados y la gestión de estos programas se tornó, de cierto modo, más eficiente y objetivo, marcando la substitución de las acciones de **Revitalización** por las acciones de **Recalificación**. Lo que estaba en pauta, no era más la cuestión de recuperación de la vitalidad de las áreas centrales, mas si su "adaptación" a las actividades contemporáneas, resurgiendo como espacios competitivos y fortalecidos

económicamente, acomodados en su actual contexto urbano. Estas nuevas políticas de preservación utilizaron la cultura como elemento principal en los procesos de intervención de áreas de valor histórico, vehiculando la preservación de estas áreas a la planificación estratégica [2]. Mas, al aproximar la cultura de los instrumentos de planificación estratégica, las nuevas propuestas de Preservación Urbana acabaron ocasionando grandes "escenarios" urbanos. Es muy común inclusive, en este período, la elaboración de propuestas de "gran impacto", caracterizando las recalificaciones a través de edificios de destaque, generalmente proyectados por arquitectos famosos, tal como ocurrió, por ejemplo, en Londres, Baltimore, Barcelona y Boston.

Por otro lado, la expresión **Recalificación** no aparece en los documentos internacionales relativos a los encuentros de Patrimonio hasta 1995, cuando surgió la *Carta de Lisboa*. Esta Carta fue elaborada por el *I Encuentro Luso-Brasileño de Rehabilitación Urbana*. Para la Carta de Lisboa la Rehabilitación Urbana es una estrategia de gestión urbana que procura recalificar la ciudad existente a través de intervenciones múltiples destinadas a valorizar las potencialidades sociales, económicas e funcionales de modo de mejorar la calidad de vida de las poblaciones residentes [3].

En San Pablo, los proyectos de intervención urbana utilizaron la expresión **Recalificación** en 1993 a través del PROCENTRO - *Programa de **Recalificación** Urbana y Funcional del Área Central* -, que pasó a contar con fuerte participación de la sociedad civil. Posteriormente, este mismo *Programa* sufrió adaptaciones y al entrar al siglo XXI pasó a ser designado como PROCENTRO - *Programa de **Rehabilitación** Urbana del Área Central.* En este nuevo contexto, fueron inseridas a este programa nuevas iniciativas y proyectos que pasaron a contar también con apoyo del BID (*Banco Interamericano de Desarrollo*). En 2005, en el ámbito de este "nuevo" PROCENTRO fue acrecentado el *Programa Nova Luz* y, en una región próxima, San Pablo promueve también iniciativas del *Programa Monumenta*.

El Programa Monumenta fue creado por el gobierno federal, a través del Ministerio de la Cultura, con apoyo del BID y de la UNESCO, con el objetivo de ampliar los mecanismos de protección al patrimonio, a través de una política de *conservación sustentable* de los acervos patrimoniales de ciudades o centros históricos; siendo que éstas deben contener bienes protegidos en ámbito federal. En San Pablo, este programa entró en funcionamiento en 2002, después de un convenio firmado entre el Ayuntamiento Municipal y el Ministerio Cultura que definió el conjunto urbano histórico de la Luz como la región a ser beneficiada [4].

Las actividades de este Programa están pautadas en la *conservación sustentable*, definida como la capacidad de brindar permanentes recursos financieros, garantizando el equilibrio de las actividades y manteniendo la conservación de los inmuebles históricos, propiciando, inclusive, la conciencia de la población sobre los usos del Patrimonio. En este sentido, el *Monumenta*, a través del BID, determina la consolidación de un *Fondo Municipal de Preservación* a ser administrado por representantes del gobierno, por la iniciativa privada y por la comunidad, orientando el destino de los recursos y su uso para la conservación.

Entre los objetivos de este programa debería ser priorizada también la recuperación urbanística de los espacios públicos. Mas éstas iniciativas no se implementaron tal como era esperado, porque el perímetro de intervención del Programa fue limitado y las acciones acabaron restringiéndose a los monumentos más emblemáticos. Así, las acciones del Programa se concentraron en los aspectos turísticos, promoviendo la valorización económica de la área sin propiciar una mejor calidad de vida para la población, dificultando, inclusive, la fruición cultural del patrimonio por las comunidades de la región. Hasta 2005, los recursos destinados a las obras del *Programa Monumenta* eran de aproximadamente 19.500.000,00 millones de reales. El Programa caminó muy lentamente, ocasionando muchos cortes en su financiamiento, lo que por su vez, llevó a una reestructuración de las prioridades de intervención, eliminando gran parte del plano de intervención destinado al espacio urbano [5].

El PROCENTRO - Programa de Rehabilitación del Área Central de San Pablo fue creado en 1993, como el Programa de Recalificación Urbana y Funcional del Área Central de San Pablo. En líneas generales, el objetivo de este programa era evitar el proceso de deterioración del Centro de San Pablo, *"a través de la recalificación de su espacio público y privado, de forma de*

resguardar sus atributos esenciales de centro metropolitano, conjugando los esfuerzos públicos y privados y las diversidades de funciones e interés" [6]. Durante la década de 1990, el PROCENTRO fue reorganizado y pasó a ser denominado, en 2001, de *Programa Acción Centro*. Pero el nombre oficial de este programa fue reorientado para PROCENTRO - *Programa de Rehabilitación Urbana de la Área Central de San Pablo*. Después de algunas reestructuraciones, este programa pasó a contar con recursos del BID.

Las reestructuraciones del PROCENTRO fueron pautadas, sobretodo, en análisis que partieron de una lectura de los principales problemas que debían ser enfrentados. La desvalorización inmobiliaria y afectiva de esta área fueron identificadas como los principales desafíos a ser resueltos. Este Programa propuso algunas medidas más amplias, con destaque para intervenciones urbanísticas, principalmente para el Parque D. Pedro II, para el centro antiguo de la ciudad (sobretodo con el Proyecto Corredor Cultural) y en la región de la Luz. Todavía, las acciones pretendidas en la región del Parque D. Pedro II no fueron ejecutadas (con excepción de la restauración del Mercado Municipal) y la propuesta original de intervención en la región de la Luz fue substituida por las iniciativas del *Programa Nova Luz.*

El Programa Nova Luz fue incluido en las finalidades del Programa PROCENTRO, en 2005. En la concepción original del PROCENTRO, aprobado pelo BID, el *Programa Nova Luz* no existía, pero a partir de su creación, pasó a contar con recursos provenientes de este *Banco*. Del total de 13,1 millones de reales que serán invertidos, el Ayuntamiento Municipal va a responsabilizarse por 1,9 millones de reales y el restante vendrá del acuerdo con el BID [7]. El Gobierno Municipal también ofreció, en inicio de 2006, un programa de incentivos selectivos para el perímetro comprendido por este Programa con el objetivo de atraer inversiones de la iniciativa privada para la región. Los incentivos contemplan la dispensa de tasas fiscales para obras de construcción, restauración, preservación, conservación y para propuestas de estímulo a las actividades económicas. El *Plan* también empezó, en octubre de 2007, demoliciones de seis edificios (de un total de 50 previstos). En esta época fue anunciado el nombre de 23 empresas interesadas en los incentivos fiscales de la región, pero hasta aquel momento, ninguna de ellas había presentado proyecto para ser beneficiada pelos incentivos ofrecidos [8].

La propuesta de este programa pretende, también, crear un polo tecnológico y de servicios, atrayendo empresas de informática, gráficas, editoras y especialmente *call centers*. Procura incentivar la habitación para la población de renta media y alta. Esta medida fue justificada por la ausencia de lanzamientos inmobiliarios, hecho que contribuyó para aumentar la degradación física de la región. A pesar de las mejorías previstas, como iluminación pública, ampliación y cambio de pisos, pavimentación, enterramiento de cables eléctricos, entre otras medidas, las acciones para la mejoría de las habitaciones locales y de inclusión social están siendo desconsideradas. Contradictoriamente, el Programa PROCENTRO – que también contempla acciones en la región de la Luz – originalmente indicaba iniciativas para la población de renta baja. Por el contrario, en el *Programa Nova Luz*, hasta el momento, han predominado acciones de carácter policial y de vigilancia sanitaria. Muchas fiscalizaciones fueron realizadas, englobando cerca de 490 edificaciones; siendo que más de 100 fueron clausuradas y aproximadamente 250 recibieron notificación por falta de licencia para funcionamiento y cerca de 80 personas fueron retiradas de la región.

Conclusiones: la defensa del Centro Histórico como Patrimonio Cultural

El centro de San Pablo presenta problemas complejos y, así como muchas otras ciudades, sufrió, en las últimas décadas, procesos de degradación física y social que provocaron la mudanza de actividades, usos y servicios para otras regiones. Con intención de invertir está situación, el poder público esta empeñándose en acciones y proyectos para esta región. Así, los programas presentados, sobretodo los más recientes, ofrecen objetivos y formas de actuación distintas, pero tienen en común el interés por la preservación y valorización del patrimonio histórico y arquitectónico del centro de la ciudad; o por lo menos, se aprovechan del Patrimonio Cultural para justificar muchas de sus acciones, ya que en algunos casos las experiencias revelan que las acciones sobre el patrimonio cultural aun permanecen restrictas al plano del discurso o direccionadas a actividades capaces de originar altos recursos financieros, o sea, priorizando la restauración y el "reciclaje" de edificios más simbólicos para "usos culturales", con poca consideración por ejemplares más modestos.

En general, el *Programa Monumenta*, por sus objetivos (vinculado al IPHAN y al Ministerio de la Cultura) es el que más se preocupa específicamente con la cuestión del Patrimonio Cultural. Mismo así, presenta contradicciones en lo que se refiere a la efectivación de sus acciones. Se destaca el hecho de que el *Monumenta* destina recursos financieros para las ciudades que contienen mayores cantidades de edificios protegidos por el órgano federal de protección y no con base en la cantidad de desafíos y problemas que deben ser enfrentados. Envés de privilegiar conjuntos históricos en peligro de desaparecer o a aquellos con serios problemas sociales, fueron elegidos otros situados en ciudades con capacidad para asumir las contrapartidas financieras y articular convenios entre el poder público y los inversores privados. El *Fondo de Preservación* creado por el Programa Monumenta/BID representa la transferencia de la responsabilidad del gobierno federal para los Estados y Municipios, empresas y organizaciones civiles, tornándolos más susceptibles a los intereses del mercado local, especialmente del mercado inmobiliario. Tal circunstancia acaba favoreciendo acciones desarticuladas del contexto urbano, despreciando los edificios menos significativos y perjudicando la manutención de la población local en la región.

Estos tres programas enfatizan, aunque de modos distintos, la necesidad de participación de la población en los procesos de intervención, pero solamente el PROCENTRO, y principalmente durante la década de 1990, promovió la comunicación entre las instancias públicas y las entidades civiles. El PROCENTRO también ha presentado resultados coherentes con sus propuestas y fue el programa que, hasta el momento, proporcionó acciones de preservación y conservación urbana, envolviendo medidas para el conjunto urbano. Por otro lado, la *Rehabilitación Urbana*, pretendida en el título del Programa PROCENTRO, aún no se ha fortalecido. Si tenemos en cuenta principalmente su definición conceptual y si nos basamos en las experiencias internacionales que objetivan acciones integradas, conciliando habitación, desarrollo económico y otras políticas sectoriales en el proceso de Rehabilitación, notaremos que el PROCENTRO acaba contradiciéndose, en la medida que algunas estrategias no llevan en cuenta la manutención de la población local y resultan en grandes transformaciones estructurales. Por lo menos es lo que ha ocurrido con el *Programa Nova Luz*, que fue inserido en el ámbito del PROCENTRO.

El *Programa Nova Luz* aun presenta pocos datos para ser analizados. No obstante, se presentó, en principio, como una propuesta de *Renovación Urbana*, dada la gran cantidad de edificios demolidos para ser substituidos por nuevos emprendimientos. A pesar de esto, en su concepción original el *Programa* propició diagnósticos rigorosos, evitando la demolición de edificios representativos o de valor histórico. Mismo así, hasta el momento, no fueron presentadas propuestas con referencia a los proyectos arquitectónicos que ocuparán los espacios vacíos dejados por los edificios demolidos. Este programa también ha sufrido severas críticas porque ocasionó la expulsión de parte de la población local, diferente de lo que indica el PROCENTRO, la Rehabilitación.

Consideramos que, el *Programa Nova Luz* y el *Programa Monumenta* podrían propiciar debates entre si, una vez que se implementan en áreas que mantienen estrechas relaciones históricas y sociales. Envés de concentrar esfuerzos y recursos financieros en medidas similares, podrían definir, en conjunto, actividades relacionadas a la población local, con destaque para la ciudadanía, buscando la valorización de espacios menos simbólicos, mas que en el conjunto son fundamentales para mantener la armonía y el ambiente, favoreciendo inclusive la permanencia de estratificaciones históricas, sociales e culturales.

Para finalizar, todos los documentos – nacionales o internacionales – así como las propuestas de intervención vienen, a lo largo de los años, proponiendo trabajos en *Educación Patrimonial*, actividades que raramente son debatidas o llevadas adelante. La *Educación Patrimonial* será determinante para la evolución y conscientización de las diferentes sociedades en relación a sus ciudades, historias y sus propias comunidades. Las actividades artísticas e intelectuales en sus diversas posibilidades permiten a la población ampliar otros modos de conocimiento del mundo, facilitando su integración y establecimiento de nuevas perspectivas.

Así, procuramos observar estas propuestas desde el punto de vista de la preservación de la ciudad y de su patrimonio cultural. Priorizando su conservación y valorización, se encuentran, de un lado, los órganos de preservación; y de otro, los órganos de planificación, con el uso de

instrumentos diversificados de las políticas públicas urbanas en sus propuestas de intervención, siendo que éstas no están asociadas exclusivamente a la tutela del patrimonio. Todavía, las acciones de preservación también precisan ser garantizadas por las secretarías de planificación, para evitar así implicaciones negativas para la preservación del patrimonio y, sobretodo, para la propia ciudad como un bien cultural.

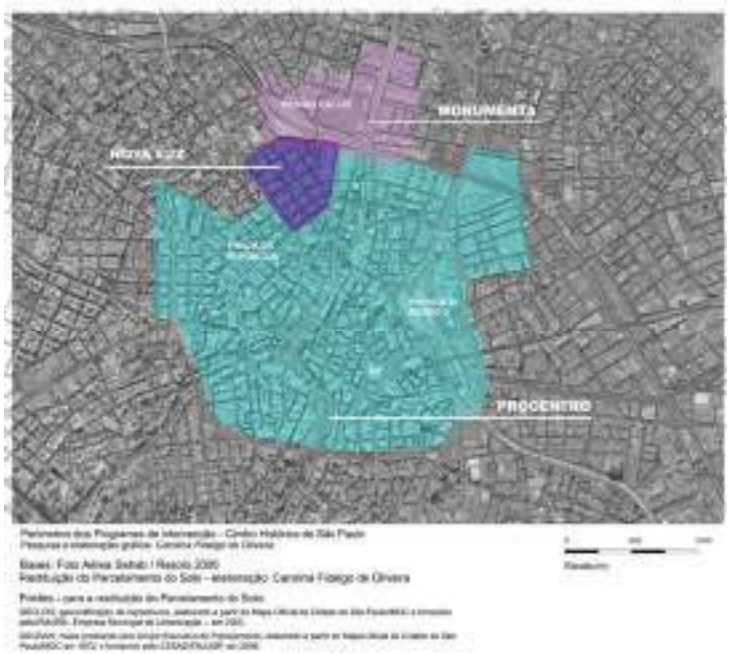


Imagen 1. Algunos de los programas de intervención propuestos para el Centro Histórico de San Pablo (Monumenta, Nova Luz e PROCENTRO). Pesquisa y elaboración gráfica - Carolina Fidalgo de Oliveira.

Referencias:

[1] M. Rodrigues, Imagens do passado: a instituição do patrimônio em São Paulo, 1969-1987. São Paulo: Editora UNESP: Imprensa Oficial do Estado: Condephaat: FAPESP, 2000.

[2] O. Arantes, Urbanismo em fim de linha. São Paulo: Edusp, 1999.

[3] F. Lopes & M. B. Correia. Património arquitectónico y arqueológico – Cartas, Recomendações e Convenções Internacionais. Lisboa: Livros Horizontes, 2004.

[4] Empresa Municipal de Urbanização. Projeto Luz - Programa Monumenta/BID - Relatório de novembro de 2001. São Paulo, 2001. Disponível na Biblioteca da EMURB para consulta, sem página.

[5] Idem.

[6] São Paulo (Cidade) e EMURB – Empresa Municipal de Urbanização. Programa de Requalificação Urbana e Funcional do Centro de São Paulo, 1993, sem página, para consulta na Biblioteca.

[7] “Demolição de imóveis inicia a revitalização da Cracolandia”. Jornal Folha de São Paulo de 27 de outubro de 2007.

[8] “Prefeitura promete começar no mês que vem a demolir Cracolândia”. Artigo do Jornal Estado de São Paulo de 3 de setembro de 2007.

LA RESTAURACIÓN DE LA PORTADA PRINCIPAL DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA DE ARANDA DE DUERO

J. Garabito López
Dpto. de Construcciones Arquitectónicas e Ingeniería de la Construcción y del Terreno.
Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, España

jgarabito@ubu.es

ÁREA TEMÁTICA: Proyectos de intervención en el patrimonio cultural.

La iglesia de Santa María la Real de Aranda de Duero es uno de los monumentos más representativos de Castilla y León, reconocida sobre todo por su fachada retablo isabelina, ha sido propuesta como sede temporal de la exposición anual de las Edades del Hombre.

En el año 2000 comenzaron las obras de restauración, con la intervención en la portada sur, continuando en la actualidad con un ambicioso proyecto de restauración integral, tanto del edificio como del entorno, y paralelamente un Plan de Difusión con el objeto de comunicar a la sociedad la trascendencia de un trabajo de estas características, que se está desarrollando con el empuje y la financiación económica de la Junta de Castilla y León y la colaboración de patrocinadores como Grupo Leche Pascual y Glaxo Smithkline.

Los proyectos de intervención han sido redactados por los Arquitectos José Manuel Álvarez Cuesta y Javier Garabito López y el Aparejador Lucio Mata Ubierna.



Foto 1.- *Foto de archivo del año 1905.*
Es la fotografía más antigua, conserva el reloj de gran calibre y la escalinata semicircular.

MEMORIA HISTÓRICA

La Iglesia de Santa María está representada en el conocido plano de la villa del año 1503, la más vieja representación urbana que se conoce en España, con caracteres aún medievales. El plano da una imagen oval del núcleo de Aranda y su centro lo ocupa la Iglesia de Santa María.

Del primitivo edificio queda la robusta torre de tipo militar, con los salientes modillones que sostenían el antepecho almenado, sustituido en el año 1552 por el chapitel.

En torno a 1473 se construía el templo, como lo prueba el hecho de que el Concilio provincial de Toledo no se celebró en Santa María, sino en la parroquia de San Juan Bautista.

Los Reyes Católicos contribuyeron económicamente a la edificación, como muestran los escudos y emblemas de la fachada, así como la propia denominación de "Santa María la Real".

La iglesia de Santa María tiene planta de cruz latina, de tres naves y crucero, terminadas en capillas absidiales de planta poligonal. En la fachada norte tres capillas comunican con la nave del Evangelio, ampliando de este modo el espacio del templo.

Se comenzó la obra por la nave norte, y antes de acabar el siglo XV ya estaba concluido el edificio en sus partes esenciales, y abierto al culto, siendo entonces cuando se ejecutó la portada, con el proyecto de Simón de Colonia, aunque posiblemente la terminara su hijo, Francisco, en 1515. Se trata de una fachada retablo, que tiene sus máximos exponentes en Valladolid y en Aranda de Duero.

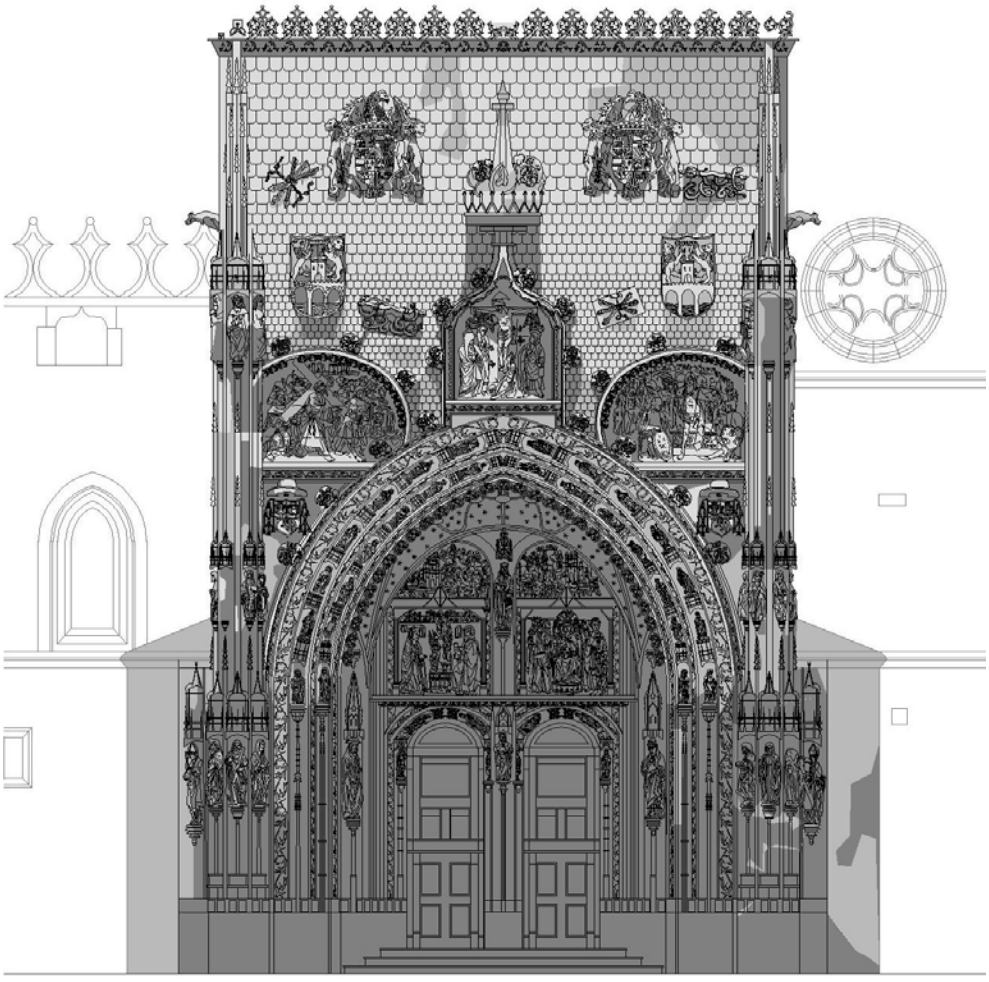


Foto 2.- *Plano de estado previo. Suciedades*.

La fachada estuvo policromada, quedando restos en el tímpano, perdiendo la policromía por las condiciones climáticas y por la limpieza realizada en torno a 1855. Tiene arco de ingreso ojival, decorado con calado festón y numerosas arquivoltas. En el tímpano se desarrollan escenas de la vida de la Virgen, mientras que en el cuerpo superior se representa la Pasión.

ESTADO PREVIO A LA RESTAURACIÓN

Las patologías que afectaban a la portada, entre otras, eran:

La suciedad, con depósitos de polvo, hollín y partículas procedentes de la contaminación o los excrementos de las palomas y las cigüeñas, localizados sobre todo en las zonas mas protegidas de la fachada, como doseles, arquivoltas, estatuaria,…

Las humedades, mayoritariamente del agua de lluvia, que causan la degradación de la piedra, agravada con otros agentes atmosféricos y ambientales, como el viento, el hielo, o el anhídrido sulfuroso. Así mismo, favorece el crecimiento de vegetación y la formación de costra biogénica, musgos y líquenes, y provoca la oxidación de los elementos metálicos que sujetaban la estatuaria y la ornamentación de la portada.

La descomposición y fisuración en morteros, tanto de rejuntado de sillares como de unión entre piezas, en la zona inferior de la portada, con presencia de mortero de cemento en rejuntados.

La pérdida de material en las cornisas y guardapolvos, que impiden su correcta función de protección contra la lluvia.



Foto 3.- *Estado previo. Arquivoltas. Degradación superficial. Pérdidas materiales en elementos arquitectónicos y estatuaria. Suciedad.*

INTERVENCION REALIZADA EN LA PORTADA

Consistió en la limpieza y restauración de la portada, descubriendo las policromías originales en las figuras del tímpano.

PRECONSOLIDACIÓN Y LIMPIEZA PREVIA

Limpieza previa con cepillos de cerda, aspiradora, chorro de aire a baja presión y otros medios mecánicos.

LIMPIEZA

a) Limpieza mecánica.
En las zonas cohesionadas, y en general en todas las partes de la portada que no presenten elementos descohesionados o pulverulentos, se actuó con microchorro de alta precisión y materiales de baja abrasividad.
Sobre zonas delicadas, disolución de Agua/Alcohol/Amoníaco, ayudados de la acción mecánica de cepillos de cerda suave.
En zonas altamente delicadas sin pátina de color, se utilizó LASER ARTLIGHT.

b) Limpieza química.
Las concreciones negras, grasas... se reblandecían utilizando emplastos del tipo AB-57 y tamponado con disolventes orgánicos.
Las costras altamente endurecidas se eliminaron mediante aplicación de pasta de celulosa.
Las sales superficiales, mediante papillas tipo atapulgita celulósica. Para la extracción de sales más profundas, disolución de Hidróxido de Bario.

c) Tratamiento biocida.
Tratamiento algicida y fungicida para la eliminación y la prevención de nuevas colonias de líquenes, algas y mohos.

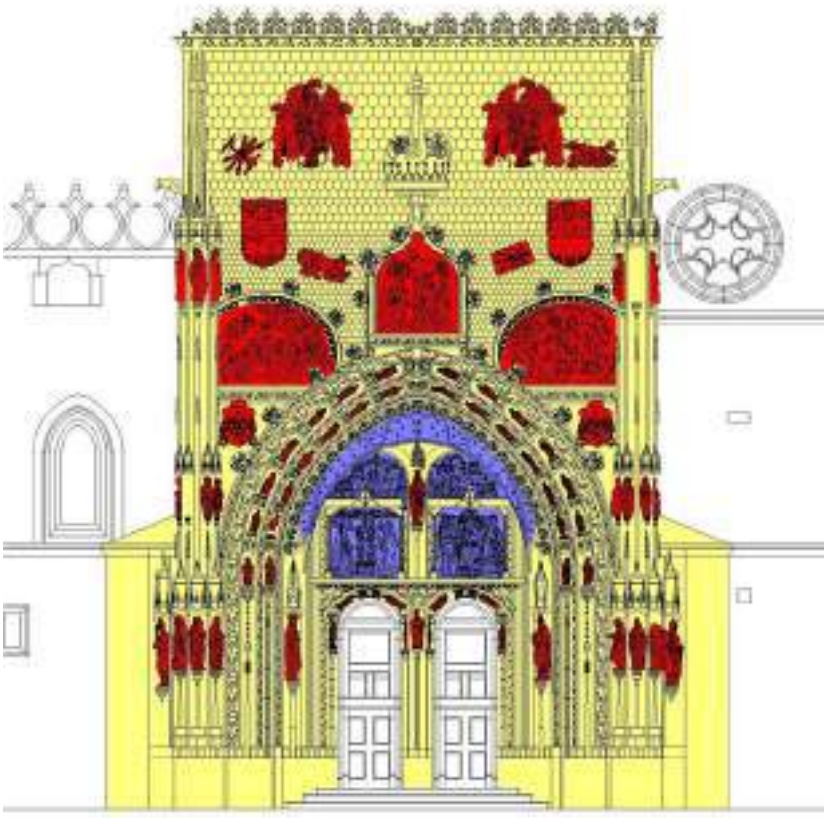


Foto 4.- *Plano de intervención. Tipos de limpieza.*

TRATAMIENTO DE JUNTAS Y FISURAS.

Se procedió al saneado de todas las juntas, grietas y fisuras de paramentos, elementos ornamentales, estatuaria, etc. Se eliminó las zonas reintegradas con mortero de cemento o resinas y los morteros descompuestos o degradados. Se realizó posteriormente un rejuntado mediante retacado con mortero de cal tradicional.



Foto 5.- *Estado final.*

REPARACIÓN DE PIEZAS ROTAS.

Reparación utilizando como adhesivo resinas epoxídicas, insertando, cuando era necesario reforzar la unión, espigas metálicas de acero inoxidable o varillas de fibra de vidrio.
Se procedió a la extracción de las grapas metálicas, clavos, vástagos y demás elementos metálicos oxidados, sustituyéndolos por acero inoxidable o fibra de vidrio.

CONSOLIDACIÓN

Se ejecutó la consolidación de las partes descohesionadas con silicato de etilo.

RENOVACIÓN Y REINTEGRACIÓN

En elementos de evacuación de agua, cuando el nivel de degradación de la pieza era superior al 20% de su volumen, se realizó un cajeado y reposición en piedra.
Se renovaron los sillares que presentaban pérdida de material superior al volumen a sanear.
Las erosiones pequeñas se reintegraron mediante prótesis con piedra artificial.

HIDROFUGACIÓN Y PROTECCIÓN.

En las zonas expuestas, se aplicó una resina epoxi cicloalifática, o Acril-Silicona.
En cuanto a la entonación y protección superficial de todo el conjunto, se realizó una impregnación superficial de una solución de hidróxido de calcio y pigmentos naturales.

EMPLOMADOS

Impermeabilización de la terraza con la colocación de láminas de plomo.

RECUPERACIÓN DE LA POLICROMÍA DEL TÍMPANO

Previo a la intervención, se realizaron estudios estratigráficos de las diferentes partes que componen la portada.
Se recuperaron en el tímpano, en lo posible, los colores originales, eliminando los repintes y las pátinas de ocultación.

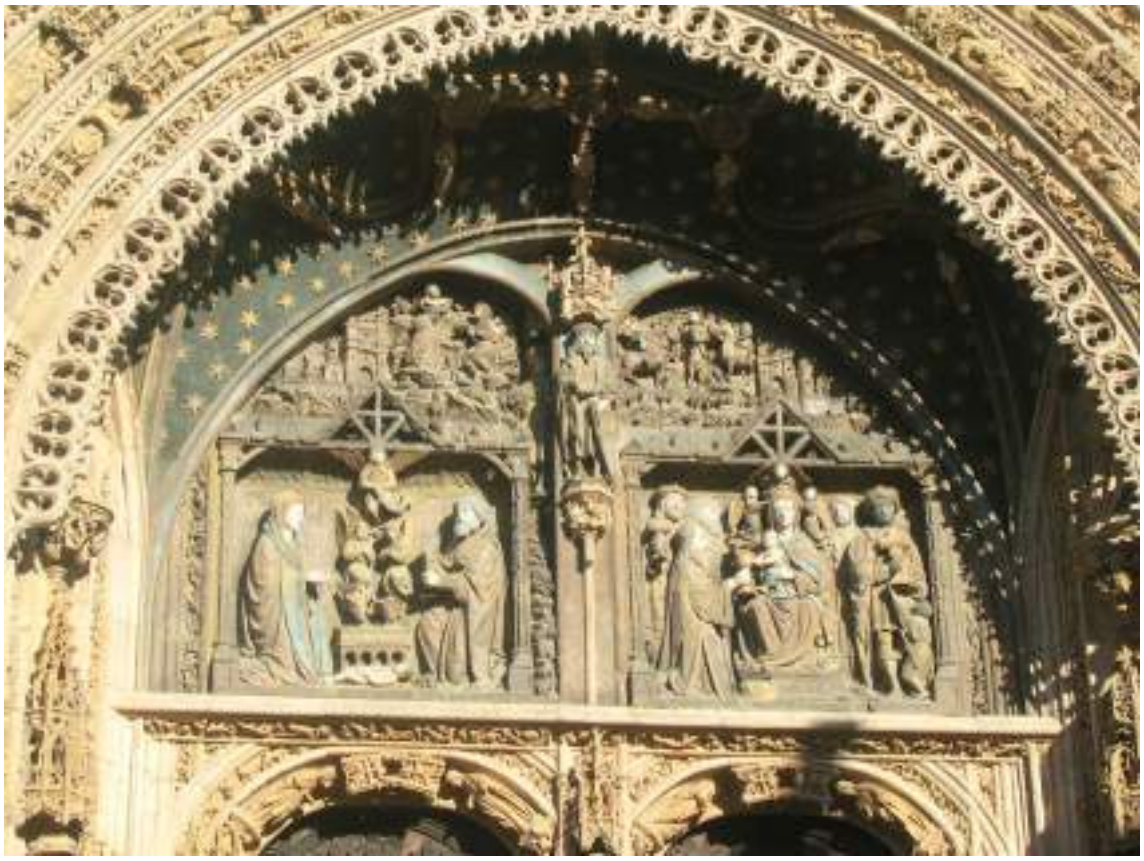


Foto 6.- *Estado final. Entonación cromática del tímpano.*

REPRODUCCIÓN DE LAS PUERTAS

Las reproducciones se realizaron con un molde formado por varias capas de silicona y contramolde de poliéster reforzado para la posterior ejecución de la pieza en material mas estable pigmentado, mientras que los originales están localizados en el museo diocesano situado en la cercana iglesia de San Juan.

SISTEMA ANTI-PALOMAS.

Se instaló en la parte inferior de la portada un sistema electrostático para el alejamiento de las palomas, una de las causas fundamentales del deterioro sufrido.

INTERVENCIÓN EN LA CAPILLA FUNERARIA DEL CEMENTERIO MEDIEVAL DE SAN JUAN DEL HOSPITAL DE VALENCIA

Jorge García Valldecabres (1), Concepción López González (2) Ángeles Rodrigo Molina (3) y Santiago Lillo Giner (3)

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Escuela Técnica superior de Gestión en la Edificación. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 46020 Valencia, España

jgvallde@ega.upv.es (1), mlopezg@ega.upv.es (2), anrodmo0@ega.upv.es (3) y sanlilgi@ega.upv.es (4)

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

La capilla funeraria del antiguo cementerio medieval, hoy día denominado "patio sur" de la iglesia sanjuanista, comprende el elemento central del proyecto de recuperación del "patio sur" de la iglesia de san Juan del Hospital de Valencia.

Después de más de ocho años de estudios y campañas arqueológicas desarrolladas por especialistas, se procedió a redactar el proyecto de recuperación del "patio sur". Se obtuvo la licencia de obras por resolución de decreto de la Alcaldía de Valencia el 17 de febrero del 2004, después de haber sido autorizado por el Servicio Territorial de Patrimonio Arquitectónico de la Generalitat Valenciana el 20 de agosto del 2003.

La capilla había sido puesta en valor, tras un conjunto de actuaciones pormenorizadas de estudio, que condujeron a desmontar la edificación que la ocultaba, la que fue la antigua casa del prior construida a finales del siglo XVII. A continuación se consolidaron sus fundamentos y los elementos los elementos de plementería de sus bóvedas.

La intervención que nos ocupa, comprende la Fase nº IV del proyecto de recuperación del "patio sur".

Está formada por dos partes claramente diferenciadas que se debieron construir en momentos distintos. En primer lugar un cuerpo igual que los cruceros de los claustros, -recuerda mucho al del monasterio de Poblet en Tarragona-, de planta cuadrada formado por cuatro pilastras y sus correspondientes arcos que lo cierran. A esté, después se le ha añadido una cabecera poligonal de planta octogonal. Las bóvedas están cerrada por ladrillos colocados por hojas a tizón a rompe juntas. De la misma forma las bóvedas de la cabecera, de los encuentro de las lados se forman una columnillas que se prolongan en nervaduras y de cuya intersección se define la clave polar de la misma.

Las dimensiones que definen el cuerpo del crucero corresponden a 18 x 18 x 18 palmos valencianos de (23 cm.) Definen un exaedro cuyo estilo se adscribe en el movimiento cisterciense. Según Elías Tormo, citado por Garín, fue sala del hospital de los sanjuanistas[1]. También el historiador Esclapés, opina que esta capilla gótica se hallaba en el centro de lo que fue el hospital, cuyos arcos, *"davan passo i vista a las tres ramas de la enfermería"*[2], aunque no se ha encontrado documento que verifique esta afirmación.

[1] Pág. 65. Garín Ortiz de Taranco, "Valencia monumental", Editorial Plus Ultra, S.A., Madrid, 1959,.

[2] Pág.113 Esclapés de Guilló, P, "Resumen historial de la fundación y antigüedad de la ciudad de Valencia de los edetanos o del Cid, sus progresos, ampliación y fábricas insignes, con otras particularidades". Copia facsimil de Paris Valencia, 1979.

Según Martín Bravo Navarro,[3] esta capillita fue edificada antes de la muerte de rey Jaime I (27 de julio de 1276) que sería su mecenas y protector. Se basa para realizar tal afirmación en el hecho de que en el año 1324 Roderic Llançol de Romaní (hijo de Berenguer) estableciera en su testamento tres aniversarios perpetuos "en la capilla fundada por su abuelo Arnau de Romaní en San Juan del Hospital", y en otra escritura de 1355, donde se especifica que esta capilla fue instituida por Arnau de Romaní, bajo el patrocinio de Santa María Magdalena (esta advocación perduró hasta 1600 en que pasó a conocerse como de Santo Tomás de Villanueva).

En el informe arqueológico recogido en el Plan director del templo, realizado por la empresa especializada Entorn y el Departamento de Historia Medieval y Arqueología de la universidad de Valencia[4] se afirma que la capilla funeraria que podemos contemplar en la actualidad debió de ser construida a finales del siglo XIII o comienzos del XIV en dos etapas: en la primera se realizó la nave que estaría abierta en sus cuatro lados y con cubierta plana y posteriormente se le añadió el ábside poligonal, en el que se ha encontrado el escudo de los Romaní (una luna creciente boca a bajo) labrado en los sillares que componen la cornisa del ábside.

Después de haber realizado un minucioso estudio de sus fábricas y de las trazas que bien debieron emplearse para su construcción, estamos en condiciones de afirmar que existe una correspondencia y continuidad a través del esquema estructural establecido mediante la métrica y la geometría que lo originaron.

Las columnas adosadas a las pilastras y los capiteles que definen el crucero de esta pequeña capilla, ya las encontramos en la iglesia de Saint-Etienne de Nevers (sur de Borgoña) en el centro de Francia. Este tipo de pilastras con pilares adosados son dibujadas por Villar de Honnecourt en su "cuaderno" (1225 – 1235) tomando como modelo los de la catedral de Reims. Esta "coincidencia" nos demuestra que el artífice de esta capilla era un maestro de obras culto, que conocía las grandes construcciones que se estaban realizando tanto en el este de la península Ibérica como en el sur de Francia. También, podemos observar que era un gran conocedor de la geometría como lo confirman las relaciones proporcionales que existen entre sus diferentes dimensiones, tanto en el alzado como en la planta del edificio.

En el pavimento, y situada en el centro de la capilla bajo el arco ojival que separa el ábside de la nave, está colocada una losa de mayor tamaño que las demás (189 x 60 centímetros) que tiene esculpido un escudo formado por tres torres arriba, otras tres torres abajo y por último una sola torre. Este escudo pertenece a los Heredia. No debemos olvidar que Fernández de Heredia fue elegido gran maestre del Hospital en 1376.

También en el pavimento aparece otra losa con un doble losange en el que se ha perdido casi totalmente el bajorrelieve, por lo que es difícil de identificar, aunque parece un león rampante. Si se comprobara que es así, pertenecería a Fray Arnaldo de Armengol, Prior de San Juan en los años 1399 y 1404[5]. Sin embargo este pavimento no es el original de la capillita ya que fue colocado en 1927, cuando los caballeros de la Orden de Malta la restauran bajo la dirección del arquitecto Sr. Rodríguez y del impulso del marqués de Tejares y el Barón de San Petrillo, utilizando antiguas losas sepulcrales que estaban colocadas en los peldaños de la escalera de acceso a la iglesia desde el patio sur (mediante otra reutilización).

Según nos describe el historiador Fernando Llorca antes de la restauración de 1926, podemos suponer que estaba tapiada la nave mediante muros de ladrillo quedando las columnas embebidas en el mismo y sobre el que se abrían puertas y ventanas. Arriba, sobre lo que fue la techumbre de la capilla existía otro piso que albergaba la sala prioral con los retratos en grabado de los grandes maestres de la Orden, pinturas en las paredes estilo imperio y con un balcón que asomaba a la fachada. Más tarde se instaló allí y en parte de la capillita una sastrería eclesiástica para lo que fue necesario levantar un tabique que dividiera el espacio. Posteriormente se instaló en el atrio una cocina y en la nave un comedor (entre la decoración

[3] Pág 37 Bravo Navarro, Martín, Iglesia de San Juan del Hospital. Ed. Comisión Histórico-artística. Valencia 2000
[4] Pág 230. Plan Director del templo. Informe arqueológico. Valencia 2002
[5] nº 1902 del protocolo de martín de Alagó, Archivo del Patriarca

que menciona Fernando Llorca[6] de esta estancia cabe destacar la lámpara sujeta a la clave de la bóveda de crucería, los muros encalados y el reloj de pesas colgado entre los arcos) Los contrafuertes desaparecidos de la capilla se encuentran reutilizados como peldaños de la escalera ubicada en la que fue casa prioral. Esta escalera conduce hacia el subsuelo.

En la reforma de 1926 promovida por los caballeros de la Orden de Malta, el interior de la capilla fue restaurado y sobre el arco de acceso se colocó una cornisa apoyada sobre canecillos, al igual que en la portada románica de la Catedral, no sabemos si en sustitución de otra anterior que se encontraba en mal estado o por iniciativa propia ya que en el momento en que esta capilla fue construida (principios del s. XIV) las portadas de la escuela de Lérida eran habituales como lo demuestra la propia portada de la Almoyna de la Seo valenciana o la portada del Hospital de Sant Juliá en Besalú.

En cuanto al espacio detectado en la parte posterior del ábside, podría tratarse del lugar donde se lavaban y aseaban los muertos, tal y como aparece en otros ejemplos similares como es la capilla funeraria del monasterio de San Juan del Hospital, hoy museo de Memlingo en Brujas (Bélgica).

La intervención ha comprendido en las actuaciones conducentes a la reintegración de los elementos propios de la estabilidad del ábside, los contrafuertes, encontrados como peldaños de la escalera de la antigua casa del prior y, la anatilosis de las cornisas del ábside a partir de las piezas encontradas en el muro divisorio del “patio sur” y la recuperación de la cubierta.

Los trabajos de la denominada FASE IV de las actuaciones correspondientes al proyecto de recuperación y restauración del Patio Sur se han desarrollado en torno a la capilla funeraria y que a continuación se detallan:

En primer lugar se procedió a la consolidación de los estratos del terreno de apoyo de la cabecera o ábside de la capilla y a preparar la superficie base para el arranque de los contrafuertes.

Con anterioridad se había obtenido las plantillas de las piezas que forman el contrafuerte para labrar las piezas faltantes y las que no se podían devolver a su lugar original. Del mismo modo se procedió a trazar las plantillas de los dos tipos existente en la cornisa, la correspondiente al crucero y la ábside. Esta con medias lunas invertidas.

A continuación se retiró la cubierta provisional de chapa, procediendo a la realización de las pendientes, el canalón perimetral, la colocación de las cornisas. También se dispuso de una lamina de plomo como impermeabilización y baldosa cerámica cuadrada como material de terminación. Se repusieron piezas y se rejuntaron los sillares.

La fachada lateral de la capilla situada al este y centro del “patio sur” se limpió con agua y detergente neutro para eliminar las manchas de humo existente sobre las fábricas de los muros y los canecillos de coronación.

Por último se realizó un cuidadoso estudio de catalogación e inventariado, para datar y poder realizar su anastilosis de los restos de las piezas deslocalizadas de la antigua espadaña, que por el conjunto de indicios debió levantase con posterioridad a la terminación de la capilla en la parte superior de la cornisa en el centro del arco situado al lado sur. Parte de estas piezas, de piedra de rodeno y coloración rosácea, se encontraron al levantar el suelo de la estancia superior de la casa del prior, reallanando los huecos de la bóveda y logar una superficie horizontal. Otras en los fundamentos de los muros que se levantaron para cubrir la capilla. Todo ello, según el informe elaborado por el equipo arqueólogos que intervino. En varios documentos citados por Martín Bravo a partir de los estudios realizados por la profesora Ordeig Corsini, directora del museo de la iglesia, corroboran su existencia. Junto al estudio realizado por el arquitecto Mas Millet, que se incluye en el Plan Director del templo, se menciona y se grafía la espadaña. Proponiendo su puesta en valor y su recuperación.

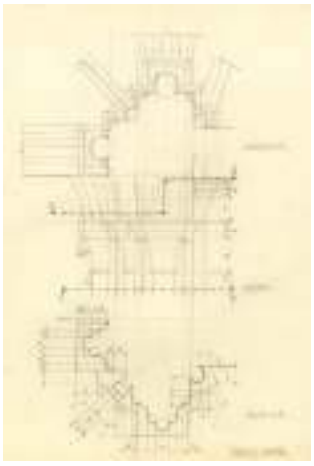
[6] Pág. 36 Llorca, Fernando. San Juan del Hospital de Valencia. Fundación del siglo XIII. Ed. Prometeo, Valencia 1930

Se adjunta una serie de documentos, dibujos y fotografías de las trabajos realizados.

Reportaje fotográfico



Dibujos de Villar de Honnencourt donde detalla el corte de piedra para la construcción de los pilares de la Catedral de Reims



Croquis de la pilastra de la Capilla



Conjunto hospitalario de Memlingo
Facilitada por Ordeig Corsini



Capilla cubierta por la casa del prior



Capilla una vez eliminada la casa del prior



Desmontaje de la cubierta provisional



Restauración de los contra-fuertes



Hallazgo de canecillo en muro



Hallazgo de pieza de cornisa en muro



Cubierta terminada



Anastilosis de los resto de la espadaña



Sillares de los contrafuertes empleados como peldaños



Trabajos de preparación de las piezas



Piezas preparadas







Dibujos realizados por Hurtado previos a la intervención







Capilla terminada

Conclusiones

El trabajo multidisciplinar, la puesta en valor, el revisar una vez y otra la documentación y las propuestas, unido a una paciente labor tanteo, nos conduce al mayor cuido en el desarrollo del proceso de la restauración. Estimar que era lo que antes había, replantearse como hacerlo de nuevo. El profesor Bechmam[7] en sus comentarios técnicos al Cuaderno de Villard, nos sugiere el hilo conductor de toda la restauración realizada; ponernos en lugar de los artífices que la construyeron por primera vez.

"Para intentar interpretar, comprender y describir los croquis teóricos de un constructor del siglo XIII, y resolver los enigmas que hoy nos plantea, es necesario por un lado tener una experiencia práctica en los talleres de construcción artesanal, tal y como existían hace varios decenios, y tal y como aún podemos a veces encontrarlos en algunas regiones de Francia, de Europa, de África del Norte. Pero, por otro lado, es preciso reconstruir las condiciones en las que se desenvolvía el constructor gótico, su marco de vida, sus dificultades, sus obstáculos, las tensiones a las que se enfrentaba y también las nuevas posibilidades que se presentaban en todos los estudios de concepción, de comunicación, de aprovisionamiento de las fábricas, de preparación del trabajo y por fin de puesta en marcha de la obra".

"Hay que pasar revista a los conocimientos, a las capacidades, a las condiciones de trabajo de los hombres, a las nociones teóricas y prácticas de los creadores de la obra de los maestros y encargados del Taller y de los trabajadores, así como a los instrumentos y herramientas utilizadas, los documentos empleados, y los procesos de comunicación y de transmisión del proyecto desde su concepción hasta su conclusión".

"En resumen, es necesario corresponder no solo al objetivo y proceso del pensamiento del autor (o más bien de los autores, ya que toda una serie de croquis técnicos han sido atribuidos a los sucesores de Villard), sino también, en cada caso, cuáles eran los problemas prácticos a los que se enfrentaba y cuáles los que intentaba resolver."

Con esta misma disposición e intención me he aproximado a las fábricas de la capilla y a los restos del conjunto hospitalario de San Juan. Las fábricas del monumento como soporte del metalenguaje que es la arquitectura, expresión de contenidos y valores de los promotores y de sus autores materiales, los maestros de obras, y los talleres de cantería.

La representación de la arquitectura se nos presenta como una necesidad de los maestros y artífices[8] en el proceso constructivo. Medio que permite concretar las ideas, verificarlas y corregirlas antes de ponerlas en obra, de forma que se pueda determinar con toda precisión su diseño para su recuperación.

Referencias

[1] Pág. 65. Garín Ortiz de Taranco, "Valencia monumental", Editorial Plus Ultra, S.A., Madrid, 1959
[2] Pág.113 Esclapés de Guilló, P, "Resumen historial de la fundación y antigüedad de la ciudad de Valencia de los edetanos o del Cid, sus progresos, ampliación y fábricas insignes, con otras particularidades". Copia facsimil de Paris Valencia, 1979
[3] Pág 37 Bravo Navarro, Martín, Iglesia de San Juan del Hospital. Ed. Comisión Histórico-artística. Valencia 2000
[4] Pág 230. Plan Director del templo. Informe arqueológico. Valencia 2002
[5] nº 1902 del protocolo de Martín de Alagó, Archivo del Patriarca
[6] Pág. 36 Llorca, Fernando. San Juan del Hospital de Valencia. Fundación del siglo XIII. Ed. Prometeo, Valencia 1930
[7] Pág. 45 Bechmam, Roland. "Los dibujos técnicos del Cuaderno de Villard de Honmecout. Ed. Akals S.A. Madrid 2001
[8] Pág. 5. "La técnica de la construcción en la Antigüedad". Capitulo I, Ruiz de la Rosa, José Antonio. La representación gráfica de la arquitectura en la Antigüedad. Ed. Universidad de Sevilla. Sevilla 1998

[7].Pág. 45. Bechmam, Roland. "Los dibujos técnicos del Cuaderno de Villard de Honmecout. Ed. Akals S.A. Madrid 2001
[8] Pág. 5. "La técnica de la construcción en la Antigüedad". Capitulo I, Ruiz de la Rosa, José Antonio. La representación gráfica de la arquitectura en la Antigüedad. Ed. Universidad de Sevilla. Sevilla 1998.

INTERVENCIÓN EN UN PAISAJE CULTURAL: RECUPERACIÓN DE PATRIMONIO ETNOGRÁFICO EN RUBENA (BURGOS).

María de Smara Gonçalves Diez

A3GM Arquitectos.
Departamento Científico-Técnico. Escuela de Arte y Superior de Diseño y de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Burgos.
Burgos, España.

smara_gd@a3gm.es

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL.

Resumen

Los paisajes culturales de carácter etnográfico fundamentan su valor en que son el vehículo para el entendimiento de modos de vida del pasado. Por ello su recuperación no debe centrarse en aspectos materiales sino en la comprensión de la esencia del lugar. Se presenta aquí la intervención en uno de estos lugares, el entorno de la fuente, lavadero y potro en Rubena, realizada por el estudio A3GM Arquitectos.

Palabras clave

Intervención en el patrimonio, paisaje cultural, espacio público, recuperación funcional, lugar.



Foto 1. *Vista del entorno del lavadero después de la intervención.*

Introducción

Los esfuerzos en la valoración y protección del patrimonio arquitectónico han evolucionado desde la preocupación por la materialidad singular del monumento aislado hacia posiciones en las que lo verdaderamente importante son los valores inmateriales que se pueden vincular a ciertos conjuntos. Estos valores inmateriales son fundamentales para comprender la esencia de los pueblos pues son los generadores de la cultura. Por ello, al intervenir en estos lugares, las claves del análisis y la metodología de intervención deben corresponderse con su naturaleza, esto es, comprender la esencia del lugar de forma prioritaria. El proyecto no puede derivarse de análisis de tipo físico sino de la comprensión de esos valores inmateriales.

La primera reflexión es de carácter general: ¿qué podemos entender por *paisaje cultural*? Esta expresión alude a aspectos perceptivos, mediatizados por vivencias de tipo estético o sentimental, que tienen como génesis la actividad humana. La vinculación sentimental de las personas con un lugar es el elemento generador de memoria histórica. Esta memoria histórica es a la vez causa del valor patrimonial y garante de la eficacia de su conservación. Esa es la razón por la que los paisajes culturales de carácter etnográfico corren un riesgo de pérdida mayor que otro tipo de espacios patrimoniales, ya que su valor principal está en el recuerdo de usos y formas de vida que desaparecen en nuestra sociedad actual. De esta manera, aunque perviven aún en lo físico, pueden encontrarse ocultos en su dimensión de significado social.

Cuando se va a intervenir en un paisaje cultural de este tipo es necesario extremar la atención, pues una lectura inadecuada o un análisis que no tenga en cuenta todos los elementos que configuran el valor patrimonial del entorno, pueden conducir a soluciones que se limitan a renovaciones superficiales que no recuperan esos valores ocultos. Podemos decir que el objetivo no consiste en someter el entorno a una recuperación física de la que se derivan otros valores, sino favorecer el mantenimiento de las vinculaciones de las personas con el lugar mediante actuaciones de tipo físico. Son acciones sutiles, pequeñas intervenciones de puesta en valor que pueden volver a situar este espacio en la geografía vital de las personas que lo habitan para conseguir que vuelva a formar parte de su memoria histórica.

Análisis del lugar

En intervenciones de este tipo la reflexión previa al proyecto debe centrarse más en los aspectos históricos y sociales que en los materiales, pues el objetivo es comprender la esencia del lugar. Con este nivel de conocimiento se podrá dar una respuesta que, con coherencia histórica, pueda ser eficaz para las necesidades actuales de la población. Si existe aceptación social, el espacio volverá a recuperar un uso y la intervención será sostenible.

Aunque la localidad de Rubena se encuentra a unos siete kilómetros de Burgos, no ha estado sometida a los fuertes procesos de transformación urbanística de otros pueblos del alfoz burgalés. Por tanto, la estructura de su trama urbana mantiene el carácter tradicional. El objeto de intervención es un espacio público: el entorno de la fuente, lavadero y potro y el arroyo que nace de ellos y atraviesa el pueblo. Debemos reflexionar sobre el significado original de este tipo de ámbitos en un núcleo rural. Hay que valorar el hecho de que el modo de vida se ha mantenido sin alteraciones significativas desde la Edad Media. Los edificios singulares pueden ver condicionada su morfología por aspectos estilísticos, pero el caserío responde a necesidades funcionales, y estas varían de una forma mucho más lenta.

Dejando aparte a la calle, considerada esta sólo como vía de comunicación, podemos distinguir dos tipos de espacio público con funcionalidad de tipo social. La plaza es el lugar más reconocido porque se vincula tradicionalmente al poder. Este poder puede ser, por ejemplo, político, con la presencia del ayuntamiento, religioso, si existe alguna iglesia o convento, o económico, con el establecimiento de mercados diarios o semanales regulados. En ella se leen pregones o se celebran juicios. Es cierto que con la plaza se vinculan momentos de ocio y celebración, pero suelen tener también relación con el poder, en el sentido de que nacen de lo organizado: celebración de procesiones, fiestas en honor de los señores de la villa, corridas de toros, etc. El otro tipo de espacio público es el que está vinculado a actividades cotidianas del pueblo. Un elemento fundamental para el desarrollo de estas actividades es el agua. Por ello

estos espacios tienen como elemento básico de configuración una fuente. En los núcleos de mayor dimensión, con varias fuentes, algunas de ellas quedaron rodeadas por el caserío y posteriormente generaron plazas. En las pequeñas localidades es una constante mantener alguna de ellas en el borde del pueblo por necesidades funcionales, pues es el lugar adecuado para asearse al volver de una jornada de trabajo en el campo o dar de beber a los animales al llegar de viaje.

Alrededor de la fuente se construyen otras instalaciones que se complementan: un lavadero y un potro, para procurar el cuidado de la ropa y los animales, en el caso de Rubena. Este conjunto de elementos cumple una función social fundamental: es un espacio de reunión de carácter cívico, soporte tradicional de diferentes actividades que favorecían la convivencia. Las mozas con sus cántaros se encontraban con los muchachos que acudían a lavarse a la fuente después de sus tareas del campo, los hombres cuidaban a sus animales en el potro, las mujeres se ocupaban de la ropa en el lavadero y los viajeros aportaban noticias de otros pueblos. Hombres, mujeres y niños, locales y forasteros, conviviendo en un espacio plenamente funcional, un *lugar*, tal como lo entiende Marc Augé: el espacio donde se expresan la identidad, la relación y la historia, características que le son propias.

Intenciones del proyecto

En Rubena nos encontramos un espacio público con un origen de carácter cívico y popular. De unos modos de utilización de los recursos naturales se derivaron unas formas de relación entre las personas que han perdurado durante siglos. Sin embargo, en las últimas décadas se han producido alteraciones fundamentales en las actividades cotidianas de los habitantes del medio rural. El espacio pierde su uso, es progresivamente abandonado, se degrada y, como consecuencia, desaparece de la memoria de las personas.

Con esta intervención no se pretende recuperar una apariencia sino una funcionalidad. Es necesario hacerlo así porque sólo si se mantiene en uso, este espacio se conservará. Desde luego no es un objetivo recuperar actividades que no se corresponden con nuestro tiempo, sino lo que era consecuencia de ellas: que el ámbito pueda volver a ser un lugar de relación. Para ello es necesario favorecer el restablecimiento de los vínculos sentimentales: no transformar sino activar de nuevo la atención de la población hacia un lugar que sabe propio. Para conseguirlo se recurre a diversas estrategias complementarias. Una de ellas es la definición constructiva con materiales y soluciones sencillas que pueden ser ejecutadas por pequeñas empresas de la zona. De esta manera no sólo se recupera el lugar, sino que se incide en la economía cercana. Además, los obreros ponen especial cuidado en la ejecución de una obra que sirve para conservar el patrimonio propio.

Las soluciones deben ser económicas para que puedan ser asumidas por una localidad pequeña. Han de tenerse especialmente presentes los problemas de mantenimiento. No será suficiente con que las soluciones constructivas no demanden grandes esfuerzos de mantenimiento, sino que deben hacer que disminuya la necesidad de éste con respecto al estado previo, pues, como hemos visto antes, al desaparecer las necesidades tradicionales de uso, estos espacios apenas se mantienen, eso permite la degradación, y con la degradación llega la imposibilidad de uso.





Fotos 2 y 3. *Vistas desde la carretera antes y después de la intervención*

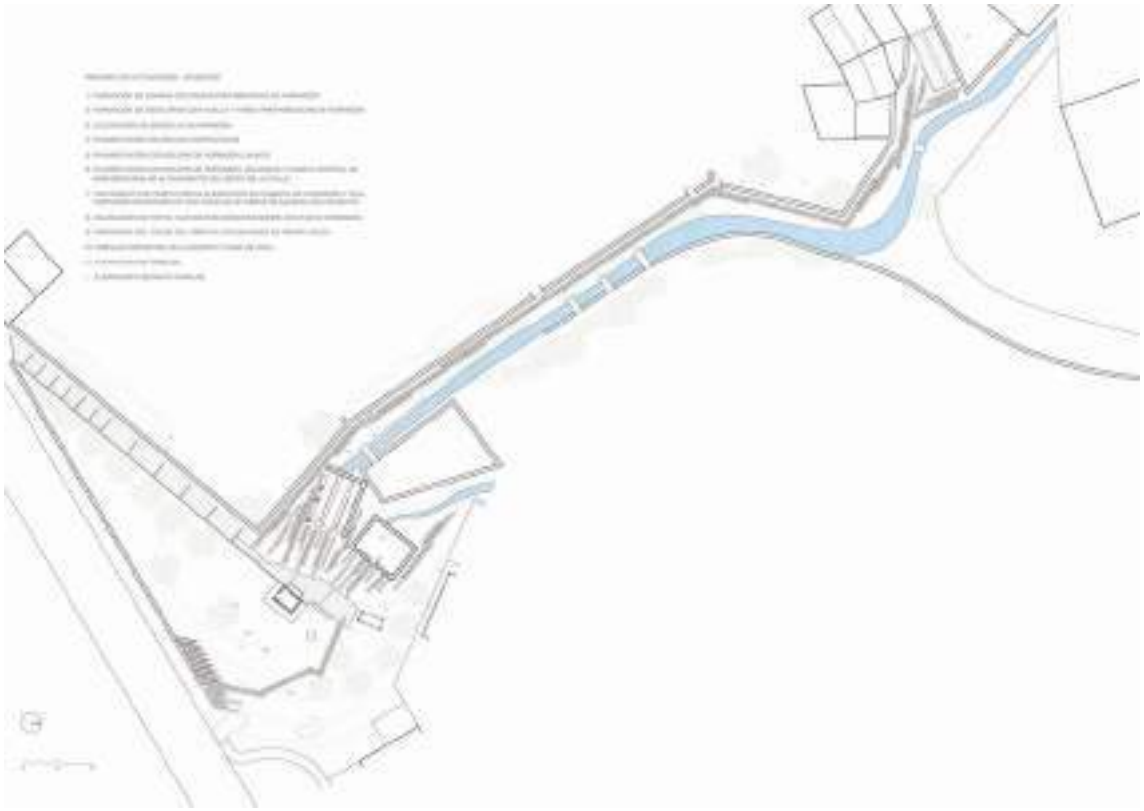


Foto 4. *Planta del conjunto*

Descripción de la intervención

La intervención subraya de forma sutil los valores del lugar. Este se encontraba degradado debido al desuso, a la falta de mantenimiento y a las intervenciones inadecuadas. El ámbito no cumplía condiciones de accesibilidad. Los recorridos no estaban definidos o eran intransitables por la vegetación. El entorno de la fuente se encharcaba formándose un suelo embarrado que imposibilitaba el paso. El potro se encontraba parcialmente caído. La caseta de la fuente, de construcción más o menos reciente, presentaba una materialización arquitectónica banal.





Fotos 5 y 6. *Vistas de la fuente antes y después de la intervención*

Se ha puesto cuidado en mantener el aspecto de *no urbanizado* del lugar. El suelo se ha tratado mediante arenas, gravas y piezas longitudinales de hormigón embutidas en el terreno. De esta forma se mejoran el drenaje y la consistencia. Las piezas de hormigón se han realizado in situ mediante zanjas. En el sendero que transcurre junto al arroyo, estas piezas sirven para evitar que la maleza cierre el paso ocupándolo por completo, así se reduce la necesidad de mantenimiento. Además crean efectos perceptivos de carácter paisajístico.





Fotos 7 y 8. *Vista trasera del lavadero antes y después de la intervención.*

Se han colocado gaviones de caliza blanca entre el arroyo y el sendero. Han sido realizados también in situ con malla de red hexagonal. Estos gaviones evitan que las plantas del margen del arroyo alcancen fácilmente el camino, y suponen una invitación al descanso.

Desde la parte alta de la carretera se ha creado una bajada escalonada configurada con tablones hincados en el terreno. El potro se ha restaurado y la caseta de la fuente se ha envuelto con una piel de tablero de madera y cemento formando un volumen abstracto.

Conclusiones

Mediante esta intervención el espacio ha vuelto a estar en uso. El tratamiento del sendero junto al arroyo ha definido un pequeño paseo arbolado que también permite el acceso a pie de los labradores a las huertas. El conjunto se ha recuperado como vía de paso y de relación social.

Bibliografía

M. Augé, “No-lugares y espacio público”, *Quaderns d’Arquitectura i Urbanisme*, nº 231, 2001.

F. Benito Martín, *La formación de la Ciudad medieval*. Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial. Valladolid, 2000.

J. L. García Fernández, L. S. Iglesias Rouco, *La plaza en la ciudad y otros espacios significativos*. Hermann Blume. Madrid, 1986.

J. C. Martín Cea, "Fiestas, juegos y diversiones en la sociedad rural castellana de fines de la Edad Media" en *Edad media. Revista de Historia*, nº 1. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Valladolid. Valladolid, 1998.

N. Pounds, *La vida cotidiana: Historia de la cultura material*. Editorial Crítica. Barcelona, 1992.

E. Rubio Marcos, *Arquitectura del agua. Fuentes de la provincia de Burgos*. Junta de Castilla y León. Burgos, 1994.



Foto 9. *Vista del sendero junto al arroyo.*

LOCAL BUILT HERITAGE
AN ANTIDOTE FOR GLOBALIZATION

Kiperman, Flavia Boghossian
Architect, M. Sc. PROARQ/FAU/UFRJ
flavia@bkarquitetos.com.br and flakiper@hotmail.com

SUBJECT AREA: PROJECTS OF INTERVENTION ON CULTURAL HERITAGE.

1. Introduction

The objective of this work is to exemplify technical interventions of protection and recovery of Historical Heritage in the city of Rio de Janeiro. Today, in the city centre, we find examples of civil architecture of the early 20th century, such as rows of two-storey houses, workmen's' homes, semi-detached houses, amongst others. Some of these constructions have not been maintained or preserved throughout the years and are therefore exposed to a variety of levels of degradation, resulting in a risk situation to the population and, in some case, the total loss of property of relevant cultural importance.

Considering that the basis of this study is a specific area of patrimonial preservation built in the city centre of Rio de Janeiro, the present article explores different results of restoration projects and interventions applied to rows of two-storey houses in this region. Moreover, this study discusses how to deal with preservation of cultural heritage when there is a conflict of interests between property owners, laws of restoration and public authorities. The main objective is to show the importance of patrimonial education to users of these properties, of awareness regarding international restoration laws of the involved technicians, and impartiality of supervisory bodies regarding the approval of proposed interventions.

2. Brief History

Studies for the recording of a historical site currently known as *Corredor Cultural* (or, Cultural Passage) in the centre of the city of Rio de Janeiro were initiated in 1979, and the specific law was approved in 1984. This area has a user population of approximately two million non-residents that make use of the almost 1300 properties of the eclectic period, most of which are used for commercial, institutional and religious purposes, among others. In the 80s, public authorities invested in urban rehabilitation works at the location to attract more users.

Until the mid 1970s heritage institutions did not acknowledge properties of the eclectic period onwards as liable to protection. Concurrently, most of these properties were preserved precisely due to the lack of interest of governing bodies in this area as new areas of the city were being rapidly exploited and occupied. Although there is almost a practice formula of building in this region, divided into long, narrow lots, each lot has its particularities and singularities that could be summarized as what we now call Eclectic Heritage of the city of Rio de Janeiro. They form a homogenous urban setting in both the road network and building typology and templates.

Historically, this area was, and still is, populated by immigrants that resulted in a constant discussion of multiple identities. In the beginning of the 20th century the Portuguese started building in this area and, by the first half of this century, Arabs, Armenians, Lebanese and Jews from western Europe arrived. At the start of the 21st century, local commerce changed hands and was mostly dominated by the Korean and Chinese. Many of the new occupants consider that cultural heritage belongs to the entire world and not just one location, showing interest in restoring their new property and curiosity regarding symbolic values of the area.

In addition, there are also immigrants that are not solely concerned with commercial activity. They also show interest in the memory that, to them, refers to their native country. These residents comply with legal duties regarding properties, but show none of the identity and

sense of belonging that is so common in merchants of the past, who built their lives there and slowly departed.

The profile of residents in these properties, namely in the studied area, is mainly traders, most of which trade in wholesale or imported goods. Trade in this area is targeted at people of lower social classes and that, in many cases, do not observe and identify there areas as cultural heritage. Another reason for this lack of interest is the bad state of conservation of these properties, lack of information and mainly the fact that trading is exploited extensively, almost aggressively, overlooking the area and surroundings as a whole.

For the last 30 years, a significant area has been recovered and outdoor billboards and posters have been standardized, producing a certain harmony and patrimonial consonance in the region. There are still many areas to be recovered and much work to be developed regarding the improvements of user population awareness for the realization of pending renovations and preservation of that which is valuable in the location. Awareness of residents and non-residents alike should create ties with the buildings they use, as heritage will only be preserved when the local population perceives this value.

3. Current panorama

Many professionals and owners are still unaware of the speciality of a cultural building and intervene in a manner that is always easier, convenient and/or less burdensome for them, causing a great risk to heritage. In many cases the owners themselves do not know of the architectural treasure they occupy and do not understand that it must be persevered and respected.

Projects and works in this region are supervised by the technical office of the *Corredor Cultural*. Technical responsibility for this office falls solely on the hands of the area coordinator. The team also includes two trainees and a secretary and, therefore, comprises four people who are responsible for more than 1500 properties in the centre of Rio. Therefore, one cannot help perceiving the human impossibility of adequate supervision of an area with all the cultural intervention requirements and characteristics without prejudice to one of the parties.

In addition, safety problems, installation of equipment that is essential for commerce, public wiring, among other issues, also influence intervention proposed for these properties.

Furthermore, architects specialised in restoration who hope to use heritage laws in favour of a job well done must mediate intentions and judgements of the values of all persons involved in the process. So, how does one deal with preservation of cultural heritage when there is a conflict of interests?

For many company owners in the location, the image of their recovered properties does not bring the expected return in sales and the cost of renovation exceeds by thirty the incentive offered by the government, namely partial exemption of municipal taxes. Other property owners, however, prefer to let their property gradually tumble than to renovate, leading to eventual abandonment of the building and sometimes making future renovation economically impracticable.

There is no law that states that a professional that works in this type of property must be specialized, leading to sometimes irreversible damage to patrimony. It is common to see interventions of unspecialized professional who perform restorations at any price and do not respect the singularity of the building. In this scenario, however, government bodies regularly approve projects and works mainly because the lack of precision and speciality of laws related to recording of cultural properties in this region lead to numerous interpretations, which then hinder implementation of international preservation laws.

In order to justify the atrocities committed against these buildings, technicians resort to this or that patrimonial chapter in accordance with the momentary intention, when what should truly prevail is the description and honesty, always avoiding imprinting ones mark. This action takes us to the following question: until when can intervention of a building without methodological and theoretical basis be considered viable?

Considering that an object, in this case a building, is inserted in a historical unit comprising cognitive and affective aspects, conservation of these buildings should be perceived from a more dynamic perspective than simply renovation. We must not think in terms of mere maintenance of a mortared city but in the conservation of wider cultural values that may have contributed to the consolidation of local identity.

In the context of urban rehabilitation, an area such as this must be adapted to the needs of modern life whilst respecting individuality of each property. They must fundamentally undergo transformations and adaptation that justifies their new use. The incentive of habitation in the location must always be considered to ensure use during work hours, and therefore avoid the formation of a deserted city during the weekends.

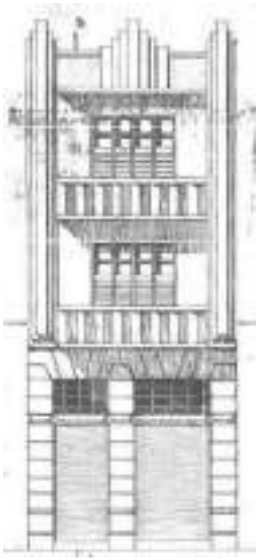
Introduction of new properties, of new facades, should be harmonious with the unit and local landscape. Projects cannot exclude either theory of renovation or technical knowledge of aesthetics, or even traditional values in favour of the logics of commerce and mass culture. The singularities of this community must be observed because heritage of a city is the best antidote for globalization.

I believe that, as Brandi emphasized, we must always seek potential unity *"insofar as this is possible without committing false art or false history, and without cancelling any trace of the landscape of the work of art in time"* (BRANDI, 1977:8).

Must we, as technician of cultural properties, suggest a certain sacrifice, replacement or modification of a tract with original material in order to preserve it from eminent ruin and maintain its urban setting? The importance and application of this query was analysed regarding six rows of two-storey houses in this region, in which applied laws of heritage were discussed with constant emphasis on the obtained practical results.

4. Objects of study

The rows of houses selected as objects of this study are located in the following addresses: Rua do Rosário, No. 150; Rua dos Andradas No.. 27; Rua Buenos Aires, No.. 298 and 296, and Rua Uruguaiana No. 138 and 140. All presented projects were approved by the corresponding supervisory body.



Facade plan of 1938
(archive CEDAE)



State in which it was found
(Boghossian, 1999)



Intervention
(Boghossian, 2000)

This property located in Rua do Rosário, No. 150 has an intense art-deco influence, and was completely disfigured at the start of the 70s. Its facade was fully altered in order to "modernize" and locate this property within the standard of its time, including the removal of part of the balconies. The original facade plan approved in 1938 allowed for recovery of all its

ornaments and details of the parapet. The colours, however, were chosen by the owners who sadly decided to adopt colours of their native country, Italy, in total discordance with the style, time and property itself. These colours were approved by the supervisory authorities.



State in which it was found
(Boghossian, 2006)



Intervention
(Boghossian, 2007)

The property located in Rua dos Andradas, No. 27 comes very close to what would be original in body and coping. Bedding, however was completely disfigured with marble plates. There was no register of original characteristics in old ground plans, iconographic material or architectural surveying. Embellishment was inserted to maintain the setting of the location and harmony of the facade, and so that the ground floor would not remain plane, in disharmony with the rich detail of the body.

The ground floor probably had three openings with wooden doors, as suggested in the architectural rhythm of the body. Supervision approved suppression of central pillars and replacements of the presumably original wooden doors with glass sheets to attend the current commercial use. Current legislation states, *"Preservation of the facade also comprises recovery of openings in the original design. However, in each case a solution must be found in relation to transformation; activity of the property, and area in which it is located." (*Municipal Institute of Art and Culture, 2002:34).

Adopting the justification that the "toothpick holder" formed by the pillars of the ground floor do not favour commerce, this type of mutilation is always approved, even in this case in which pillars would make little difference as openings would be closed with glass.



Photo archive
Santa Casa da
Misericórdia RJ (author
unknown, 1930)



State in which it was found
(Boghossian, 2005)



Intervention
(Boghossian, 2006)

Properties located in Rua Buenos Aires, No. 298 and 296 had completely disfigured bedding with beige marble plates vulgarly simulating flat steel lintels with masonry marquis. The property on the right, number 296 caught fire in the early 80s and was completely renovated, and therefore not liable for restoration.

Recovery of these properties was based on information found on location by means of architectural surveying and comparison, as number 298 is attached to number 300, on the left. Property number 296 was adapted to the existing property, without any form of false historical reference from the original with full arcs on the ground floor. However, material and design was in harmony with traditional typology of the area.

This work was performed by professionals with no experience in the area of cultural heritage resulting in deformed embellishment, and missing parts of the cast iron parapet were not redone. Finishing details suggested by the renovation project – such as details in stone and non-placement of exposed metal profiles and natural aluminium frames for the glass – were not performed with the allegation of: "...not being in accordance with standard finish of the company".





Facade of 1918
(archive CEDAE)



State in which it was found
(Boghossian, 2006)



Intervention proposal
(Boghossian, 2006)

Properties located in Rua Uruguaiana numbers 138 and 140 comprise a unit of sixteen rows of two-storey houses aligned in a block, forming a single shop where it is possible to walk inside and through all houses. The owner hoped to transform it all into a large area with uniform floors and banners, like a shopping centre.

The project was presented observing singularities of each property, with floor intervals between them and demolition of irregular floors, resulting in sixteen subtly interconnected shops with unaligned banners. Both of the mentioned properties are the only ones with fully mischaracterized facades. However, it was possible to recover the design of the facade using old designs and architectural surveying.

Sadly, this work was filed because of the high renovation cost despite approval of the entire project by supervisory authorities, resulting in yet another considerable surface left to abandonment. The justification is that total cost of renovation work would bring no return in sales. Therefore, both the block in question and the two adjacent blocks of shops with the same range of products and competitors continue with mischaracterized facades.

5. Conclusion

The projects presented in this study allow us to glimpse the fate of preserved properties in the city of Rio de Janeiro. It is very difficult to convince property owners of the importance of preservation, and I believe that this process should be the responsibility of governmental bodies. Patrimonial awareness alone can assure future preservation of these jewels.

The comparison between these rows of houses shows that, once work has been concluded, the owner rarely alters any demands of patrimonial entities, generating a series of false historical information and personal marks. Daily inspection does not seem to stop the installation of numerous concrete slabs and aluminium profiles under the concerned eyes of all those who care about this area. This type of activity disfigures both the inside and facades of many properties.

Most roads are closed to traffic granting permission for full use of pavements as an extension of shop windows, electric wires and telephones that line the fronts of facades and cannot be removed. Furthermore, works without signs to indicate fiscal approval also add to the motives adopted by owners before initiating intervention. Technicians may even provide suggestions but there is no way of obligating owners of a registered property to precisely follow approved plans. It is common to hear the excuse that "*if my neighbour did it that way, then so can I*...".

In order to emphasize the cultural memory of these buildings, there was an attempt at recovery of the original aspects of their facades, social and cultural dignity, and to enable buildings for new uses and reinserting them in the local urban setting. The City Council of Rio does, however, deserve some merit of these improvements. Public authorities should give greater incentive regarding the recovery of preserved properties. Incentives can include greater tax exemption, cleaning plans, lighting and public security. Tourist campaigns involving the area and educational material involving the population in the history of the city... in short, ideas are plentiful for the valorisation and introduction of this important architectural unit in the every day lives of the *carioca* (native of Rio) and tourist.

The project must be based on a complete graphical and photographic perspective with a detailed interpretation of elements presented by the building. We must propose that the monument undergo studies from three viewpoints: historical, artistic and static-constructive, and consider the possibility of minimal adaptation works that meet current needs and practical demands. Each case is difference and, according to the letter of Venice, restoration must always be an operation of exception nature.

We must always be on the lookout for those who wish to imprint their marks or mischaracterize built heritage with interventions and without necessary theoretic basis, and fight against immediatist and egocentric thought of many enemies of heritage.

Furthermore, we must avoid contradictions of information and bring theory into practice to avoid transformation of existing heritage into consumer goods and, consequently lose their main significance. In this way, it would be possible to also reassert diversity of Brazilian culture by adopting heritage as a form of identity, namely the identity of Rio.

5. Bibliography

Brandi, Cesare. "*Teoria del restauro*." Torino: einaudi, 1977

Choay, Françoise. "*Alegoria do patrimônio*". trad. Luciano Vieira Machado. São Paulo: Estação Liberdade and Unesp, 2001.

CURY, Isabelle (org). "*Cartas Patrimoniais*." Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Brasil). 2nd edition. See. Aum. Rio de Janeiro: IPHAN, 2000.

Instituto Municipal de Arte e Cultura (Rio de Janeiro, RJ). "*Corredor Cultural: como recuperar, reformar ou construir seu imóvel*." RIOARTE, IPP. 4ed. RJ: PCRJ, 2002.

LAS TORRES DE SERRANOS DE VALENCIA: PROCESO COMPOSITIVO. ESTUDIO Y CATALOGACIÓN DE LAS PIEZAS DECORADAS

Concepción López González (1), Ángeles Rodrigo Molina (2) Santiago Lillo Giner (3) y Jorge García Valldecabres (4),

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Escuela Técnica superior de Gestión en la Edificación. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 46020 Valencia, España

mlopezg@ega.upv.es (1), anrodmo0@ega.upv.es (2), sanlilgi@ega.upv.es (3) y jgvallde@ega.upv.es (4)

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

1.- INTRODUCCIÓN:

A raíz de la decisión del Ayuntamiento de Valencia de realizar una limpieza de la piedra de las Torres de Serranos se estableció un equipo pluridisciplinar de técnicos, cada uno de ellos experto en su materia, de forma que se abordara el estudio de esta significativa construcción desde diferentes ángulos. De esta forma, geólogos, biólogos, arquitectos, arquitectos técnicos, historiadores, licenciados en bellas artes, etc. nos implicamos en el análisis y estudio profundo, científico y técnico de la emblemática puerta. En el ámbito del área gráfica se establecieron tres objetivos: levantamiento de planos, determinación de las leyes de composición y proporcionalidad que rigen el diseño de las Torres de Serranos y el estudio pormenorizado y catalogación de la decoración esculpida en la piedra.Hasta este momento no se había realizado ningún estudio gráfico riguroso y completo, ni catalogación de las piezas decoradas de esta magnífica construcción. Gracias a esta iniciativa ha sido posible realizar un levantamiento de planos, donde la toma de datos se ha basado fundamentalmente en la realización de croquis tradicionales que apoyaron el levantamiento fotogramétrico.

2.- BREVE HISTORIA DE LA PUERTA DE ENTRADA A LA CIUDAD:

La Puerta de las Torres de Serranos de Valencia fue una de las principales puertas de la muralla denominada “cristiana” construida en el siglo XIV. Comenzaron a edificarse en 1392 con “cuanta piedra se encontraba por las calles y casas de Valencia” y vinieron a sustituir a la antigua puerta de la ciudad musulmana, denominada “Puerta del puente”. La construcción de las Torres fue dirigida por el maestro cantero Pere Balaguer “molt sabut en l’art de la pedra” a quien los Jurados de la ciudad le subvencionaron un viaje con el fin de estudiar otras puertas como el Portal de San Miguel de Morella[1] o la Puerta del Monasterio de Poblet[2] (ambas de finales del siglo XIV). Trabajó en ellas hasta el 7 de marzo de 1398, fecha en que concluyó su construcción. Las labores de construcción estaban muy especializadas y fueron edificadas con técnicas muy avanzadas para la época. Tras el trabajo de investigación realizado de la criptografía de este monumento, se desprende que existen del orden de 3.000 marcas de cantero, interviniendo 26 talleres en la construcción, aunque son 7 los que más trabajaron en ella. Pere Nicolau pintó y doró en 1394 las letras de la Puerta y las claves de las salas superiores.

Hay que señalar la introducción de grandes novedades en su diseño como es la tracería ciega con pináculos en los extremos sobre el arco de acceso que encuentra su homólogo en el “Micalet” y en el rosetón de la Catedral[3], ya que el maestro cantero también trabajó en estas dos construcciones[4]. En 1412 se incorporó el rastrillo y las puertas de madera de salida a la muralla. La construcción de la escalera de acceso a la primera planta se realiza al finalizar las obras de construcción. A partir de este momento se convirtió en la puerta principal a la ciudad y

en palco privilegiado para aquellas conmemoraciones especiales que se celebraban en la plaza posterior[5].



Monasterio de Poble



Puerta de San Miguel. Morella



Torres de Serranos. Inicio s. XX

En su larga vida han sufrido fuertes alteraciones, tanto en su uso como en su fisonomía. Albergó las cárceles de la ciudad para "nobles, cavallers i generosos" desde finales del siglo XVI (1586) hasta finales del XIX en que ya hacía tiempo que albergaban todo tipo de presos. Para adaptarse a este nuevo uso, se abrieron huecos para ventanas y se colocaron rejas por la parte exterior menoscabando su integridad física y perdiendo su carácter simbólico. Asimismo se cegaron las arcadas ojivales de la fachada recayente al lado de la ciudad y se construyeron forjados intermedios[6]. En 1775 se mandan derribar las almenas coronadas (según los grabados, estaban coronadas originalmente tal y como podemos verlas hoy en la Lonja). El año 1888 dejó de ser cárcel, quedando las Torres como Archivo Histórico Municipal y comenzando consecuentemente la restauración que le dio el aspecto que hoy conocemos. En 1892 Jose Aixa es reconocido como restaurador artístico y es precisamente a él a quien debemos todas las sustituciones de piezas labradas que decoran el monumento. Fue en esta reforma cuando se sustituyeron muchos de los arranques de los nervios y algunas de las piezas que decoran la moldura que recorre en todo su perímetro las diferentes fachadas y que se encuentra situada a 1/3 de la altura, inspirándose en los modelos antiguos mejor conservados. Del mismo modo se restauró la tracería gótica situada sobre el arco de acceso. De esta importante intervención no se tienen documentos gráficos y muy pocos documentos escritos por lo que hasta la actualidad se sabía poco de ella. Sin embargo ha sido posible comprobar todas aquellas piezas que fueron sustituidas gracias al trabajo de investigación que se ha llevado a cabo. Las obras de restauración continuaron de forma esporádica y en función de las necesidades hasta 1981 en que el arquitecto municipal Emilio Rieta López llevó a cabo una consolidación de las almenas así como de la cantería reparándose aquellos sillares que se encontraban en mal estado.

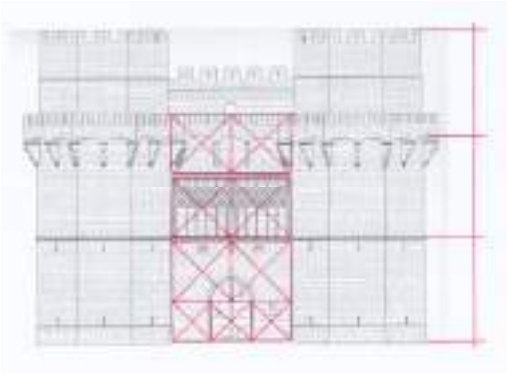
3.- LA GEOMETRÍA DE LAS TORRES DE SERRANOS:

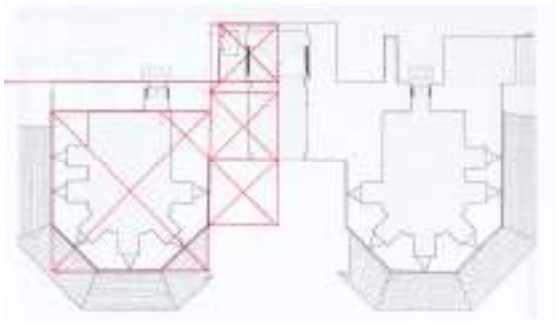
La geometría definidora de los espacios que componen esta gran construcción ratifica el elaborad diseño que el maestro Balaguer hizo antes de su construcción. La puerta está compuestas por tres cuerpos bien diferenciados: las dos torres laterales de defensa y un cuerpo central donde se ubica un espléndido arco de medio punto formado por estrechas y alargadas dovelas de piedra que le dan al conjunto una mayor elegancia y exquisitez.

Los espacios que se desarrollan en el interior de las Torres de Serranos, siguen fielmente las tradiciones góticas meridionales, haciendo especial hincapié en la idea de espacio único que caracteriza a casi todas ellas. Esta tradición proviene de aquellos edificios que se realizaron al a mediados y finales del siglo XIII, donde la carestía de medios y la premura de tiempo para construir obligó en muchos casos al uso de arcos diafragma[7]. Esta solución constructiva, es enriquecida con la introducción de la bóveda de crucería y los ábsides de planta poligonal (inicialmente eran de planta semicircular). La planta poligonal en las Torres de Serranos responde a una necesidad funcional defensiva[8] y al mismo tiempo a una tradición constructiva en los edificios góticos meridionales; tenía la ventaja de sustituir los ángulos rectos, muy vulnerables a los proyectiles y al ariete, por ángulos obtusos y su precedente podemos encontrarlo en las torres del homenaje inglesas de principios del siglo XIII[9]. Asimismo, sólo al final del siglo XII y en el siglo XIII se generalizó en la fortificación occidental el uso del matacán para los tiros verticales: el matacán descansaba sobre unos arcos extendidos entre los contrafuertes o sobre repisas[10]. Pere Balaguer conoce la importancia de estas mejoras al potencial defensivo de la muralla y lo aplica en la construcción de las Torres de Serranos, pero disponiéndolo como una galería continua que facilita la circulación a través de las torres de

flanqueo. Sin embargo, los nervios de la bóveda no siguen los esquemas estilísticos dominantes en el momento de su construcción, ya que abandona la solución de nervios moldurados y curvos por unos nervios rectos de sección poligonal. Esta austeridad de las formas empleadas refuerza la riqueza del espacio que definen[11].

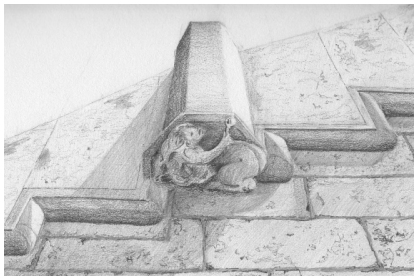
Analizando detenidamente la geometría que encierra las Torres de Serranos, se puede comprobar que son un alarde compositivo, desprendiendo proporción tanto en la organización espacial como en la descomposición geométrica de sus vistas y evidenciando un complicado proceso de diseño; El cuadrado es el trazado regulador que usa el maestro cantero para el diseño de plantas y alzados: Partiendo del cuadrado donde se inserta la torre de flanqueo, es posible componer el resto de la planta: Ochavando el cuadrado y utilizando el lado de este octógono construye un nuevo cuadrado (donde insertará el cuerpo central) de lado igual a dos veces el lado del octógono, donde se ubica la puerta de acceso. La continuación de la línea interior de la muralla determina el lado del cuadrado del cuerpo central recayente al interior de la ciudad. De este modo, queda diseñada la planta de las torres y cuerpo central en su exterior.
El cuadrado es la forma más empleada en las construcciones góticas, incluso algunos autores le han dado un significado mágico y Pere Balaguer, conocedor de la geometría, sabe utilizarlo para componer unas plantas perfectamente moduladas. El alzado se desarrolla a partir del cuerpo central: queda dividido en tres partes para ubicar el arco de acceso en el centro y sobre estos tres cuadrados se disponen otros dos cuyo lado es el igual al lado del octógono de cabecera de las torres en planta. Así queda determinada la altura a la que se sitúa la imposta que recorre las torres en todo su perímetro. Duplicando esta altura se sitúa la base de la barbacana y triplicándola se consigue la altura total de las torres de flanqueo. La tracería sobre el arco de acceso tiene una altura igual al lado del octógono. Así todas las medidas quedan perfectamente interrelacionadas consiguiendo un edificio perfectamente proporcionado.





4.- LA DECORACIÓN:
La severidad y austeridad de las formas impera en esta potente construcción, como es habitual en los edificios góticos de la Corona de Aragón. Sin embargo, encierra una variada decoración esculpida en la piedra. Quizás sea ésta la característica más novedosa de la emblemática puerta. Fue probablemente en el monasterio de Santes Creus donde el maestro cantero más se inspiró a la hora de diseñar la decoración de su grandiosa puerta (que posteriormente repetiría en el Miguelete y en la Catedral). Los motivos elegidos, tanto en la decoración interior como en la decoración exterior, tienen mucho que ver con los que Reinard des Fonoll realizó en el claustro del monasterio. El perro esculpido en una de las pilastras de la escalera de acceso al primer piso de las Torres de Serranos también lo encontramos en los sepulcros de las reinas como símbolo de fidelidad, de guardián y de guía. Los animales alados de los capiteles del claustro de Santes Creus se repiten en los canes de arranques de los nervios de la segunda planta como símbolos del bien según la simbología medieval. Asimismo, tanto en una construcción como en la otra aparece el “green man” (hombre verde, símbolo de la mitología celta) que representa a la naturaleza como el rostro de un hombre en el que de la boca le salen dos ramas: una representando el reino vegetal y otra representando el reino animal. También los grifos los encontramos en ambos edificios, como animal fabuloso, que en la simbología cristiana significa la salvación. Todas estas esculturas de los canes con motivos zoomorfos están ubicadas en la segunda planta de las Torres lo que implica que fueron realizados cuando la obra ya estaba próxima a finalizar. En las dos primeras plantas los

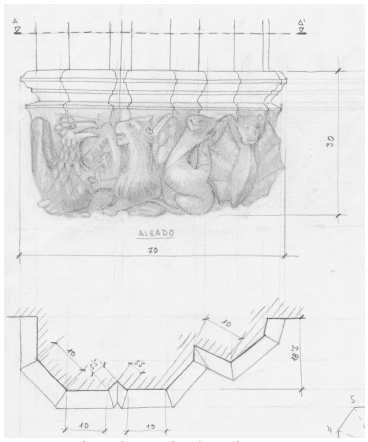
motivos de decoración son exclusivamente vegetales formados por hojas palmeadas de borde hendido parecidas a las de arce como las que vemos en los capiteles de la puerta y ventanas del palacio del rey Martí en Poblet, construido entre 1398 y 1399, nada más finalizar la construcción de las Torres, atribuidas a Françoy Salau[12] o en el pórtico de la iglesia del Convento de Sant Antoni en Barcelona, construido en 1430.



Perro esculpido en la escalera de acceso a las Torres de Serranos

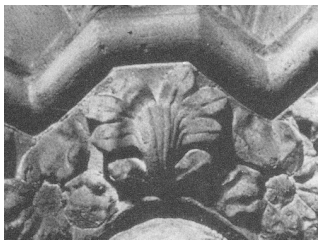


"Green man" en las Torres



Animales alados las Torres

Asimismo la imposta que recorre a un tercio de la altura las diferentes fachadas de las Torres de Serranos está compuesta por sillares labrados con motivos vegetales idénticos a los que decoran la capilla de Rosslyn en Escocia y no son los habituales entre las construcciones europeas del continente donde las hojas de acanto y los lirios de agua inundan cornisas y capiteles, tal y como podemos apreciar en los dibujos del cuaderno de Villard de Honnecourt[13]. Este hecho ratifica la idea de que existía una relación entre los maestros canteros ingleses del XIV (momento de cenit del gótico inglés) y los de la Corona de Aragón además de las influencias francesas y flamencas aceptadas por diversos autores[14].



Hoja labrada en la capilla de Rosslyn



Hoja labrada en la imposta exterior de las Torres

5.- LA CATALOGACIÓN:

El trabajo de investigación llevado a cabo para realizar el inventario y la catalogación de las piezas de piedra labrada existentes en la Torres de Serranos se realizó dibujando y midiendo, de forma sistemática, todos y cada uno de estos sillares decorados, lo que permitió establecer las diferentes tipologías existentes basándonos en una clasificación según los motivos de decoración empleados. El estudio se dividió en dos ámbitos bien diferenciados: la decoración interior y la decoración exterior de las fachadas.

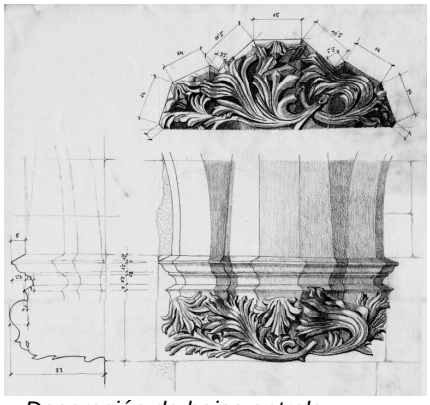
La **decoración interior** está constituida fundamentalmente por las piedras esculpidas de los canes de arranque de los nervios de las bóvedas de crucería, estableciéndose siete tipologías diferentes :

Cuatro de estas tipologías son de motivos vegetales:

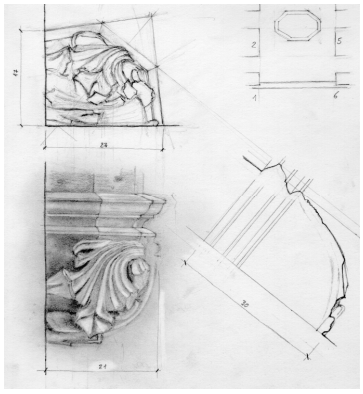
1.- Entrelazada: Canes compuestos por hojas palmeadas de borde hendido donde las hojas de lo extremos (que recuerdan las hojas de acónito) se retuercen y entrelazan en el centro del can en su parte baja y son cubiertas por una hoja central también palmeada de borde hendido que recuerda la hoja de arce. Esta tipología es la más complicada en sus formas ya que las diferentes hojas que componen el can se entrelazan entre sí y se retuercen en sí mismas creando una maraña de motivos vegetales:

2.- Geométrica: canes donde las hojas tienen unas formas más geométricas y sencillas, buscando curvaturas más simples y aristas más vivas:

3.- Suave: es aquella en que las hojas adquieren unas formas más suaves y ondulantes, de superficies más extensas y lisas. Son hojas palmeadas de borde entero:
4.- Nervada: Por último la cuarta tipología de motivos vegetales es aquella cuyas hojas son parecidas a las de la tipología suave pero con los nervios notablemente más marcados



Decoración de hojas entrela



Decoración de hojas geométricas

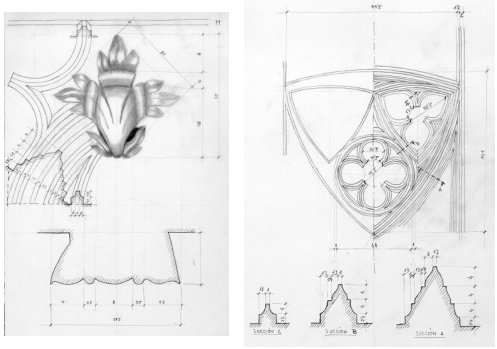
Existen otras tres cuyos elementos decorados se basan en motivos zoomorfos cuyos antecedentes podemos buscarlos en los capiteles del claustro del Monasterio de Santes Creus como ya vimos en el apartado anterior:

5.- Canes compuestos por animales mitológicos, dragones. Sólo aparecen en canes de esquina.
6.- Canes con águilas y animales alados. Sólo aparece uno en la torre de levante en la segunda planta.
7.- Can con un rostro humano de cuya boca salen dos hojas, una hacia cada lado del can. Es el denominado "green man" inglés. Sólo existe un can de este tipo en la planta segunda de la torre de poniente.

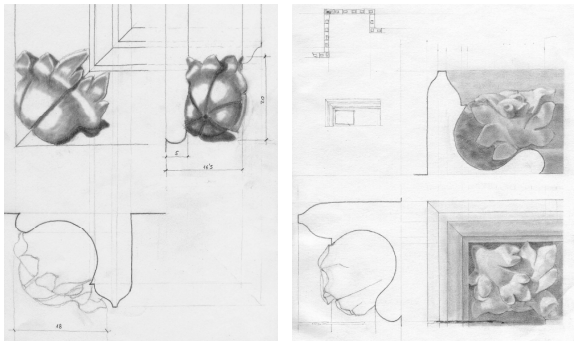
La **decoración exterior** la encontramos en tres ámbitos muy concretos La tracería ciega situada sobre el arco de acceso, la imposta que recorre todo el perímetro de las torres a un tercio de su altura y las ménsulas de apoyo de la barbacana.

La tracería se encuentra situada sobre el arco de acceso en el alzado norte. Toda ella fue sustituida a comienzos del siglo XX, dejando como muestra de las antiguas piezas labradas las que se encuentran en las esquinas superiores. En total aparecen 15 tipologías diferentes de piezas labradas con motivos vegetales, que se repiten de forma aleatoria, es decir, no se encuentran colocadas siguiendo un orden compositivo, sino que su localización está determinada por el azar. Se advierten cuatro niveles de decoración correspondiéndose con cuatro alturas diferentes donde el tamaño de las piezas varía de unas a otras siendo de 21 x 21 cms. excepto en el tercer nivel que son de 15 x 15 cms.

A lo largo de la imposta han sido localizadas 190 piezas labradas de un tamaño de 23 x 14 cms. aproximadamente. Todas ellas quedan determinadas en unas fichas creadas para el inventario y localizadas mediante un esquema general de cada uno de los alzados dónde aparece la pieza.



Dibujos de detalle de la tracería cie



Dibujos de detalle de la imposta exterior

Existen 26 ménsulas de **apoyo de la barbacana** de las cuales 22 tienen forma escalonada y disponen de un pequeño can esculpido en su extremo inferior. Las otras 4 son de tamaño mayor con forma troncopiramidal invertida y profusamente decorada a base de molduraciones labradas en la piedra. Los elementos labrados de los canes escalonados tienen unas dimensiones aproximadas de 48 x 17 x 25 cms. Los canes más grandes están basados en un octógono de 55 cms. de lado aproximadamente en su parte más ancha. De cada una de las piezas de decoración descritas se realizó una ficha de inventario donde aparece una descripción del elemento, el dibujo acotado, una fotografía, la tipología a la que pertenece y su localización.

BIBLIOGRAFIA

- ALTARRIBA E., BALUJA J. *Santes Creus* Ed. La bola de vidre. Valls, 1997
- CARBONERES Y QUILES, Manuel. *Nomenclátor de las puertas, calles y plazas de Valencia.* Valencia 1873. Copia facsímil París-Valencia 1980
- DORDA, Juan. *La Torres de Serranos. Documentos Académicos (1392 – 1871). Archivo de Arte Valenciano.* Año I, 31-III-1915. Nº 1. Pag. 3-14
- LLORENTE, Teodoro.*Valencia, sus monumentos y artes. Su naturaleza e historia.* Tomo I. Pag. 529 y siguientes. Ed. De Daniel Cortezo. Barcelona 1887. Copia facsimil Ed. Albatros. Valencia 1980
- ORELLANA, Marcos Antonio de. *Valencia antigua y moderna.* Tomo II. Pag. 538 y siguientes Acción Bibliográfica Valenciana. Valencia 1924. Copia facsimil París-Valencia. Valencia 1985
- ROSSELLÓ V., ESTEBAN CHAPAPRÍA J. *La fachada septentrional de la ciudad de Valencia.* Bancaja, Valencia,2000
- VVAA. *Las Torres de Serranos. Historia y Restauración.* Ed. Ayuntamiento de Valencia. Valencia, 2003
- VVAA. *Patrimonio monumental: Intervenciones recientes.*Ed. ICARO. Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana. Valencia, 2004

NOTAS:

[1] Las murallas de Morella se construyen entre 1358 y 1414

[2] La puerta real de Poblet se construye a instancias de Pedro III en 1369 (Dalmases N. – José i Pitarch A. "Historia de L'Art Catalá. L'Art Gòtic s. XIV-XV". Edicions 62. Barcelona, 1984. pag. 58)

[3] Muchas de las marcas de cantero del "Micalet" coinciden con las encontradas en las Torres de Serranos.

[4] En 1410 trabajaba ya en la Catedral y en 1414 colaboró en las obras de construcción del Miguelete. También trabajó de 1406 a 1411 en la iglesia gótica de Santa Catalina.

[5] los monarcas que llegaban a la ciudad entraban siempre por esta puerta

[6] Según el historiador Manuel González Simancas los calabozos se encontraban en la parte superior cercana a la bóveda de cubrición de las salas y en la parte inferior se ubicaba la capilla en la torre de poniente y la sala de la Comuna y las letrinas en la torre de levante. Sobre los calabozos existía un pequeño recinto llamado "La Saleta" que era la celda donde pasaban el último día antes de morir.

[7] Casi todos los monasterios de órdenes militares y del cister mantenían este sistema constructivo en sus edificaciones: dormitorio de los monasterios de Poblet o Santes Creus o las iglesias de Santa Margarida en Mallorca, la Sangre en Liria o San Feliu en Játiva son ejemplo de ello.

[9] La planta poligonal en las torres de defensa la encontramos en diferentes ejemplos del gótico meridional como es en las puertas del Monasterio de Poblet o en la iglesia del monasterio de Pedralbes en Barcelona, construida en 1327, setenta años antes que las torres de Serranos.

[10] De Boüard – Riu "Manual de arqueología medieval. De la prospección a la historia". Ed. Teide. Barcelona 1977 pag. 137.

[11] De Boüard – Riu "Manual de arqueología medieval. De la prospección a la historia". Ed. Teide. Barcelona 1977 pag. 133 y siguientes.

[12] Es la misma solución que encontramos en el Salón del Tinell del Palacio Real de Barcelona construido en 1359.

[12] Esto implica que la decoración de las Torres está influenciada en las dos primeras plantas por el arte francés, pero son un precedente de la escultura de Poblet.

[13] Concretamente en las láminas 10, 15, 43 y 57 (Erlande-Brandenburg A. - Pernoud R. – Gimpel J. – Bechmann R. "Villard de Honnecourt". Akal S.A., Madrid, 1991)

[14] DALMASES Y JOSE PITARCH "Historia de l'Art Catalá". Tomo III.

RESTAURACIÓN DE LA IGLESIA DE SAN JERÓNIMO. BENFERRI (ALICANTE).

Louis Cereceda, M. Spairani Berrio, Y. Prado Govea, R.
Departamento de construcciones arquitectónicas. Universidad de Alicante. CICOP Alicante.

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Palabras claves: Arquitectura, restauración, iglesia.

Resumen

En el presente trabajo se exponen las actuaciones llevadas a cabo para restaurar una pequeña iglesia de la Vega Baja del Segura, en la que se han empleado distintas técnicas de última generación en el campo de la intervención arquitectónica como es el sistema “Cintec” para el tensado de muros o el “Cupulex” para la ventilación bajo suelo, además de morteros de saneamiento, debido al estado de saturación de agua que presentaban sus muros y pilastras.

Introducción

Por parte del obispado Orihuela-Alicante y del párroco de la iglesia, D. Amador Romero Romero, se realizó el encargo, formalizado mediante un convenio con la Universidad de Alicante. La obra la realizó la empresa constructora San José.

La localidad de Benferri está situada en la huerta de Orihuela, en un terreno llano drenado por la rambla de Albanilla, afluente del río Segura. La iglesia se encuentra en el centro de la población, con la fachada principal (Fig. 1) en la denominada plaza de la iglesia y las fachadas laterales a dos pequeñas calles. Las edificaciones del entorno son todas de poca altura, aunque apenas permiten percibir la torre que sobresale entre ellas. En la parte lateral izquierda tiene adosada la casa parroquial.

La plaza es el núcleo de la ciudad histórica, conectándose con otra plaza de mayor rango aunque más moderna, en la que se encuentra el ayuntamiento, por lo que en este espacio urbano se concentran los edificios más emblemáticos de la población.



Fig. 1 Fachada antes de la intervención

Estudio histórico

En 1494 se sabe que el lugar de Benferri no era más que una torre en torno a la cual iniciaron la construcción de casas para ser habitadas por colonos D. Jaime de Rocamora. En 1619, alcanzadas las quince casas necesarias, se obtiene la jurisdicción alfonsina constituyéndose como municipio con personalidad jurídica pero dentro del término de Orihuela, de cuya jurisdicción se independiza en 1622 (1).

En la zona existía una ermita dedicada a Santiago el Mayor desde 1470. El edificio debió caer en ruina y en su lugar se levantó un nuevo templo en 1619 que su mecenas, D. Jerónimo de Rocamora y Tomás, señor de Benferri, lo dedicó a San Jerónimo. El templo actual, que sustituyó al anterior, se comenzó en 1718 acabándose en 1722, en un estilo renacentista tardío, próximo al barroco clásico, aunque poco queda de su arquitectura original.

En efecto, se han realizado reformas posteriores, entre los años 70 y 80, que afean el templo y ocultan su imagen original, como el revestimiento de la fachada con zócalo de piedra y granulite o el pavimento interior de terrazo,. También se sustituyeron la mayoría de las cornisas y adornos interiores por piezas prefabricadas de hormigón.
En el 2004 se reparó la cubierta de la cúpula y se colocaron placas de escayola en las paredes y pilastras interiores, con el fin de subsanar los daños causados por la humedad.

Descripción arquitectónica

El lenguaje arquitectónico de la iglesia es el barroco clásico de influencias italianizantes que se utilizó con profusión en la zona en la primera mitad del siglo XVIII. Se trata de un templo de nave única con capillas laterales entre contrafuertes, estando estas comunicadas entre sí al estar perforados los contrafuertes, aproximándose por tanto al tipo de tres naves. Las pilastras dividen la nave en seis tramos, situándose en el de los pies, el coro y la torre del campanario. El del crucero es mucho mayor, estando cubierto por una cúpula soportada sobre pechinas y con linterna, situándose posteriormente el presbiterio y el altar. A la izquierda se encuentra un ala alargada y al fondo la capilla de la virgen. Junto al altar hay un cuerpo de edificación adosado que sirve de sacristía y detrás, el camarín con San Jerónimo.

A los pies se encuentra la fachada, de 13 m de ancho, con el pórtico de acceso centrado y rematado en dintel recto, un escudo nobiliario, una ventana y la espadaña. La torre campanario está a la derecha, formada por tres cuerpos e integrada en el edificio. Sobre la entrada, en el interior, se encuentra el coro de reducidas dimensiones.

La bóveda principal es muy rebajada con arcos fajones que están ligeramente resaltados. Las laterales son de aristas y son las originales. La ornamentación es escasa, limitándose a unas franjas de color ocre en las cornisas y a unas vidrieras de corte moderno. Lo más interesante son los altares, especialmente el mayor dedicado a San Jerónimo (Fig. 2).



Fig. 2 Interior del templo con el altar de San Jerónimo

Características constructivas.

Los muros tienen espesores de 65 y 80 cm y están realizados en fábrica de mampostería, reforzada puntualmente con arcos del mismo material y debía estar revestida externamente con mortero de cal, aunque actualmente en las zonas reparadas de fachada es de piedra caliza gris hasta la altura del pórtico y el resto de granulite crema.

Las bóvedas están realizadas con revoltón de ladrillo. El tambor de la cúpula fue reparado en 2004 y estaba pintado externamente en verde y cubierto con teja nueva. Internamente el revestimiento es de yeso aunque también se reparó el zócalo con mortero de cemento, que

posteriormente ha sido tapado con tabique prefabricado de escayola y un revestimiento de madera de pino de 1 m de altura. Los capiteles y cornisas son de prefabricados de cemento en su mayoría (arcos y cornisa superior), que debieron colocarse en los años 80 sustituyendo a los originales, aunque la cornisa intermedia sigue siendo de piedra, que estuvo antiguamente pintada con azulete.

El pórtico está revestido de piedra caliza Capri en sus jambas y dintel, con zócalo de mármol crema. La capilla del bautismo tiene un zócalo de piedra de Bateig.

Los pavimentos originales debían ser todos de mármol blanco, ya que el altar está así pavimentado con el escalón de acceso en piedra jabalina. Los altares laterales, la capilla bautismal y el umbral del pórtico de acceso son del mismo material. Los pavimentos actuales son de terrazo de grano grueso de color crema claro en las naves y se mantiene el de mármol blanco en el presbiterio.

Estudio diagnóstico

Tanto la cimentación como los muros perimetrales se encontraban en un relativo buen estado general, presentando algunos asientos puntuales y pequeñas lesiones.

En el muro del altar había unas grietas verticales ocasionadas, con toda probabilidad, por un leve asiento del mismo y un vuelco hacia el exterior debido a su propio peso. También había grietas en las bóvedas de las capillas laterales, principalmente en las de la derecha. No ocurría lo mismo con la estructura del interior. Se apreciaban movimientos con asientos de las pilastras del lado izquierdo según se accede por el pórtico, especialmente en la del crucero, que se manifestaban en hundimientos en el pavimento y grietas en las bóvedas, incluso en el muro lateral de la capilla de la virgen. Los arcos torales de la cúpula estaban abiertos en su centro y en la unión con la bóveda. La propia cúpula presentaba las típicas grietas en gajos de naranja que se producen por aplastamiento.

Se detectaron filtraciones de la cubierta en la zona de la izquierda donde el edificio adosado de la casa parroquial estaba ocasionando estancamientos de agua, y tenía las tejas desplazadas o rotas lo que producía la entrada de agua al interior.

Al estar el suelo de la nave por debajo del nivel de la calle, el agua de lluvia penetraba al interior habiéndose producido una inundación importante en el año 2001. Además, el nivel freático del terreno está muy alto, lo que provoca un continuo aporte de agua a los muros y pilastras.

Por ello en 2004 se adoptó la solución de cubrir los paramentos con “pladur” y un zócalo de madera de pino, colocando pequeñas rejillas de ventilación arriba y abajo del mismo. Si bien con ello apenas se percibían puntualmente los daños causados por la humedad, esta se mantenía en niveles muy elevados, comprobado por el fuerte olor y mediante el humidímetro en las zonas no cubiertas.

Tanto interna como externamente se manifestaba la ascensión de agua por capilaridad con aporte de sales solubles a los muros, que producen el desprendimiento del revestimiento al cristalizar con aumento de volumen (2 y 3). La capilla de la comunión era la zona más afectada, con presencia de sales en su zócalo de piedra, junto al camarín de San Jerónimo en el que se habían caído piezas de azulejo del revestimiento.

A continuación se exponen los resultados de los análisis realizados a las fábricas.

Ultrasonidos

Se ha empleado el aparato de ultrasonidos siguiendo la metodología descrita por Facaoaru & Lugnani (4 y 5). Para su interpretación se ha tenido en cuenta que los valores altos de dicha velocidad determinan una mayor densidad del material, mientras que los bajos definen mayor porosidad o discontinuidades como grietas pasantes.

Se deben comparar los valores obtenidos con otros tipificados como pueden ser los de 1500 m/seg en fábricas de mampostería o los 3000 m/seg en areniscas y calizas compactas. Estas velocidades están directamente relacionadas con la resistencia mecánica a compresión en una proporción aproximada de 1/4,5.

Siempre que ha existido señal se han obtenido valores bastante similares, entre 811 m/seg y 2540 m/seg siendo los valores más altos los que corresponden a capiteles y muros transversales, mientras que en los pilares se han obtenido valores muy inferiores y más dispersos, entre 0 m/seg y 1296 m/seg unas cifras que demuestran la oquedad en la unión entre piezas de la fábrica, que llega a no dar señal en dos de las tomas, causa clara de la falta de continuidad.

Si nos referimos a la resistencia a compresión podemos decir que esta varía entre los 170 y los 550 Kg/cm^2, siendo por tanto suficiente en todos los casos, dadas las cargas estimadas que soportan las pilastras y transmiten al terreno.

Análisis de la humedad

Una de las causas más frecuentes de los daños en los edificios es evidentemente la presencia de humedad por la capacidad de disolución y transporte de sales que tiene el agua, por la hidratación que produce en algunos minerales y por su carácter de catalizador en las reacciones químicas (6).

Para conocer el grado de humedad en todo el perímetro interior del edificio, además de la observación visual, se ha empleado el humidímetro “Protimeter”, aplicándolo en superficie en 35 puntos. También se han realizado mediciones con sonda para testar el interior de los muros. Prácticamente en todos los casos los muros estaban saturados de agua, lo que explica el intento por varios procedimientos de evitar o al menos paliar, los daños causados por la humedad (revestimiento con cemento y recubrimiento con pladur).

Se puede deducir de esto que la humedad está generalizada, procediendo del terreno, ya que el nivel freático está muy alto, y se mantiene incluso en verano ya que, al ser la fábrica del muro muy permeable y el zócalo más impermeable, el agua se retiene en el interior, evaporando por encima del zócalo.

Estos datos permitieron deducir la necesidad un tratamiento específico para evitar la ascensión capilar del agua.

Descripción de la solución

La finalidad era conseguir frenar los procesos de deterioro y además recuperar el aspecto original del edificio, especialmente aquellos aspectos arquitectónicos desvirtuados por las intervenciones agresivas.

Las propuestas realizadas iban encaminadas a resolver los problemas estructurales así como a restaurar el interior del templo y las fachadas. El esquema de las propuestas fue:

1º Refuerzo de las zonas del terreno y cimentación que se consideran en situación de sobrecarga, con ampliación de las zapatas así como de la estructura de muros y bóvedas.

2º Reparación de las grietas con acuñados en arcos y bóvedas, rellenándolas con mortero de resinas en todos los casos.

3º Reparación con reposición de la teja e impermeabilización de la cubierta y resolución de la evacuación de aguas de la misma y de la calle.

4º Tratamiento para evitar la humedad tanto externamente, mediante barrera impermeable, como internamente, con formación de forjado de saneamiento y con revestimiento de mortero desecador.

5º Reposición de revestimientos y pinturas en paredes y techos. Sustitución del pavimento en la zona en que se levante.

6º Restauración de fachadas con reposición de piezas en el pórtico y pintura en todos los frentes.

Ejecución

En la fase de excavación apareció una cripta con restos humanos que pertenecía a la familia fundadora de la iglesia y que se inundaba con las lluvias, por lo que se dedujo que era una de las causas de la persistencia de la humedad (Fig. 3). Se realizó el refuerzo de zapatas con recrecido de hormigón armado uniéndolas mediante correas para evitar los empujes laterales. Para la aireación del terreno se realizó un forjado sanitario mediante encachado de grava y el sistema “cupulex” de casetones plásticos interconectados y con ventilación al exterior (Fig. 4).

Se pavimentó toda la nave con mármol blanco Ibiza dejando un registro para la cripta.



Fig. 3 Aspecto de la cripta



Fig. 4 colocación del cupulex para aireación del suelo

Los muros afectados por asientos y que presentaban grietas se cosieron mediante el sistema “Cintec” a base de taladros en el núcleo del muro, introducción de barras tensadas y protegidas por una inyección de mortero que las traba con la obra y evita el posterior destensado, quedando todo ello oculto en el interior del muro (Fig. 5).

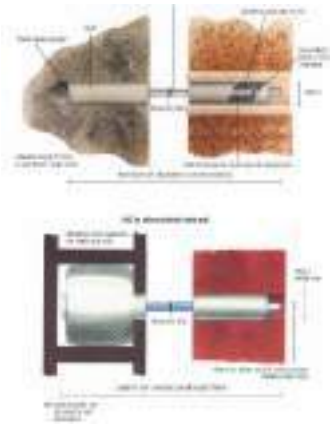


Fig. 5 Sistema “Cintec”



Fig. 6 Interior restaurado

En el interior se sellaron las grietas con mortero aditivado con látex, se eliminaron los añadidos y se picaron los morteros, dejando a la vista una estructura de ladrillo macizo tomado con mortero de yeso de muy baja capacidad portante. Se aplicó un mortero de saneamiento en el zócalo, sistema muy eficaz para eliminar la humedad (7). Se repintó completamente y se recuperó cromáticamente el estilo clasicista original (Fig. 6).

Por último se pretendía adecuar el aspecto exterior del edificio a su simbolismo dentro del paisaje urbano, por lo que se procedió al repintado de todas las fachadas, tanto la principal como las laterales que sobresalen en las medianeras (Figs. 7 y 8).



Fig. 7 Fachada restaurándose



Fig. 8 Fachada y torre terminadas

Bibliografía

(1) VIRAVENS PASTOR, V. Crónica de la Muy Ilustre y Siempre Fiel Ciudad de Alicante, 1876. Reeditado en Alicante, 1976.

(2) LA IGLESIA, A., LOUIS, M., BERNABEÚ, A. y GARCÍA DEL CURA M. A. (2005). Eflorescencias salinas en monumentos en clima semiárido: el Caso del Puente Viejo de Elche (Alicante). Macla 3, 115-116.

(3) LOUIS M., GARCÍA DEL CURA M.A., SPAIRANI Y., DE BLAS, D. (2001): Los palacios civiles de la calle Gravina de Alicante: las piedras utilizadas en su construcción y su alteración por sales. Rev. Materiales de Construcción, Vol.51, nº 262. C.S.I.C. Instituto C.C.E.T., Madrid, junio 2001.

(4) I. Facaoaru and C. Lugnani (1993). Contributions to the diagnosis of stone and concrete historical structures using non-destructive techniques London ; New York ;: E & FN Spon, Vol. 1, 14 p.

(5) Rilem NDT-1. *Recommendations for testing concrete by the ultrasonic pulse method.* Materials and Structures, n. 2, 1969.

(6) BRADLEY S and THICKETT D. (1992). An investigation into the movement of moisture and soluble salts in stone. Preliminary observations and experiments. 7 th. Int. Cong. on deterioration and conservation of stone. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon.

(7) LOUIS M., SPARIANI Y., CHINCHÓN S. (1997). Study of treatments for the elimination of soluble salst and dampness in the repair of coating stone buildings. 4th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean. Rodas, pp. 177-191.

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN PARA EL ALFARJE DE LA SALA DORADA EN LA LONJA DE LOS MERCADERES DE VALENCIA

[(1)]M. Martínez, [(2)]V. Vivancos, [(3)]M.Ramírez, [(4)]J. L. Montalvá
[(1) (4)] Programa Forum UNESCO, Universidad y Patrimonio, Universidad Politécnica de Valencia.
[(2)] Dpto. Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Universidad Politécnica de Valencia.
[(3)] Dpto. Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 46022, Valencia, España.
mmarva@csa.upv.es [(1)]

MÓDULO I: CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO
ÁREA 3: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO

RESUMEN:

La construcción del alfarje comenzó en 1418, para decorar la Sala del Consejo Secreto o Sala de los Jurados, de la Casa de la Ciudad, antiguo Ayuntamiento de Valencia desde 1311 y en él se plasmaron escenas no religiosas, innovadoras para la época. En 1860 el edificio fue derrumbado a causa de un grave incendio y muchos de sus bienes se pudieron conservar, entre ellos el alfarje que se almacenó de forma desidiosa durante 59 años. Después de tanto tiempo, parece increíble que esta singular obra, y a pesar de todos loa avatares sufridos, se haya salvado prácticamente de forma íntegra. La constante preocupación por parte de los ciudadanos valencianos, conocedores de la obra, aunque no de su exacta ubicación y estado de conservación, durante este largo tiempo, fue el revulsivo imprescindible para que el alfarje se volviera a recuperar y las autoridades decidieran colocarla donde se encuentra actualmente, en la Lonja de los Mercaderes de Valencia. La obra fue creada para un edificio con funciones civiles, y el más adecuado para devolverle su brillo, sin duda alguna, fue la Lonja, pues el alfarje, aún habiendo sido reubicado en un emplazamiento que no es el original, no ha perdido su esencia. Además, al nombrar Patrimonio de la Humanidad a la Lonja en 1996, el alfarje, como parte del edificio, también queda incluido dentro del nombramiento.



Foto 1: Imagen general del alfarje



Foto 2: Estructura arquitectónica general del Alfarje

PALABRAS CLAVE: alfarje, madera, policromía, dorado

INTRODUCCIÓN:

El alfarje se trata de una obra pictórica con función estructural, compuesto por un complejo entramado de piezas arquitectónicas, en su mayoría de madera, localizas en su interior y en la cara visible está compuesto por planchas también de madera, doradas y policromadas. La técnica de ejecución de las piezas visibles es temple al huevo, ejecutada en el siglo XV. Su estado de conservación en general es aceptable, aunque se debe diferenciar entre la parte arquitectónica y la parte pictórica. En su estructura las piezas más dañadas son las de madera y las piezas que confieren la parte pictórica. Tras desarrollar durante varios años un exhaustivo estudio de la pieza en la actualidad el equipo de investigación se encuentra capacitado para emitir y proponer una propuesta de intervención real. Pasamos a desarrollar una posible propuesta de intervención, ya que su estado de conservación, aunque es aceptable, las policromías es lo que más se aprecia cuando se visita la sala.

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DE LAS POLICROMÍAS:

La propuesta de intervención para restaurar las policromías del alfarje, en principio, deberá tener un orden de trabajo condicionado por la colocación de cada una de las piezas que lo componen. Dada la actual posición de las vigas y piezas doradas y policromadas, para ejecutar cualquiera de los procesos citados a continuación, se deberá emplear una metodología *in situ*.

En general se empezaría por cualquiera de los dos extremos del alfarje, para realizar una ***limpieza mecánica***, con una aspiración completa, eliminando la capa de suciedad ambiental que se ha ido acumulando a lo largo de los años (desde que se colocó en esa sala en 1920). Este procedimiento podría ser una primera toma de contacto general con la obra, ya que hasta la fecha sólo se han podido examinar zonas muy concretas.



Foto3: Detalle de la suciedad ambiental (Ménsula)



Foto 4: Detalle de la limpieza mecánica (moldura perimetral)

Antes de la limpieza mecánica, se deberá comprobar que la película pictórica en superficie no esté pulverulenta y asegurarse que con este proceso solo se elimina suciedad acumulada. Se puede correr el riesgo de que el pigmento de algunas zonas donde la adhesión no sea lo bastante buena, se caiga, en ese caso habría que consolidar la zona. Según los primeros exámenes visuales, las zonas con más riesgo en la pintura son los fondos de las tablas que forran las vigas. Por lo que se ha observado durante los estudios previos, la adhesión de los pigmentos al soporte es muy buena, pero eso no descarta que en algunas zonas ocurra lo contrario.

La ***fijación o consolidación*** de las zonas más dañadas, se deberá hacer teniendo en cuenta varios factores, como la resistencia al calor y la humedad de cada caso concreto, según la estructura, bien sea sobre la madera o sobre los pastillajes, ya que pueden reaccionar de un modo diferente. Por norma general casi todos los fijativos reaccionan con sensibilidad al calor y a la presión. En este proceso se debe tener especial precaución con las zonas de volumen que aparecen en las tablas, pues podría producirse una compresión involuntaria de las estructuras en superficie.



Foto 5: Ejemplos de las zonas que se deben consolidar

En el caso del alfarje existen muchas lagunas de dimensiones mínimas donde la capa de pintura no está adherida al soporte y será necesario fijarlas o consolidarlas, para impedir que la zona se haga más grande por descohesión de la película pictórica. Aunque la obra está colocada a unos 7 m. del suelo y parezca que los cambios no se aprecian, es necesario consolidar y retocar la policromía por la gran cantidad de *lagunas* mínimas que existen. Sin embargo, es conveniente advertir que si el proceso se lleva a cabo con excesivo hincapié, la capa de pintura, que es lo que da color a la obra, podría decolorarse por los tratamientos de calor, presión, disolventes o humedad que son necesarios en el proceso de fijación o consolidación.

La elección del fijativo más adecuado para la consolidación se ha basado en la naturaleza propia de los elementos que componen la obra usado un adhesivo de cola animal, como elemento más afín a la obra, evitando la introducción de compuestos ajenos. La cola animal cumple su función como adhesivo y además es reversible. Este material se caracteriza porque forman cuerpo rápidamente, lo cual es beneficioso para la obra, ya que en ocasiones se deberá trabajar con la pintura en posición vertical. Se podrá utilizar el mismo fijativo en todas las zonas, salvo en casos muy especiales en los que el desprendimiento necesite un tratamiento especial. En ese caso se deberán emplear adhesivos alternativos de suspensión acrílica con viscosidad baja y alto nivel de penetración como el *Plextol D360* mezclado con en agua, en una baja proporción. Como elemento auxiliar para la fijación, se puede utilizar papel japonés, ya que es flexible y perfectamente adaptable a los bajorrelieves de las zonas a tratar. En el caso de tener que proteger una zona con volumen, el papel japonés se debe romper manualmente y evitar las posibles tensiones entre una zona plana y otra con volumen.

Para una perfecta fijación o consolidación[1], deben tenerse en cuenta y quedan resumidas a continuación:

- Alta reversibilidad.
- Poder de adhesión adecuado.
- Mínima toxicidad.
- Propiedades ópticas adecuadas.
- Flexibilidad.
- Tiempo de contacto necesario para pasar de fluido a sólido y realizar la unión adecuadamente.
- Buenas propiedades tensoactivas para que el producto bañe correctamente las superficies de aplicación.
- Viscosidad idónea para revestir con uniformidad las irregularidades de las superficies a unir.
- Resistencia biológica.

El siguiente proceso a seguir sería la ***sustracción de clavos***, dependiendo del daño que pueda producir el óxido del clavo. La mayoría de las veces es mayor el daño que se genera sacándolos, que los que se producen a lo largo de los siglos de vida de la obra. Dependiendo de los casos, se sacarán o se dejarán como en origen. En caso de sustraerlos serán cambiados por unos de hierro estañado o galvanizado que son más resistentes y no se corre el riesgo de posibles oxidaciones. Habitualmente el proceso de extracción de clavos se realiza siempre por la parte posterior de la tabla. En caso de que la pieza no se pueda desclavar de la

[1] Recomendaciones de Paolo Mora. MORA, P.; MORA, L. y P, PHILIPPOT: *Conservation of Wall Painting.* Editorial Butterworths. Londres, 1993.

viga portante, los clavos se eliminarán por la cara anterior, zona policromada. Este proceso requerirá un planteamiento previo muy bien planificado, básica y fundamentalmente por la función que ejercen de mantener las planchas unidas a las vigas. Se sugiere que se sustituyan de manera gradual y ordenada, de uno en uno para no correr ningún riesgo de desprendimiento de las tablas. El proceso de extraer los clavos por la cara policromada, se hace en casos extremos donde es la única alternativa.



Foto 6: Detalle de los clavos que sujetan las planchas a las vigas portantes

La ***limpieza y conservación del reverso*** se hará por el intradós de la obra. Una vez desmontada la tarima de madera, que está encima del alfarje y que actúa como suelo pisable de la *Loggia*, sala superior. Se realizará una aspiración para la eliminación de suciedad ambiente y restos orgánicos de todo el conjunto, siguiendo el mismo proceso que se ha descrito en el primer proceso de la limpieza. Para una perfecta conservación del soporte estructural y del soporte de las policromías es conveniente que se aplique a ambos una protección contra los xilófagos y los hongos.

Para la ***eliminación del barniz*** se emplearán disolventes de acción física, combinados con detergentes. Según varias pruebas realizadas la mejor mezcla para la limpieza es Alcohol etílico de 98º, acetona, y detergente aniónico, mediante empacos de papel *tissú japonés* de 9 gramos colocados durante 8 ó 10 min. para las zonas planas y más delicadas (azul del fondo) y con hisopo rodado para las zonas volumétricas y menos dañadas (pastillajes, carnaciones, ropajes, corlas y dorados). Los azules del fondo son las zonas que están más alteradas por el contacto cercano de altas temperaturas, (incendios de la antigua Casa de la Ciudad) son los más difíciles de limpiar, dado que el color original ha virado a un tono más oscuro.



Foto 7: Muestra del nivel de oxidación que mantiene el barniz

Un aspecto muy importante a tener en cuenta cuando se limpia con un jabón o detergente, es la eliminación del residuo generado, el cual habitualmente debe extraerse con la ayuda de algodón y agua. Si no se eliminara el residuo, se corre el peligro de que bajo unas condiciones altas de humedad, el jabón se reactive provocando daños mayores a la pintura, llegando incluso a producirse una saponificación de la misma.

Una pintura bien limpia muestra todos los detalles de la obra, en el caso de este alfarje la labor del proceso pictórico ha sido minuciosa, hasta el detallismo de pintar las pestañas de algunos de los personajes que aparecen. Este es otro de los datos que demuestra que cada una de las piezas fue creada por separado y trabajada en horizontal. La labor del taller fue un esfuerzo de mucho tiempo y dedicación, dejando como resultado patente el conjunto final de todo el alfarje.

La ***reposición de faltantes*** de madera consiste en añadir de forma volumétrica las partes que se han perdido, bien de madera o bien de pastillajes. Los faltantes de los pastillajes se pueden reponer por medio de un sistema similar al original, con una carga a base de carbonato cálcico y un aglutinante natural (cola animal), tal y como lo trabajaron los creadores de la obra. Las reposiciones de madera dependerán del tamaño y la forma. Si el faltante es de dimensiones muy pequeñas, se pueden reconstruir con una masilla de tipo *epoxi* o tipo *Araldit Madera*, que se puede modelar para asemejarla al original. En caso de que el faltante sea de mayor tamaño, se puede reponer con madera, preferiblemente de las mismas características que la original. Esta madera debe estar tratada contra los ataques de los insectos y los xilófagos para no aportar mayor riesgo a la obra, aunque en la mayoría de los casos serán de un tamaño pequeño.

La ***reposición de los estratos pictóricos***, deberá ser como el original, respetando la técnica pictórica, similar a la que emplearon los artistas creadores del alfarje, unificándolo con el criterio seguido para la reposición de faltantes de madera.

Para la ***reintegración cromática***, se puede emplear *trattegio* o *rigattino*, dejando constancia del original. Este proceso debe ser reversible, fácil de eliminar en caso de posibles rectificaciones. Como retoque final es recomendable emplear pintura especial de retoques al barniz.

Una vez aplicados los retoques de la pintura el ***barniz final*** se debe aplicar pulverizado para que los retoques no se dañen. El acabado final del alfarje dependerá de las zonas, por un lado los dorados y corlas que mantendrán su brillo y los fondos que deberán ser mates, para que no se pierda la esencia de la técnica al temple combinada con dorados corlados. El trabajo de unificación de todas las piezas de la obra, debe estar muy meditado, ya que las piezas se van a trabajar por separado.

CONCLUSIONES:

Como conclusión final para intervenir el alfarje, consideramos que todos los procesos aplicados en la intervención serán revisados a nivel general para conseguir que la obra quede unificada. Los tres últimos procesos de intervención que son estéticos, deben quedar compenetrados en el conjuntote la obra, para que en general se vea un techo decorado y no varias tablas dispuestas en un alfarje con diferentes motivos. De todas las piezas policromadas que componen el alfarje, la mayoría, serán trabajadas *in situ*, excepto las piezas del entrevigado que se pueden sacar y trabajar en horizontal, ya que no están clavadas y su posición se mantiene con un apoyo simple por gravedad. Del resto de piezas, las que revisten mayor problema son las que recaen a la sala en la parte central de la viga, que se tendrán que manipular de alguna forma especial o incluso con algún tipo de silla ergonómica, creada para el caso.

Cada una de las piezas a intervenir deberá tener una ficha que describa los procesos a los que se ha sometido con fotos del inicio, de los trabajos que se le han realizado y del final. De esta forma también se puede llegar a elaborar un inventario fotográfico de cada una de las piezas, que a la vez serán documentadas y referenciadas por separado. Será la primera vez que este alfarje quede inventariado desde que se construyó en el siglo XV. Cada una de las piezas que componen la obra en su conjunto quedarán enumeradas por unas siglas que serán fundamentales para su posterior localización y de esta manera averiguar los procesos a los que ha sido sometida cada pieza, desde el principio (estado actual) hasta el final (resultado de la restauración).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

A.A.V.V.: *La conservación de la madera en los edificios antiguos.* Valencia ed. Master en Conservación del Patrimonio arquitectónico. Servicio de Publicaciones UPV. Valencia, 1998.

A.A.V.V: *Intervención en estructuras de madera.* Edita Artes Gráficas Palermo. Madrid, 2002.

CENNINO CENNINI: *El libro del Arte.* Ediciones AKAL, S.A. Madrid, 1988.

CREMONESI, Paolo.: *L´Uso di tensiattivi e chelati nella pulitura de opera policrome.* Edición Il Prato. Segunda edición, Saonara, 2004.

CREMONESI, P.; BELLUCCI, R.: L´uso dei tensioattivi nella conservazione en el restauro dei di Pinti. Rev. KERMES, Nº 24, 1997.

KNUT, Nicolaus: *Manual de Restauración de cuadros.* Ediciones Könemann. Barcelona, 1999.

FELLER, Robert; STOLOW, Nathan y H. JONES, Elizabeth: *On Pictures Varnishes and their Solvents.* Nacional Gallery of Art. Washington, 1985.

MASSCHELEIN- Kleiner: *Les Solvants.* IRPA. Bruselas, 1981.

MORA, P.; MORA, L. y P, PHILIPPOT: *Conservation of Wall Painting.* Editorial Butterworths. Londres, 1993.

MOTTA JUNIOR, Edson: *La utilización del sistema colorimétrico Ciel*a*b en la evaluación de los barnices y sistemas de barnizado empleados en la restauración de pinturas: con referencia adicional al brillo, solubilidad y apariencia.* Vol 1, p 156. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2003.

SORBÉ BERG, Judith: *Behind the altar table. The development of the painted retable in Spain, 1350-1500.* Edita University of Mussouri Press. Columbia, 1989.

TAMPONE SOLAI, Gennaro: *Il restauro delle strutture di legno.* Editorial Hoepli. Milán, 1996.

TORRACA, G.: *Soluviliti And Solvents for Conservation Problems.* ICCROM. Roma, 1978.

VIVANCOS RAMÓN, Mª Victoria: *La Restauración de Obra de Arte. Pintura sobre tabla.* Editorial Tecnos. Madrid, 2007.

WOLBERS, R. C.; STERMAN, N. T. y STAVROUDIS, C.: *Notes for workshop on new Methods in the Cleaning of Painting. The Getty Conservation Institute.* Los Ángeles, 1990.

THE PRINCIPLE OF ENSURING THE STABILITY OF BUILDINGS WITH EXAMPLES OF STRUCTURAL REPAIRS TO BUILDINGS WITH DIFFERENT CAUSES OF DESTABILIZATION

S. Miljanović MSc.[(1)], R. Stergar[(2)], A. Salihbegović MSc.[(3)]

Faculty of Architecture of the University of Sarajevo. Institute for the Protection of the Cultulra and Historical Heritage of Bosnia and Herzegovina. Faculty of Architecture of the University of Sarajevo

sladjanam@af.unsa.ba[(1)] robert.stergar@gmail.com[(2)] amiras@af.unsa.ba[(3)]

THEME AREA: Projects of Intervention on cultural heritage

ABSTRACT

The structural repair of heritage properties requires exhaustive investigative works, entailing a full analysis of the bearing structure of the property in line with the building methods of the period when the property was built, and the circumstances in which it has survived.

The paper describes one of the principles of repair and stabilization successfully applied to three properties: the Holy Trinity monastery in Vozuća, the Despić house in Sarajevo, and the Orthodox church of St Elijah in Maglaj. The properties date from different periods and are in different localities, and had become derelict and destabilized for different reasons.

Key words: structural system, structural repair, repair and reinforcement, reconstruction, spatial stability.

INTRODUCTION

Historic heritage properties have taken shape in conditions dictated by the development of technical know-how, and in the light of the feeling the builders of their time had for the mechanical characteristics of what were then the typical materials in use. The specific group of structural systems, with bearing elements of a shape and size arrived at solely on the basis of experience and the characteristics of the materials they were built of, had a direct impact on the architectural character of the buildings of those days. Over their long history, these properties have become derelict as a result of the deterioration of the building materials as well as of the impact of various external factors.

Damage to the structural system of a property can cause the loss of bearing capacity and stability of individual bearing elements and of the building as a whole. Although buildings of the same period have the same or similar structural elements, the repair or reinforcement of each building requires its own separate approach, given the specific nature of the damage caused by external factors or shortcomings in the building materials or the construction itself.

Investigative works entail a detailed analysis of the model of construction with typical loads and thrusts, and identification of the causes of the damage on the basis of the findings. The extent of the intervention on the damaged parts, as well as remodelling and a numerical analysis of the repaired or reinforced structure, is determined on the basis of the detected damage.

PRINCIPLES OF THE REPAIR AND REINFORCEMENT OF WALLS

The most common damage to the structural system of heritage properties takes the form of cracks in the masonry of bearing walls. Depending on the detected causes of such damage, repairs, or repairs with reinforcement, of these elements are carried out.

The usual intervention designed to make good such damage consists of injecting the cracks, which in practice amounts to repair but not reinforcement of the wall. The usual causes of cracks in masonry are the additional or increased effect of earthquake or subsidence of the bearing soil as a result of changing conditions around the building. The cause of the damage and the way in which it can be made good are determined on the basis of the nature of the cracks in the wall and a numerical analysis of an idealized model of the bearing system of the property; it will usually entail reinforcement, either by reinforcing the structural walls or by introducing aseismic ring beams.

One of the principles of the repair and reinforcement of bearing walls without a ring beam framework is to reinforce the walls using horizontal ties (and vertical, if necessary) at the level of the ceiling joists. The application of this repair principle with reinforcement of the walls is demonstrated by the successful renovation of three properties from different periods and localities and with differing causes of damage.

HOLY TRINITY MONASTERY IN VOZUĆA

The monastery was founded in the late 16th century, and from the late 17th century was in a ruinous state for more than 100 years. It was rebuilt in 1856.

The church is a single-aisled structure built of rubble stone, with the exception of the quoins, which consist of finely worked stone blocks. The parvis at the west end is rectangular in plan and has a stone barrel vault; at the east end is a five-sided altar apse. The central part of the church is cruciform in plan, with a dome over the crossing which rises via structural arches with wooden ties, forming a square, into a high octagonal drum over which is a regular stone dome. The massive walls consist of rubble stone facings in lime mortar with an infill of smaller aggregate in lime mortar. The vaults, arches and dome are of dressed stone. The structural arches of the central vaults rest on the massive side walls and two massive interior walls by the altar area. A simple gabled roof covered each of the vaults, with a polygonal roof over the central dome. The foundations were of stone.

The extent of damage to the bearing elements of the structure was determined from investigative works and a conservation and restoration project drawn up by the Institute for the Protection of Monuments of the Federal Ministry of Culture and Sport of Bosnia and Herzegovina in 2006. The most serious damage was to the components of the bearing structure of the parvis: the entrance portal wall where the side sections had collapsed and the wall had deviated to the west, the exterior side walls (largely collapsed), and the barrel vault (fallen in completely). In the central part of the church, there was major damage to the bearing elements at the base of the interior walls (partial damage to small areas), the side vault (partly damaged), and the complete removal of the wooden ties of the supporting arches of the cross vault east-west in the endmost span by the apse. Geomechanical studies revealed that there was no subterranean water on the site, and that the bearing capacity of the soil as identified suggested a stable base to the building.

Given that the building had formerly had a roof structure which had been removed, and that it had long been exposed to the elements, which had had a damaging effect on the structure of the stone masonry in lime mortar and had reduced the durability of the lime mortar exposed to alternating moisture and drying, particularly at low temperatures, the damage had been caused by the disintegration of the binder and flaking of the tufa. The collapsed vault over the parvis had enduring freezing temperatures, leading to the appearance of cracks in the joints of the vault and to additional horizontal components of reaction in the heel of the vault. The bearing side walls of the parvis, built as very solid walls 82 cm thick, are the main supports of the barrel vault, which is 30 cm thick, almost semicircular in section and bearing only its own thrust. The horizontal reaction in the heel of the vault was resolved by a massive wall stabilized with a wooden tie beam at a height of 4.90 m. The constant effect of alternating damp and drying had

caused the wooden tie beam to become completely rotten, and cracks had appeared in the top half of the side walls, as had horizontal reactions and parasitic tension stresses at the heel of the vault, leading to the destabilization of the vault, its complete collapse, and the loss of the tie beam of the destabilized section of the side walls. The tie beam of the side wall of the parvis was physically connected to the tie beam of the bearing wall of the central part of the church and to the tie beam of the portal wall. The collapse of the side sections of the portal wall resulted from the loss of the supports in the side walls, and destabilization resulting from the loss of the tie beam. The top part of the portal wall had deviated from the vertical, suggesting a partial loss of stability, the result of removing the rafters acting as vertical bracing for the top of the wall and of the collapse of the walls as support for the horizontal thrust of the wall. The mechanical removal of the wooden ties of the central row of supporting arches and vaults in the end span by the apse did not undermine the stability of the construction – this end span is relatively quite short, and the adjacent supports of the arch consisted of the massive interior wall and the counter-reaction gained from the central arch span of approx. 3.0 m and the massive apse.

Steps were taken to repair the building on the basis of the identified causes of damage. The side walls of the parvis and the portal wall were rebuilt up to the height of the former tie beam, sockets were made in the massive walls of the central part of the building for the steel ties of round section steel ∅ 20 mm to stabilize the side walls by bracing them, with the other ends joined to the same tie of the portal wall. The ties of the side and portal walls were welded to a L 100 corner plate resting on a stone block buttress set inside the decorative corner blocks in the infill of the wall. At the other end the tie was anchored inside the church within the plaster rendering of the inside wall, with a sheet steel anchor and two bolts. The tension forces were achieved by merely hand-tightening the first bolt, with the other stabilizing. The same procedure was applied level with the heel of the vault with ties of 100 x 10 mm sheet iron serving to stabilize the wall and take the horizontal reaction of the vault. The tie in the portal serves to brace the vault, which is not physically attached to the portal wall.



Picture 1. *Damaged church and the phase of structural reparation*

DESPIĆ HOUSE IN SARAJEVO

The Despić house, the first theatre in Bosnia and Herzegovina, is one of the few surviving residential properties of the Orthodox Christian establishment of the Ottoman and Austro-Hungarian periods. It is in the heart of the cultural and historical heart of Sarajevo, on the bank of the river Miljacka. It dates from the 17th century, but acquired its present appearance at the end of the 18th and early 19th century. It is now an annex of the Museum of Sarajevo.

The building has a basement, ground floor and first floor, erected and extended in four successive stages. The central part of the building, dating from the Ottoman period, was built of hewn stone blocks and unbaked brick. The west wing of the present-day building consists of unbaked brick with some Austro-Hungarian fired brick. These two sections, formerly detached buildings, were joined together in the late 18th century by a divanhana (wide corridor) with massive outside walls and structural supporting arches of fired brick. In the early 19th century

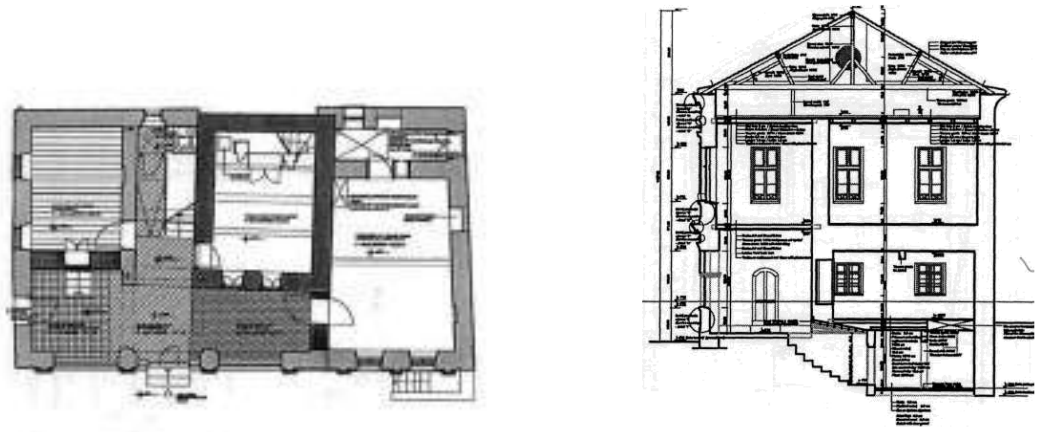
the east wing was built on, again of fired and unbaked brick; it is here that the private theatre was located. Each of the three sections has its own separate basement in hewn stone.

A detailed survey of the property revealed the level of damage. Several cracks were found on the outside bearing walls, mainly at the junctions of the different stages of construction. The gable walls of the property were also affected by cracks, which did not impact on the stability of the building. The presence of capillary damp was detected in the walls, particularly in the south-eastern part of the building, where there was also considerable deterioration of the wooden ceiling of the theatre room on the supports and by the drain junction. The south-eastern corner of the building was badly damaged by vertical cracks on the façade and gable walls, visible in the form of damage to the window cornices on the façade. The roof structure, consisting of double sloped studs, had suffered minor war damage and was at risk of further deterioration from lack of maintenance. Parts of the ceiling joists of the basement and their central wooden supporting posts were at risk of deterioration from the constant presence of damp.

The investigative works that preceded the compilation of an outline project for the structural repair of the building revealed several causes of damage to the massive bearing system of the property. The first part of the investigations revealed that there were only two basements, below the east and west wings of the property, suggesting the problem of different foundation levels. It was found that the walls had not been rigidly joined together at the junctions of the later additions to the property, and the differential settlement of the various parts of the property had resulted in the appearance of cracks. Further problems were the erection of later buildings in the vicinity, tram traffic, and the regulation of the river (the construction of an embankment), the proximity of which further endangered the stability of the bearing construction. The building consisted of a massive system with wooden ceiling joists of limited rigidity, and in the circumstances noted – the nature of the foundations and the proximity of other buildings – proved to be susceptible to seismic and other dynamic influences. The next stage of investigations revealed that the central part of the building had a basement, but that it had been filled in and had not been used for some time. It was thus found that the foundations of the basic building were of better quality, and that the shallow foundations of the south façade wall and possible soil erosion were the cause of the damage to the south-east corner of the property.

The repairs carried out on the building in line with the repair project were the result of exhaustive investigations and of identifying the precise causes of the damage to the property. The damaged parts of the wooden ceiling were replaced and reinforced in places. Increasing their rigidity was achieved by mounting braces around the edges of the base of the ceiling. The property was reinforced level with the ceiling joists using ties in the form of flat iron and, in places, round reinforcing bars, anchored inside the façade rendering. The tension force was identified on the basis of the resistance to crumbling of the weakest material in the masonry. The property was reinforced in the outside walls by making cuts in the exterior thickness of the wall from the bottom up, after replacing the ceiling elements at the height of the reinforcement. The south-east corner of the property was stabilized by partly lowering the level of the foundations by under-concreting and by installing L profile steel along the full height of the building, through which wall ties were anchored in both directions. The roof structure was reinforced in places with timber and steel elements.

The problem of capillary damp in the walls was resolved using established methods that are not structurally detrimental to the masonry construction, to prevent deterioration of the wooden and steel elements of the structure. Repairs to the basement will be carried out in line with later detailed repairs to the foundation structure, where it is possible to apply modern methods of cladding exterior surfaces in the soil using permanent elastic injection gels of mineral origin.



Picture 2. *Despic house was built in several phases (main floor plan and cross-section).*

CHURCH OF ST ELIJAH IN MAGLAJ

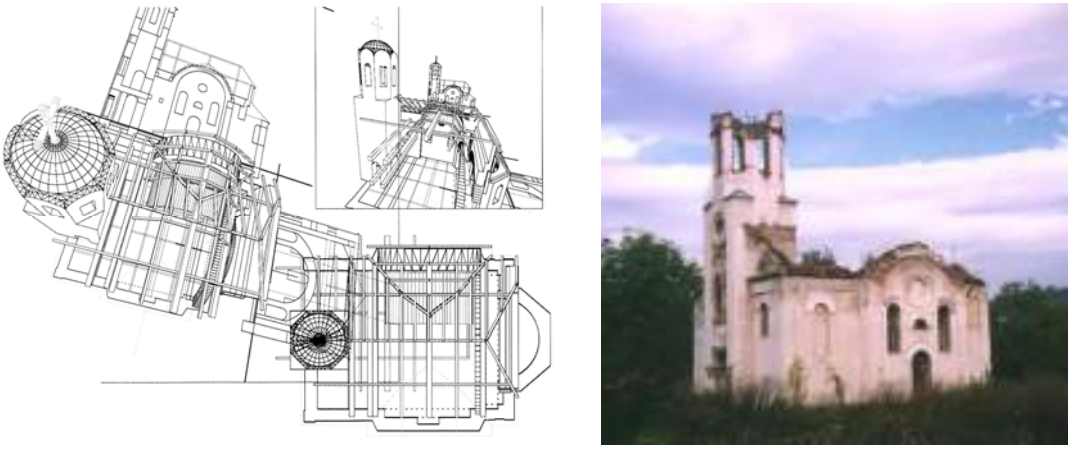
The Orthodox church of St Elijah dates from the Austro-Hungarian period: building works began in 1906 and were completed in 1908, when the church was consecreated. It is in the new part of the town of Maglaj, on the left bank of the river Bosna.

The church is of the single-aisled type of condensed crux immissa plan. It was built in the pseudo-Byzantine style, typical of religious buildings of Orthodox provenance in the late 19th and early 20th century. Outwardly, it consists of three basic parts: the portal area with bell tower, the central body of the church, and the apse area. The north and south walls are of rubble stone in lime mortar, while the rest of the building, where the masonry work was more demanding, are of fired brick in lime mortar. The building is symmetrical in plan around the east-west axis. The main entrance to the church is accentuated by two brick pillars with strikingly moulded bases and capitals, and by the four-sided bell tower of which the terminal is octagonal. The central part of the building is defined by semicircular niches in the souh and west wall, a structural bearing arch in front of the apse, and the wooden gallery at the front of the building. It has a barrel vault on a wooden base, and lies north-south. The central part of the building connects to the east with the apse through a round-arched opening.

During the war the property was shelled and set on fire and later, as a result of insufficient protection, became completely derelict. The top part of the bell tower was totally destroyed, as were the roof structure over the entire building and the ceiling structure of the central body of the church. Since the building was left exposed to the elements for a long period, much of the lime mortar in the walls was destroyed or weakened. Exposure to fire had left the iron parts of the construction completley unusable. Parts of the outside bearing walls and the central bearing arch were destroyed, which could have weakened the structural system of the property in the long term.

The structural stage of the conservation and restoration project on the church of St Elijah in Maglaj entailed a solution for and computation of the roof structure of the nave and apse, and stabilizing the walls and cornice of the nave. In the absence of relevant data on the system of the roof structure of the nave, a new wooden roof frame was designed, consisting of simple trusses with collar beams. The roof structure was wholly shaped to correspond with the complex ground plan of the church and with the openings of the arched vaults in the interior. The spatial stability of the roof was provided by a longitudinal horizontal brace level with the collar beams, resting on the bell tower, and a vertical brace above the entrance to the apse. The details of the joints were resolving using modern joints. The bearing walls were rebuilt to the height at which they had been destroyed or of the damage that had been identified, and reinforced level with the eave purlin by double ties of round reinforcing bars set in the outer third of the wall thickness. The ties were anchored with pieces of steel profile in the façade rendering, and the reinforcd parts of the ties at the corners of the walls were secured by welding with flat iron. The role of the ties in this case was to receive part of the horizontal component of the reaction of the roof truss and to prevent the wall cornice from skewing. The wooden eave purlin on the wall

was sized by the reception of the force of reaction of the roof and was anchored to the braced wall cornice in places.



Picture 3. *The new roof structure of the church.*

Conclusion

Investigative works are a crucial part of the process of designing the structural repair of heritage properties. Exhaustive investigations, and the selection of the most accurate model possible for the bearing structure of the property as a whole and its behaviour in line with the assumed influences can allow for a sufficiently accurate assessment of the cause of damage and to taking the proper steps to make it good. In addition to using the method of numerical analysis of the structure, tried and tested know-how and a feeling for the structure in the light of the specific character of each property, the choice of the method used to repair it is often of crucial importance.

References

[1] I.V. Tahirović, "Konstruktivni pristup sanacije i rekonstrukcije devastiranih objekata", proceedings of Postgraduate study 1998-2000 "Architectual Structures", Faculty of Architecture in Sarajevo, Sarajevo, 2000.

[2] V. Skarić, "Izabrana djela – knjiga II Prilozi za istoriju Sarajeva", Veselin Masleša, Sarajevo, 1985, p.p. 64-65.

[3] Lj. Mladenović, "Stara Despića kuća", Oslobođenje, Sarajevo, 07.04.1953., p.p. 7.

[4] J. Lešić, "Pozorišni život Sarajeva (1878-1918)", Svjetlost, Sarajevo, 1973.

LA DESAPARECIDA ARMADURA DE LAZO DE LA IGLESIA DE SANTA MARIA DEL CASTILLO, EN PERALES DE TAJUÑA

Enrique Nuere
Dpto. Proyectos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
enuere@nuere.e.telefonica.net

Á.T. : PROYECTOS DE INTERVENCION EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Un día del mes de noviembre del año 2003 recibí una llamada de la Dirección de Patrimonio de la Comunidad de Madrid, pidiéndome que pasara por Perales de Tajuña, para ver unas maderas de su cubierta, con evidentes muestras de haber pertenecido a una desaparecida armadura de lazo, por el tipo de rebajes practicados en una de las caras de dichas maderas, y con mucha probabilidad, pertenecientes a la misma iglesia.

Se trataba de maderas que habían sido reutilizadas en la armadura de cubierta que se construyó en los años cuarenta, compuesta por cerchas trianguladas y correas. Afortunadamente la penuria económica de aquellos años de posguerra contribuyó a que se reutilizara toda la madera sana que se pudo recuperar de la, más o menos arruinada, armadura existente.



En dos de las correas se aprecia perfectamente el trabajo de lacería. Junto a la cercha de la derecha aparecen dos tirantes de la armadura original con sus canes y tocaduras.

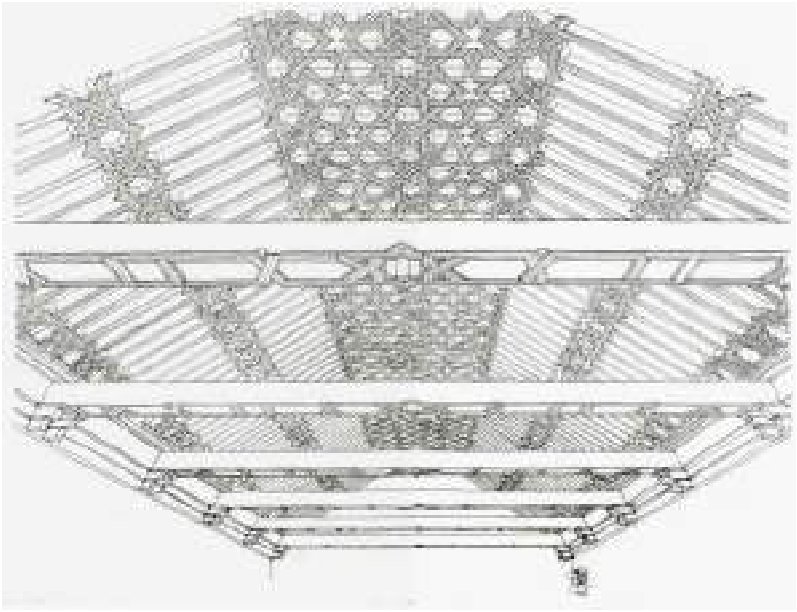
El encargo recibido consistía en documentar el hallazgo, como en el caso de encontrar restos arqueológicos, antes de que las obras de reparación de la cubierta lo hicieran más difícil



Los rebajes resaltados de las piezas indican que se trata de una armadura de lazo de ocho, la garganta visible en la pieza de la foto inferior identifica a un par, y el copete a su izquierda permite conocer la posición del nudillo respecto de la hilera y la inclinación de la armadura. Son datos significativos.

La obtención de datos no era sencilla, tan sólo se podía circular en el oscuro espacio bajo cubierta sobre unos tablones dispuestos entre sus cerchas, sin poder separase del centro de la nave, salvo gateando por los tirantes, dado que el descenso de los faldones de la cubierta así lo obligaba. Lógicamente, en estas condiciones tan sólo en algunas de las muchas maderas existentes se apreciaban los característicos rebajes que identificaban a las maderas como pertenecientes a una armadura de lazo.

A pesar de no poder contrastar las características de todas las maderas de la armadura construida en los años cuarenta, aparecieron muchos elementos que denotaban ser de la antigua armadura, y ciertamente en mayor cantidad de lo inicialmente imaginado, lo que alumbró la posibilidad de contemplar una posible recuperación de la perdida armadura original.



Primera hipótesis de reconstrucción de la armadura

La primera hipotética reconstrucción, a partir de lo que pudo ser detectado, no tenía absoluta fiabilidad de que representara fielmente la armadura desaparecida, pero dejaba clara cual era la traza general de la armadura, y proporcionaba una cierta seguridad de que, una vez inventariadas todas las piezas encontradas se pudiera llegar a conocer, sino la total composición geométrica de la armadura, al menos una importante parte de la misma, y lo no identificado siempre podría ser tratado de una forma neutra que no distrajera sensiblemente la parte original recuperada.

Realmente, el optimismo aumentaba en sucesivas visitas, en las que se podían encontrar más piezas, que aunque no mostraban su cara rebajada para poder analizarlas mejor, sí se apreciaba, por alguno de sus bordes, que la cara oculta estaba rebajada, algo que en una primera inspección pasaba desapercibido al ser apenas perceptible.

Se llegó a la conclusión de que entre las piezas cuyos rebajos eran evidentes y aquellas que, sin poder analizar por el momento sus detalles, pero con escuadrías y acabado superficial similar, se disponía de tal cantidad de material original, que valía la pena pasar del simple informe arqueológico al intento de recuperación de la armadura. Por otra parte, estaba la mayoría de los tirantes originales con sus correspondientes canes, junto con restos abundantes del arrocabe, lo que animaba aun más a abordar dicho intento.

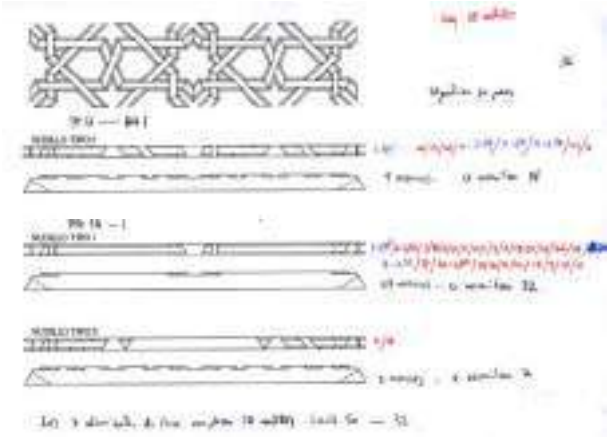
Aunque la idea inicial no iba muy desencaminada había muchas piezas que no tenían cabida en la primera disposición imaginada para la reconstrucción. Había que empezar de nuevo, aunque ahora manejando toda la información disponible. Había muchos más nudillos de los esperados, dado que al tener todos sus cornezuelos parcialmente mutilados, habían pasado desapercibidos en las visitas realizadas, mutilación probablemente llevada a cabo, para que al ser utilizados como correas de la cubierta, sus extremos ofrecieran mejor apoyo sobre los pares de las nuevas cerchas.



Una vez desmontada la armadura se pudieron inventariar todas sus piezas

Por otra parte, para que dichas piezas salvaran la luz entre cerchas, no podían tener menos de una determinada longitud, y aunque los cortes realizados en las que eran nudillos afectaron a sus cornezuelos, quedaba un resto de su típico ensamble, lo que confirmaba que aquellas piezas no podían ser pares, y recíprocamente, si se apoyaban en las cerchas sin restos de dichos cornezuelos habían de ser forzosamente pares.

Llegar a recomponer el rompecabezas no fue tarea sencilla. En los primeros intentos de dibujar la armadura a partir de lo deducido por las características particulares de las distintas piezas, siempre había algunas que no tenían cabida en cada nueva hipótesis de integración del conjunto, lo que suponía empezar de nuevo. Afortunadamente, había suficientes nudillos de cada clase de los conservados para poder llegar a una conclusión inequívoca en el almizate, y eso al menos proporcionaba una base de partida suficientemente fiable para empezar la deducción del resto, aunque como es lógico suponer, esa certeza de poder obtener la solución original tardó bastante tiempo en llegar.



Los nudillos encontrados tenían que combinarse en un número limitado de posiciones. La distancia entre los cortes de un sino de ocho define la distancia entre pares y nudillos, y la longitud de la nave de la iglesia determina el número exacto de pares y nudillos que componían la armadura. El número de los encontrados de cada tipo hacía imposibles ciertas combinaciones, hasta el punto que finalmente sólo una era posible. A partir de esa conclusión la definición de los faldones ya estaba muy condicionada.

Así como en el almizate pronto llegué a ver clara la solución, los faldones planteaban más problemas. A modo de ejemplo: los pares mutilados, al no tener claro cual era su parte baja o la alta, podían disponerse en dos distintas posiciones, algo que en los nudillos no ocurría, por ser "*aparentemente simétricos*", y esa circunstancia hacía que las sucesivas hipótesis que habían de comprobarse siempre tenían en principio dos posibles formas de colocación, lo que duplicaba las comprobaciones a realizar.

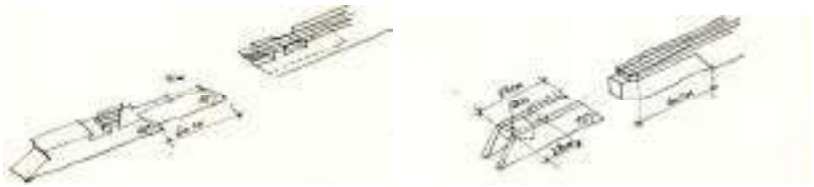
Es muy complejo explicar en una corta comunicación como fue todo el proceso, iniciado a partir de un par de informes, en los que el análisis de los rebajes propios de la carpintería de lazo ya daban unas importantes pistas sobre las características de la armadura original, y no es fácil explicar dicho proceso (basado fundamentalmente en análisis

geométricos) sólo con palabras, por lo que para poder entender cómo se puede llegar desde las primeras maderas encontradas hasta la recomposición total de la armadura habría que reproducir una larga serie de dibujos en los que se iban combinando las piezas existentes de forma que no sólo encajaran entre sí, sino que no quedara ninguna pieza sin su lugar adecuado en cada hipótesis planteada.

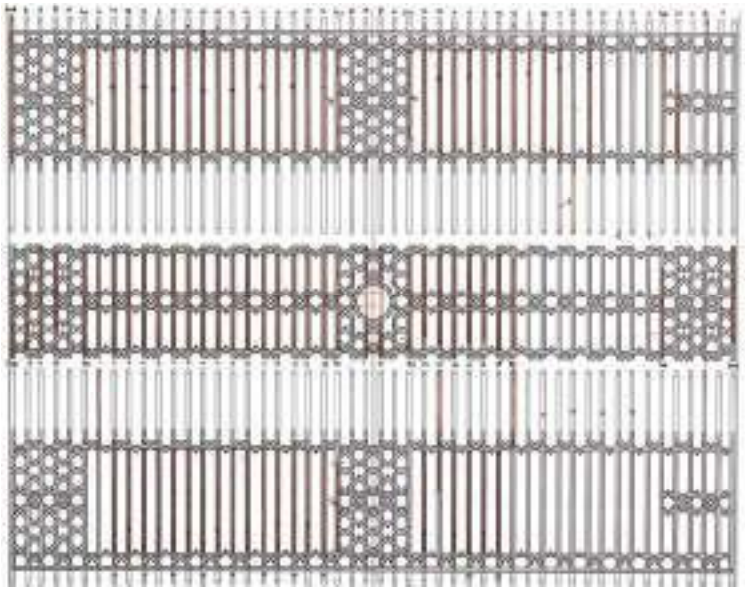


Todas las piezas encontradas se identificaban según sus rebajes y medidas dentro de unos tipos iniciales por sus similitudes. Más tarde se irían definiendo más tipos en función de más detalles característicos, por ejemplo rebajes que no tenían continuidad en uno de los lados del par, lo que suponía la existencia de zonas de trazado diferenciado en el conjunto de los faldones

Una vez desentrañado el rompecabezas que ofrecían las maderas encontradas se pasó a la recuperación material de la armadura. La obra básicamente requería dos trabajos diferentes: por una parte reparar todas las piezas, para devolverles su forma original, y lamentablemente, menos dos o tres piezas, todas han necesitado regenerar sus dos extremos con prótesis de madera de pino, similar a la de las piezas originales, encoladas con resina de resorcina para garantizar su durabilidad. La otra parte del trabajo ha consistido en realizar las piezas nuevas que suplan las definitivamente perdidas, algunos nudillos, bastantes pares, y lógicamente todas las piezas menudas, (peinazos, y taujeles) que por su pequeño tamaño se perdieron, aunque algún peinazo se salvó al haber sido empleado como calzo de otras piezas en los años cuarenta.



A la izquierda, la prótesis tipo para la base de los pares, que salvo uno, todos necesitaron. Una prótesis técnicamente similar sirvió para regenerar las gargantas perdidas de casi todos los pares, mientras que todos los nudillos las precisaron para regenerar sus cornezuelos de ambos extremos.



Finalmente todas las piezas encontraron su posición en una de las hipótesis planteadas

No se trataba de recuperar formalmente el artesonado original y simplemente exponerlo suspendido de una estructura auxiliar. La madera de la antigua armadura, en donde no fue atacada por xilófagos, sigue conservando prácticamente su capacidad resistente original, y si las prótesis para recomponer cada pieza se llevan a cabo en determinadas condiciones, las piezas recompuestas se comportan como si se tratara de madera recién salida de la serrería, razón por la cual la recuperación de la armadura se hacía para volver a cumplir su función esencial, es decir, para seguir trabajando como la auténtica armadura de cubierta de la iglesia, encargada de soportar el peso de la teja y de las nevadas que en ella puedan caer.



La armadura se fue montando tal como se habría hecho en su origen, por grupos de cuatro pares unidos por sus peinazas que se apoyaban sobre los estribos y se basculaban hasta encajar sus gargantas en los cornezuelos de los nudillos. Si bien en esta ocasión se contaba con la ayuda de una potente grúa, en otra restauración realizada en Méntrida pude comprobar que esos conjuntos podían ser elevados a mano sin ayuda de grúa alguna, ya que en aquella ocasión lo intrincado de las callejuelas que rodeaban la iglesia impidió el acceso de una grúa adecuada.

Como suele ocurrir en todas las intervenciones realizadas, cada armadura me enseña algo nuevo: en ésta, los peinazos conservados muestran una técnica que no conocía y que parece muy sensata, además de algún peinazo normal, con su doble espiga, y su superficie rebajada para que sobre ella se coloquen los correspondientes taujeles, apareció uno especialmente interesante, al contrario que los restantes, con la misma altura de los pares en los que se ensambla, con su boquilla rebajada para acoger las correspondientes puntas de la estrella de ocho. Sin embargo carente de espigas, pero con las correspondientes orejetas, a romo y agudo, que permiten clavarlo sobre los pares contiguos. La razón de esta variante es que estos peinazos son precisamente los que se colocan entre los conjuntos prefabricados de faldones o de almizate. Una vez montados varios paños sobre los estribos, separados la distancia lógica de una calle, ya no se pueden encajar entre ellos peinazos con espigas, de ahí la razón de utilizar en estos encuentros los peinazos de este tipo, lo que me confirma una vez más la costumbre de prefabricar estas armaduras por conjuntos de varios pares o nudillos, (exactamente como se ha llevado a cabo en la recomposición realizada).

No he comentado hasta ahora apenas nada de los tirantes, que en su mayor parte se encontraban en su lugar, sobre las ménsulas originales, y que en la primera visita me hicieron sospechar que también disponían de lacería, por haber visto en la trasera de uno de ellos, en el recuadro formado por los dos peinazos centrales, los cuatro taquitos triangulares que solían acompañar a ciertas estrellas de ocho. Efectivamente los tacos observados correspondían a un tirante con lazo de ocho, pero era el único; los restantes tenían una disposición distinta, algo que pude comprobar al final, y que obligo a rehacer todas las piezas que se habían preparado para la restauración de los tirantes.



La armadura terminada

LAS ARMADURAS OCULTAS DE LA IGLESIA DE SANTA MARIA LA BLANCA EN CANILLEJAS (HOY MADRID)

Enrique Nuere
Dpto. Proyectos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
enuere@nuere.e.telefonica.net

Á.T. : PROYECTOS DE INTERVENCION EN EL PATRIMONIO CULTURAL

En el madrileño barrio de Canillejas se encuentra la iglesia de Santa María la Blanca, construida en 1552, según consta en las dovelas del arco de entrada. Se trataba de la iglesia parroquial del pueblo, sito en la salida de Madrid, camino de Alcalá de Henares.

En aquellas fechas, las iglesias humildes del entorno se cubrían frecuentemente con armaduras de madera, y aunque las de esta iglesia no estaban a la vista, su párroco ya sabía que la falsa bóveda de la nave ocultaba una armadura de madera, a la que se podía acceder, no sin dificultad, por la trampilla de paso de las cuerdas que accionan las campanas.



Dos aspectos de la armadura que cubre la nave de la iglesia. A la izquierda se aprecia parte del final del almizate decorado con lazo de ocho. A la derecha se ve el extremo opuesto de la armadura de la que pende la bóveda encamonada que actualmente impide su visión.

La armadura de la nave es de par y nudillo, de sencilla factura y con una pequeña muestra de lazo de ocho en el extremo del almizate más próximo al presbiterio, pero desgraciadamente, el ámbito de la nave y el del presbiterio están separados sin ningún tipo de comunicación, por lo que no se puede acceder al trasdós de la armadura existente sobre al presbiterio de la iglesia

La forma ochavada de la cubierta del presbiterio sugiere una rica armadura, si bien sus paramentos tendidos de yeso, con los quiebros entre paños recubiertos con una moldura pintada, hace pensar que este techo puede ser un simple remedo de la armadura original.



Detalle de una de las pechinas. Sobre el arrocabe se aprecian deformaciones que indican daños de la armadura original, que probablemente dieron lugar a que se hiciera la transformación que hoy podemos contemplar.

En el encuentro de la armadura con el arco toral, las esquinas muestran unas pechinas talladas cuya factura sólo se corresponde con una armadura rica, lamentablemente los casetones centrales de estas pechinas han desaparecido. Las tocaduras correspondientes a la solera, cornisa y encuentro de los dos aliceres, también muestran una rica talla dorada.

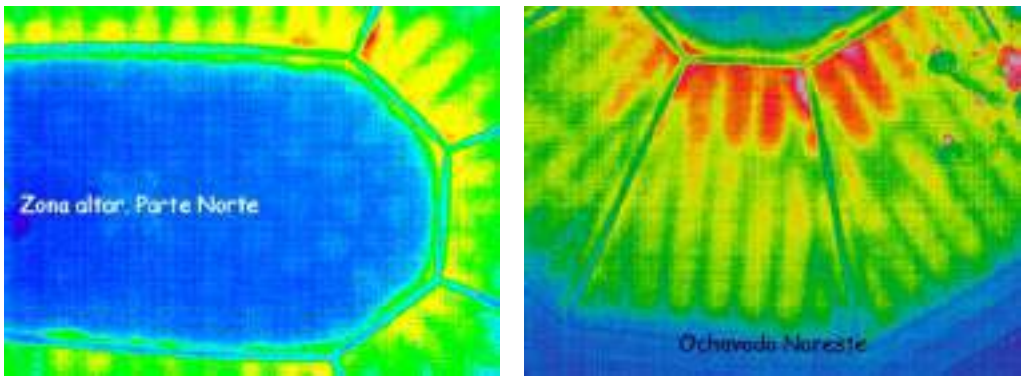
El principal interrogante que planteaba esta armadura era si se trataba de un techo simplificado para sustituir la armadura original desaparecida, o si era la misma armadura original,oculta por un simple maquillaje de yeso.



Armadura del presbiterio

La imagen fotografiada permite apreciar en sus faldones unas débiles sombras alineadas paralelamente como si de la separación de los pares de la armadura se tratase, lo cual tiene una explicación lógica. Las maderas son un buen aislante térmico, y si formaban parte de la armadura de cubierta, encima ya estaría la teja; entre los pares queda un puente térmico que hace que en determinadas condiciones allí se condense la humedad, y el polvo del ambiente se queda adherido, lo que ocasiona las ligeras sombras antes mencionadas.

El ritmo de dichos claroscuros era perfectamente compatible con la distribución de pares de una armadura ochavada, pero para estar más seguros se encargaron unas termografías que tendrían que acusar esas diferencias de aislamiento térmico, al menos en los faldones, dado que en almizate, al formar una cámara de aire el aislamiento es mayor.



La termografía de la izquierda, en la zona del almizate, tiene menor contraste por la cámara de aire que iguala la temperatura, pero a pesar de todo se adivina la silueta de una rueda de lazo de ocho. En la otra termografía de los faldones, no ofrece duda la disposición de los pares, incluso se aprecian las limas moamares con sus arrocabas.

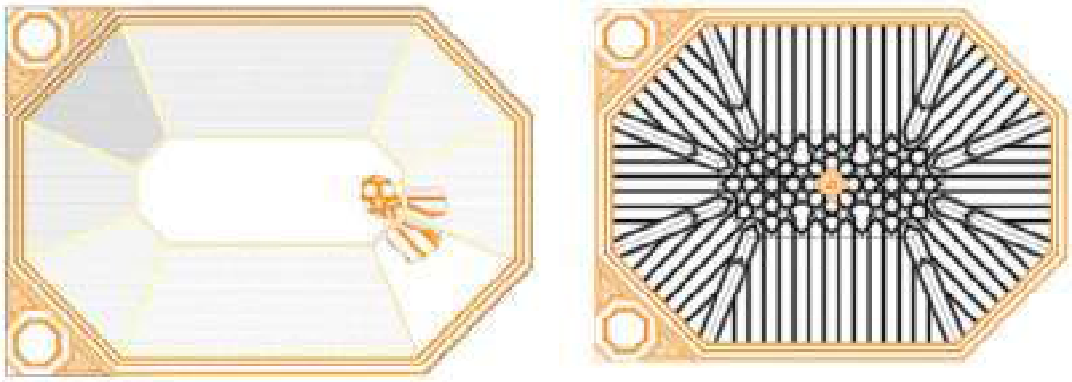
El resultado de las termografías no ofrecía ninguna duda de que tras el yeso había una armadura, incluso en el almizate, ya que a pesar del menor contraste se apreciaba una posible rueda de lazo de ocho.

Ante el éxito de los resultados nos atrevimos a proponer al Obispado, y al párroco de la iglesia, la realización de unas catas para aclarar todas las dudas posibles, y una vez realizadas pudimos comprobar que efectivamente se trata de una buena armadura de lazo, con sus pares, peinazos y taujeles, tallados en su cara vista



Resultado de las catas realizadas

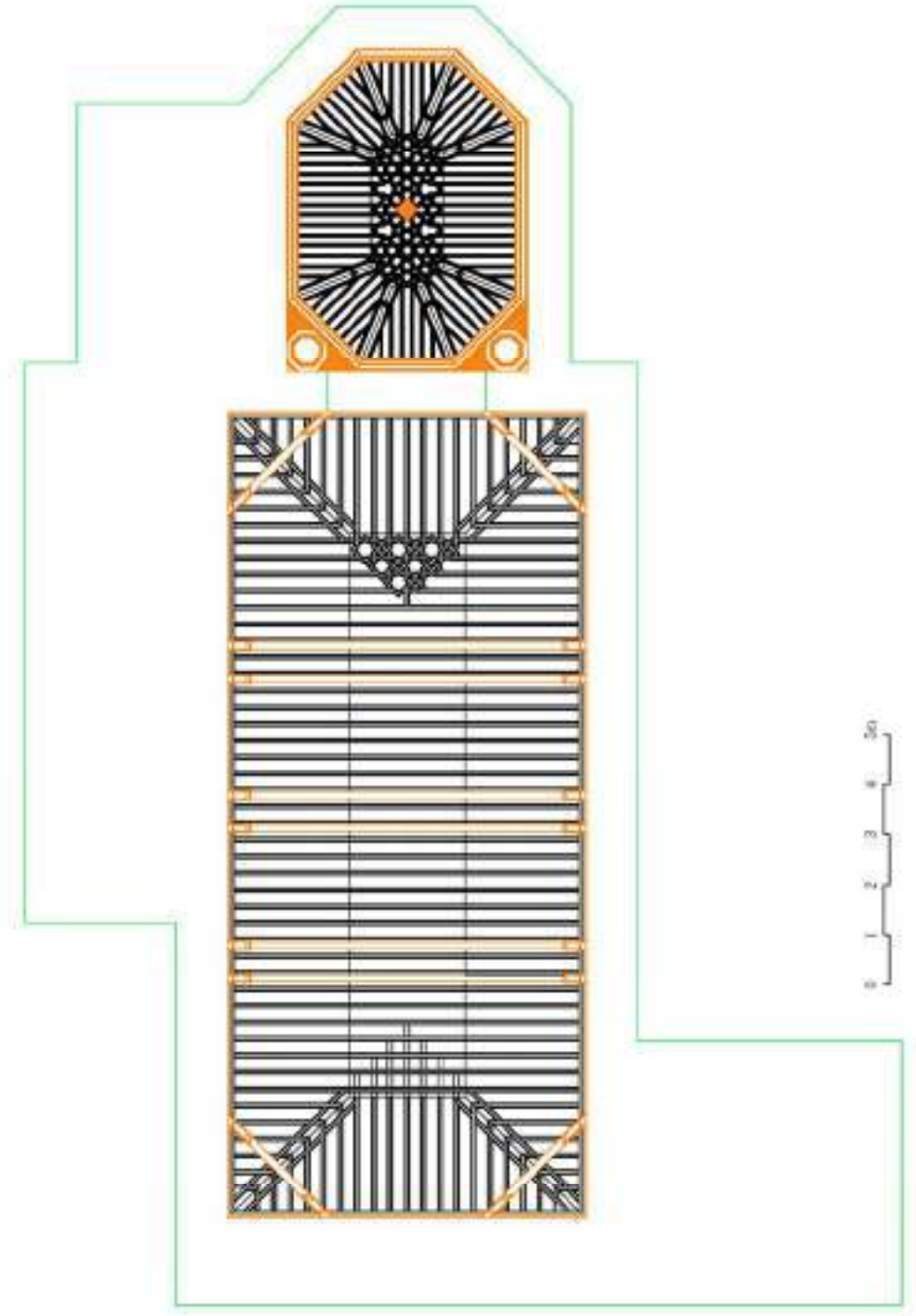
Una vez conocida la parte del almizate correspondiente a un octavo de la zona ochavada, y el rastro de una rueda de ocho apreciable en las termografías, ya no es difícil deducir la totalidad del conjunto.



A la izquierda las catas con lo encontrado en su lugar, a la derecha la traza completa de lazo resuelta a partir de lo descubierto en las catas y la información de las termografías.

Una vez conocidos los datos ocultos pude hacer un levantamiento general de las dos armaduras que será imprescindible para poder restaurarlas adecuadamente. Lógicamente la traza realizada podría presentar alguna diferencia con la realidad, pero en cualquier caso las hipotéticas discrepancias serían de escasa entidad y no influirían en la restauración a realizar.

En este artículo no me extiendo sobre las necesarias reparaciones de estribos y cuadrales, ya que esa parte de la restauración, que se puede deducir del análisis de las deformaciones y de otros detalles observados, rebasan la intención de esta comunicación



Plano final de las armaduras.

RESTAURACIÓN DE LA "CASA DE LOS PRIORES". JAÉN.

M. Palma[(1)], F. Maeso[(2)], M. López[(3)]

Arquitectos. Dpto. de Construcciones Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Granada. Avd. de Andalucía 38, Granada, España.[(1,2)]

Arquitecto técnico[(3)]

mpcres@mixmail.com[(1)], maeso@coagranada.org[(2)], lofe2623@coaatgr.es[(3)]

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

RESUMEN

La "Casa de los Priores" se sitúa en el casco histórico de Jaén. Es una casa patio del S. XIV-XVI con galerías de madera, zapatas talladas y galería de arcos en la planta superior, característica de las construcciones renacentistas giennenses. Después de sucesivas modificaciones que han alterado sus características, el proyecto plantea su recuperación para vivienda unifamiliar conservando sus características tipológicas, funcionales y materiales, respetando los elementos originales y las transformaciones históricas.

PALABRAS CLAVES

Restauración, Casa de los Priores, Jaén.

ESTUDIO HISTÓRICO

La "Casa de los Priores" se sitúa en el casco histórico de Jaén, en la calle Hornos Mírez, en el núcleo neurálgico de la ciudad romana e islámica. En su entorno existe un importante patrimonio inmueble como la Plaza e Iglesia de la Magdalena (antigua mezquita), el Archivo Histórico Provincial (antiguo Palacio del Gobernador árabe), el Palacio de Villardompardo y los Baños Árabes, la Iglesia de Santo Domingo y el Hospital de San Juan de Dios.

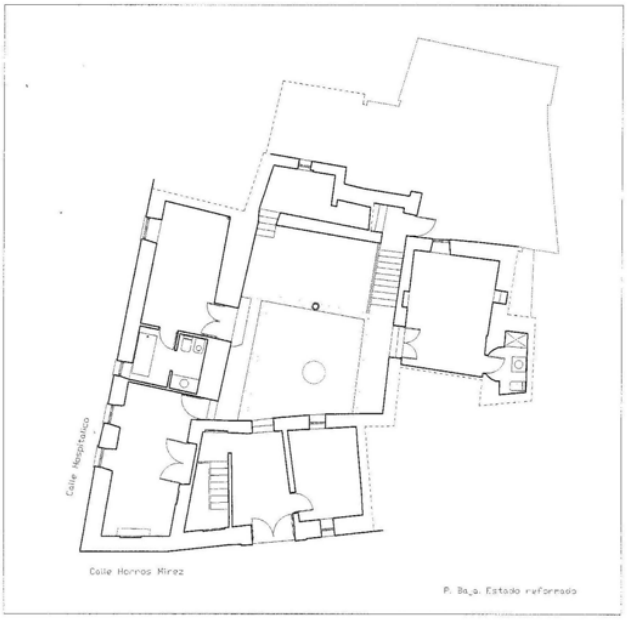
La "Casa de los Priores" es así llamada por haber sido residencia de los priores de la Iglesia de la Magdalena. No se sabe con exactitud la fecha de su construcción. Alfredo Cazabán dice: "sus muros acusan una edificación del siglo XVI o anterior acaso, si bien algunos detalles dan a entender que la casa fue reedificación de un local del tiempo de los moros de Jaén" [1]. Más tarde comenta acerca de su posible desaparición y lo fecha en el siglo XIV: "Edificio inmenso, del siglo XIV en parte y en parte del XVI y del XVII" [2].

Su carácter de propiedad eclesiástica para uso residencial es quizás la causa fundamental para que haya llegado a nuestros días. No se sabe con exactitud la época en la que dejó de pertenecer a la Parroquia de la Magdalena, aunque probablemente fue a consecuencia de las desamortizaciones del siglo XIX, pasando a ser una propiedad burguesa.

El edificio, en su primitivo aspecto, según se describe en la revista "*Don Lope de Sosa"* en 1.918, tenía una galería de arcos en su parte superior, característicos de las construcciones renacentistas giennenses. Respecto a su interior comenta como una de sus notas mas características, "el patio, cuyas galerías tienen esbeltas columnas sobre las que hay bien talladas zapatas que sostienen los puentes de madera. La galería superior, (de madera, también, su baranda, a trechos remendada, con ladrillo y yeso) recuerda a los típicos patios de los barrios granadinos".

De esta misma revista tenemos un documento gráfico muy interesante: dos dibujos realizados en 1.918 por el artista local Antonio Pérez Lendínez. En ellos se puede apreciar la estructura original del patio, con la columna toscana, el brocal del pozo y una claraboya (ambos desaparecidos). La claraboya de estilo mudéjar, tenía forma de "Estrella de David", muy frecuente en el barrio de la Magdalena. En el mismo artículo dice de ella: "Es notabilísima en este edificio una mirilla que a la izquierda del ancho portal, presenta en la desconchada pared su linda tracería de ángulos orlados por semicírculos". El brocal del pozo lo describe como "de extraña figura y muy antigua procedencia".

Las reformas que mas afectaron a la estructura original de la casa se realizaron después de 1.924, cuando se convierte en casa de vecinos. Se harán entonces divisiones del espacio interior para conseguir el mayor número posible de viviendas, compartiendo espacios comunes. Estas obras ocultaron parte de su auténtica traza. Asimismo después de esta fecha es cuando desaparecen el brocal del pozo y la mirilla mudéjar. Los vecinos poco a poco fueron desalojando la casa hasta dejarla vacía en 1.996.



Plano 1.- *Planta baja. Estado reformado*

TIPOLOGÍA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

La tipología puede ser encuadrada dentro del conjunto de tipos clásicos que se superponen desde el S. XIV al S. XIX, y que basados en el esquema de casa-patio de tradición cristiana, tienen su origen en la evolución del esquema de casa-patio de tradición árabe morisca. Este esquema se divide posteriormente para un aprovechamiento de su ocupación por el mayor número de núcleos familiares originando una serie de modificaciones sobre la tipología original y una superposición de desafortunadas intervenciones. Proceso que conlleva en paralelo una menor potencia arquitectónica en cuanto a la aparición de nuevos huecos, particiones, forjados y superposición de estilos.

La edificación, en tres plantas y semisótano, tiene su acceso a través de un zaguán que se abre al patio central. Parte de la planta tercera tenía añadidos recientes de mala calidad. Son originales las dos crujías que forman la esquina con la galería de arcos. Al igual que el resto de la edificación se encontraba dividida en múltiples estancias.

Las escaleras actuales de acceso a planta primera, en tres tramos, se sitúan en quiebro con respecto al zaguán y en una esquina del patio. Estas escaleras son un añadido posterior como se aprecia en el patio trasero. Se encontraban con otro nivel superpuesto que ocultaba parte de la balaustrada inserta en un tabique que cerraba la galería de planta baja. Durante la obra se encontraron trazas de la que pudo haber sido la escalera original, de trazado simple, con la

misma disposición que la existente para acceso a planta segunda. El sótano pudo tener acceso independiente y directo a la calle ya que no se encontró ningún vestigio de acceso desde la planta baja. Existía una puerta en la fachada aunque no se sabe si original.



Foto 1.- *Fachada. Estado actual*



Foto 2.- *Fachada. Estado reformado*

El patio, adulterado tras las sucesivas intervenciones, mantiene los restos patentes de su estructura peristilada con columna toscana de piedra que soporta las carreras con zapatas. En la galería superior también se encuentra una interesante estructura de pies derechos, carreras y zapatas aunque muy deteriorada y reforzada con elementos de mala calidad. Es el espacio que organiza, distribuye y ventila, proporciona luz y dónde se vuelca toda la actividad. Es de destacar la ocupación de parte de la galería de la crujía derecha del patio, por la casa vecina, en la que se encontraba la cocina de la misma. Las fábricas ocultaban parte de las vigas de madera, una zapata y parte del pasamano de la balaustrada. En la galería del fondo y estancias de una crujía lateral se había subido el nivel del sótano para obtener supuestamente espacios habitables con lo que se había ocultado la basa y parte del fuste de la columna.

En fachada algunos huecos originales se cerraron y algunos otros se abrieron para adaptar los sucesivos espacios. Los arcos de la galería citados en la revista *"Don Lope de Sosa"* se encontraban cegados apareciendo algunos por el interior. El resto se descubrieron durante las obras. La puerta de acceso principal, enmarcada por dos pilastras de piedra, aparecía reducida en su tamaño y desaparecido el dintel. No se sabe con exactitud si ésta fue la entrada original. Parece más bien una reforma del siglo XVI junto con la escalera de acceso a planta primera.

El sistema constructivo de la edificación es de muros de tapia y mampostería en planta semisótano, con forjados de escuadrías de madera o rollizos con entrevigado de tablazón o palillos de enebro con una gruesa capa de yeso. Las cubiertas son de teja árabe, de par e hilera de rollizos con entrevigado de cañizo.

La "Casa de los Priores" presentaba una situación de abandono general y ruina. Entre las patologías mas importantes se encontraban: descalces de fábricas, hundimientos parciales de cubiertas, fábricas disgregadas con grietas, desplomes y bombeos, disgregaciones de morteros, forjados hundidos, deterioro de elementos de madera, humedades de cubierta y capilaridad, huecos tapiados y añadidos de mala calidad, revestimientos con superposición indiscriminada de calidades y épocas, reintegraciones inadecuadas con toda clase de materiales y principalmente una pérdida de la tipología, funcionalidad y morfología arquitectónica del edificio.

PROYECTO DE INTERVENCIÓN

El proyecto pretendía la recuperación del inmueble para vivienda unifamiliar. En primer lugar se realizó un estudio histórico y análisis previo a efectos de entender su configuración original y transformaciones. Partiendo de este conocimiento se establecieron las pautas básicas marcadas por la recuperación de la tipología, morfología arquitectónica y funcionamiento original del inmueble y elementos a conservar, reestructurar o sustituir, entendiendo desde el inicio el proyecto como un hecho unitario, ligando las necesidades de restauración con las de su nuevo programa residencial, desde el respeto a los elementos originales y transformaciones en su historia.

Se propone una vivienda donde todas las relaciones y comunicaciones entre las distintas estancias se produzcan a través del patio, recuperando su funcionamiento original. Manteniendo la distribución y muros de carga primitivos y eliminando las particiones y añadidos que se hicieron en las últimas reformas se persigue la claridad conceptual de la intervención, así como la simplicidad estructural.

Se mantiene el acceso actual recuperando el zaguán en su dimensión primitiva, marcado por las pilastras que aparecen en fachada. Asimismo se recupera la dimensión original de la puerta de acceso y su configuración, colocando un nuevo dintel en piedra. Al no tener constancia del original se copia de otras entradas similares de edificaciones de la época existentes en la ciudad. La piedra nueva recibe un tratamiento distinto a la existente. Como cierre se coloca una puerta de madera de la misma época.

El patio recupera su configuración original con tres galerías; no se encontraron trazas que indicaran la existencia de una cuarta en la crujía de acceso. Para ello se recupera el espacio que pertenecía a la casa contigua y que invadía claramente el espacio de la galería. Asimismo se reintegran los niveles originales de la galería del fondo y crujía lateral, antes elevados, recuperando la basa de la columna toscana que se encontraba oculta, tal como aparece en los dibujos de 1.918. Se restaura la galería de madera en planta baja y primera, reparando los elementos en mal estado con prótesis del mismo material y sustituyendo los inexistentes o muy degradados por otros iguales.



Los muros de tapia se consolidan mediante aplicación de una mezcla al 50% de silicato de etilo y disolvente nitrocelulósico, aplicación de un zarpeado de mortero de cal y malla de fibra de vidrio. Las zonas en mal estado se retacan con fábrica de ladrillo macizo. La mampostería se retaca con mampuestos y rejunta con mortero de cal.

En los forjados y cubiertas se sustituyen los elementos de madera en mal estado por otros similares y se coloca nueva tablazón, excepto en los forjados de la entrada que se recupera el entrevigado constituido por palillos de enebro con una gruesa capa de yeso. En las cubiertas se sustituye el cañizo por otro igual. Se restituye la cornisa en pico de gorrión con ladrillo macizo

Los núcleos de comunicación existentes se mantienen recuperando su nivel original y la balaustrada oculta. Al no disponer de un acceso al sótano, ni haber encontrado trazas de él, se propone una nueva escalera con estructura de acero y madera separada de los muros, en la estancia contigua al zaguán.

En las fachadas se mantienen los huecos existentes, algunos de ellos con una variación en su dimensión, para adaptarlos a las carpinterías que ya poseía el propietario, todas ellas antiguas de la misma época del edificio. Se cierran huecos dónde no se necesitan, dejando constancia de todos ellos en las fábricas mediante rebaje en la misma y en el revestimiento. Se recupera asimismo la galería de arcos de planta segunda, abriendo todos los que estaban cegados y que aparecieron al picar los revestimientos. Se deja abierta, sin carpinterías, como estaba en su origen y se aprecia en fotos antiguas de edificaciones similares.

En las lagunas existentes se recompone la unidad general del conjunto dosificando la intensidad de las diferencias respeto a las estructuras originales, mediante la reposición puntual de elementos desaparecidos con otros idénticos o rehundiendo el paño incorporado en caso de reposición con otro material. Se utilizan materiales en todo lo posible iguales a los originales, tan apropiados como en el tiempo en que se utilizaron, al no presentar problemas de incompatibilidad.

Los revestimientos verticales se realizan con morteros de cal. Los solados en la vivienda se colocan en baldosa de barro cocido antiguo, excepto en la galería de planta segunda que se realiza con un pavimento continuo de mortero de yeso en varias capas bruñido con aceite de oliva, recuperando así el pavimento original del que se encontraron algunos trozos bajo las múltiples capas de solería existentes. En la galería de planta segunda, durante las obras de picado de revestimientos, aparecieron entre los arcos unas decoraciones estriadas en yeso que se han limpiado y consolidado. Se hace una reproducción de la mirilla perdida, gracias a la documentación gráfica existente, colocándola en el zaguán.

El concepto de pureza de estilo, ausente en este caso e imposible de alcanzar, contrastaría con la peculiar heterogeneidad estilística del edificio, que sin embargo forma un todo coherente. Una edificación como la que nos ocupa es portadora de una historia durante la cual ha sufrido múltiples transformaciones y en la que cada época ha dejado su huella. Se realiza una restauración fundada sobre la necesidad de preservar la autenticidad del edificio a lo largo de su historia.

REFERENCIAS

[1] Cazabán, Alfredo. “La Casa de los Priores” en *Don Lope de Sosa*, año 1.918, pp. 57.

[2] Cazabán, Alfredo. “La Casa de los Priores” en a *Don Lope de Sosa*, año 1.924, pp. 255.



Foto 3.- *Patio. Estado actual*



Foto 4.- *Patio. Estado reformado*



Foto 5.- *Galería. Estado reformado*



Foto 6.- *Galería desde la calle*

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. *Catálogo monumental de la Ciudad de Jaén y su término.* Instituto de Estudios Giennenses (C.S.I.C.), Excma. Diputación Provincial de Jaén. Jaén, 1985.

Cazabán, Alfredo. "La Casa de los Priores" en *Don Lope de Sosa*, año 1.918, pp.57, año 1.924, pp.255

Chamorro Lozano, José. *Guía artística y monumental de la ciudad de Jaén*. Jaén. 1971.

López Murillo, José, Lara Martín-Portugués, Isidoro y López Pérez, Manuel. *Jaén en Blanco y Negro.* Murillo. Jaén, 1.995.

Pardo Crespo, José María. *Evolución e historia de la ciudad de Jaén.* Gráficas Nova, S.A. Jaén, 1.978.

ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS DE MODELIZACIÓN Y REHABILITACIÓN CON COMPOSITES DE CASTILLOS ESPAÑOLES. EL CASO PROTOTÍPICO DEL DE "LAS AGUZADERAS".

José Ignacio Pérez Calero [(1)]

Doctor Arquitecto, D. En Ciencias Físicas, Profesor Titular de Universidad. [(1)]

Cristina Alba Perez – Rendón [(2)] **, Fernando Guerra Algaba** [(3)]

Becarios de investigación [(2) (3)]

Dto. De Mecánica de Medios Continuos, Teoría de Estructuras e Ingeniería del Terreno.
E.T.S. Arquitectura de Sevilla Avenida de Reina Mercedes 2. 41012. Sevilla.
Tfno. 954557859. Fax. 954556965

perezcalero@us.es [(1)] **, cristina_alba@hotmail.com** [(2)] **, fernandoguerraalgaba@gmail.com** [(3)]

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL.

RESUMEN: El castillo de "Las Aguzaderas" es un ejemplo hermoso de construcciones militares. Queremos obtener una metodología general para la modelización y funcionamiento en este castillo español prototípico, para su uso no solamente en él, sino también en otros muchos existentes que respondan a este mismo patrón, con el interés que ello conlleva. Los bloques pétreos crean poderosos elementos, solamente perforadas por pequeños huecos (puertas, saeteras, etc.). Las características mecánicas de la piedra son bien conocidas. Las formas simples de los elementos básicos hace posible el uso intensivo de Métodos Numéricos, al poder trabajar con discretizaciones de elementos tipo "ladrillo". Otros elementos más complejos (bóvedas, cúpulas, estribos, puertas, etc.) se pueden fácilmente modelizar y discretizar. El análisis que nos proporciona la metodología indicada, nos permite identificar e interpretar patologías en este castillo, con lo que es posible realizar el Plan de Rehabilitación Integral, en especial con materiales Composites, armados con fibras (vidrio E, kevlar o carbono).

INTRODUCCIÓN

La Edad Media española dio lugar a la construcción de numerosos castillos cuya finalidad era el asentamiento y defensa del territorio reconquistado a los musulmanes, dando incluso nombre a la región entera (Castilla). En el Sur y durante el S.XIII, se erigieron marcando la línea fronteriza entre los respectivos territorios cristiano y musulmán a medida que iba avanzando la reconquista cristiana. Los lugares elegidos para su construcción respondían a muy concretas y estudiadas razones geoestratégicas y militares y, en muchos casos, aprovechando construcciones arruinadas similares anteriores, erigidas, a veces, en época ibérica o romana.





Fotos 1 y 2.- *Vistas exterior e interior del Castillo de las Aguzaderas.*

El castillo de “Las Aguzaderas” de El Coronil (Sevilla) es un bello ejemplo de estas construcciones. Situado cerca de la ciudad de Servilla, tenía como misión ser uno de los puntos de fijación de la frontera Sur de la conquista castellana del Valle del Guadalquivir, frente a la inexpugnable y cercana Serranía de Ronda.

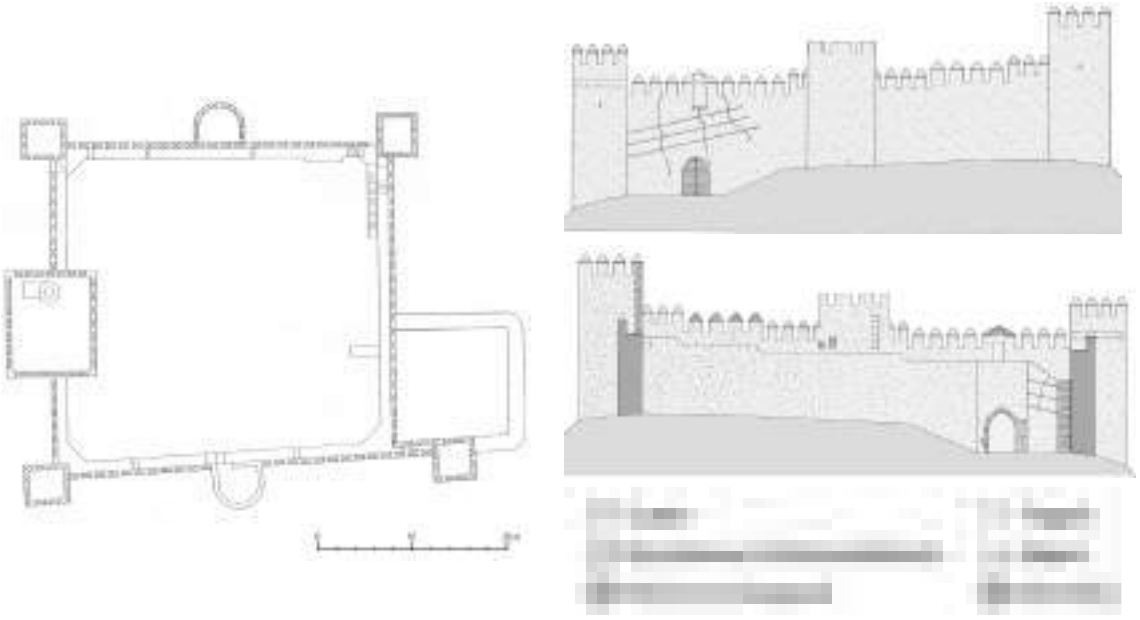
Puede ser considerado como un modelo antológico y prototípico de este tipo de edificaciones militares. Posee todos los elementos constructivos que los caracterizan. Su tamaño medio lo hace, asimismo, ideal para este tipo de estudios y, además, su sobriedad decorativa (en contraposición a otros como el segoviano de Coca), hace que no se produzca distorsión en la esencia de esta investigación.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Este castillo fue erigido durante el siglo XIII por la poderosa familia de los Ribera (originarios de Galicia). Por sus contribuciones a la Reconquista cristiana de la Península Ibérica, fueron nombrados “Adelantados de Castilla”, lo que conllevaba multitud de prebendas y posesiones territoriales. Esta familia, inicialmente, fueron nombrados “Condes de Los Molares”, aunque su gran ambición les llevó a otros títulos nobiliarios, hasta entroncar con la “Casa de Medinaceli”, e incluso, con el Almirantazgo de Castilla, por lo que se movieron en el entorno más influyente y poderoso de la Corte. Tras muchas vicisitudes y con el paso de los siglos, este hermoso castillo pasó a ser propiedad de la Administración española.

El concepto de torre “albarrana” cristiana, está presente en el diseño de esta fortificación, lo cual tiene, como es sabido, un gran interés tipológico, por su exclusividad en la Península Ibérica, puesto que no existe en el resto de Europa.

Original es, asimismo, su posición topográfica, al encontrarse situada en una vaguada, contrariamente a lo sucede en el resto de castillos, generalmente en la cima de altozanos para dominar el entorno. La razón de esta particularidad, es su finalidad de defensa de caminos y manantiales existentes allí.



Fotos 3 y 4.- *Planta general del castillo y alzados norte interior y exterior.*

METODOLOGÍAS M.E.F. DE APLICACIÓN EN TIPOLOGIAS DE CASTILLOS

Nos proponemos, pues, en primer lugar, crear una metodología general para la modelización (mediante Métodos de Elementos Finitos, M.E.F.) y actuación en este prototípico castillo español, de forma que nos sirva para su aplicación no sólo en él, sino en otros muchos existentes que responden a este patrón, con las ventajas que de ello se derivan.

La construcción de estos castillos se basaba en bloques pétreos, de diferentes tamaños (sillares, sillarejos y mampuestos), creando muros, generalmente rectos, sólo perforados por escasos huecos (puertas, saeteras, etc.), con una alta proporción de macizo sobre vano. La piedra, generalmente, procedía de canteras vecinas (aún hoy en explotación muchas de ellas), por lo que sus características mecánicas básicas son bien conocidas o su determinación es muy sencilla en laboratorio.

La forma simple paralelepipédica de los elementos esenciales formadores del conjunto a estudiar, posibilitan el profuso empleo de métodos numéricos, al trabajar con discretizaciones con una mayoría de elementos tipo “brick” (ladrillo), simples y de tamaño apreciable, con la economía computacional que ello conlleva. Los elementos arquitectónicos de comportamiento estructural más complejo (bóvedas, cúpulas, nervios, contrafuertes, puertas, etc.), que también están presentes en estos edificios, pueden, asimismo, ser fácilmente modelizados y discretizados, al estar construidos por elementos de cantería medieval tradicional y, por ello, abordables por mallados relativamente poco tupidos y generalmente estandarizados.

El toponímico de “Las Aguzaderas” hace referencia a un basamento de material rocoso, pues legendariamente era donde afilaban sus pezuñas los jabalíes que habitaban en esta región. Por ello, entendemos que los fenómenos de asientos diferenciales, deben ser prudentemente tenidos en cuenta, a pesar de la existencia de diferencias de cotas topográficas entre los puntos más alejados del edificio del orden de 6 metros.

La generación del modelo matemático requiere un gran cuidado en las aéreas de cambio geométrico, por su gran influencia en la exactitud y convergencia numérica del método empleado. El problema de la introducción de curvas de tensión-deformación y estados de rotura de los materiales presentes, es otro reto existente en nuestro estudio. En términos analíticos, la estructura de fábrica se ha considerado, en una primera aproximación, como elástica-lineal / perfectamente plástica continua, con elevada resistencia a compresión y escasa a tracción. Sin embargo, debemos tener en cuenta la interacción entre el mortero de las juntas (escasamente existen piezas “a hueso”) y los elementos pétreos, por lo que consideramos la fábrica como material ortotrópico, aunque a veces, nos muestra apreciables diferencias entre sus dos ejes principales.

La “macromodelización” que podemos realizar nos lleva al estudio de una microestructura (fábrica), en armonía con simulaciones de la interfase junta-pieza, como satisfactoriamente han realizado otros investigadores.

Analizaremos, por separado, el estudio realizado sobre Muros, Encuentros, Arcos y Bóvedas.

3.1. Muros

Antológicamente constituyen en este tipo de edificios, la mayor parte del volumen de elementos a simular y discretizar. En general, modelos 3D-Bricks son excelentes para su estudio, aunque zonas específicas de los mismos, deben ser analizados especialmente de forma singular.

La conclusión generalizada, aún en las piezas mayores y muy profundas (sillares), es su bajo régimen de rangos tensionales a que están sometidas.

3.2. Encuentros

Éstos están presentes alrededor de aperturas, variaciones de espesor, uniones con el suelo, esquinas, zonas de tallado imperfecto y daños a lo largo del tiempo.

El estudio debe realizarse con elementos paralelepipédicos generales e incluso con Shell-2D ó 3D, o con simulaciones con densidades o inercias variables.

Constituyen las zonas críticas y singulares en esta tipología edificatoria y deben ser analizados con especial cuidado.

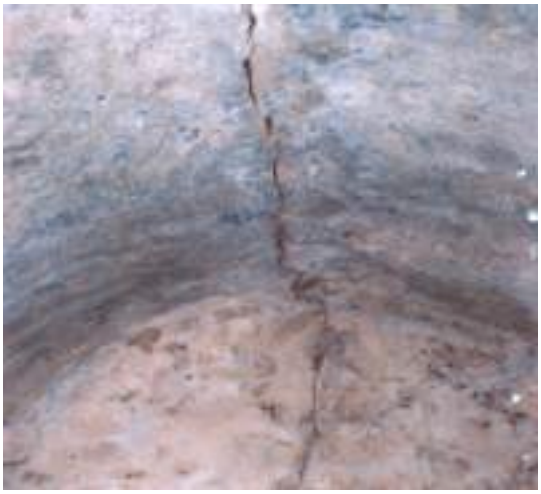
3.3. Arcos

Constituyen elementos singulares en los castillos españoles, a veces como puertas de acceso o como piezas sustentantes y arranques de bóvedas. Podemos abordarlos con elementos tipo Beam-3D considerando el peso propio de materiales de relleno y peso muerto, como una carga tridimensional uniforme. Simplificaciones de parábola rebajada, suelen dar resultados excelentes y bajo coste computacional.

3.4. Bóvedas

El camino recorrido por numerosos investigadores, resulta extraordinariamente fructífero para el análisis que debemos realizar en zonas muy específicas de estos edificios militares. En el castillo de “Las Aguzaderas”, tal situación se presenta en el interior de la “Torre del Homenaje”, verdadero corazón del castillo y residencia de sus más nobles moradores. El uso de elementos 3D-Bricks y la consideración del material pétreo con una curva no-lineal de tensión-deformación en compresión y sin resistencia a tracción, es suficiente para una interpretación adecuada del estado de fisuración que está presente en nuestro castillo. Los arcos de sustentación fueron tratados como elementos tipo 3D-Beam (aunque podríamos haberlo hecho como red de nervios), que presenta el castillo en estudio.

El estudio se completó con un análisis posterior con elementos Shell de 9 nudos, confirmándose el estado de rotura bajo curvas coincidentes con la situación real actual.



Fotos 5.- *Fisura en la bóveda de la “Torre del Homenaje”.*

PLAN DE REHABILITACIÓN INTEGRAL

El análisis que nos proporciona la metodología señalada anteriormente nos llevaría a entender las patologías detectadas y existentes en la actualidad en una profunda inspección de este bello castillo, con lo que podríamos realizar las líneas de investigación del Plan de Rehabilitación Integral, para lo que se situaría una tupida red de sensores (mecánicos y electrónicos) que nos facilitarán la necesaria información acerca de movimientos diferenciales de elementos estructurales prefijados en el citado Plan.

Tendremos un especial cuidado en los puntos de encuentro de elementos constructivos, especialmente cuando posean inercias muy diferentes (muros, impostas, nervios, etc.).

De manera similar, la existencia de elementos de madera en estos castillos (fundamentalmente viguerías en techos o vigas maestras con alto valor histórico o artístico) nos obliga a analizar

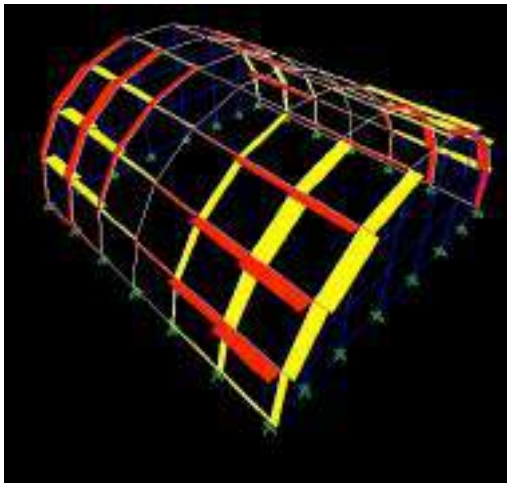
profundamente su estado general, detectando alteraciones de sus características mecánicas o estéticas, muchas veces atribuibles a su carácter de material de origen vegetal, y por ello susceptibles de ataques de agentes xilófagos (carcomas u otros insectos), lo que nos obliga a un estudio riguroso y a realizar ensayos por metodologías ultrasónicas para su detección.

El plan de intervención que se ha de realizar, debe contar para la solución de las patologías, no sólo con materiales tradicionales donde ello sea posible, sino también con otros innovadores de última tecnología, en especial con los Composites, con base cementicia o no, y con fibras de diversas prestaciones (vidrio E, Kevlar o de carbono). Muy útiles son las bandas de refuerzo con tipología estructural de membrana y constituidas con fibras de carbono tejidas (Vf>50%) ó bandas de tracción de pura fibra como tirantes, especialmente para contrarrestar empujes de muros originados por el desplome de los mismos.

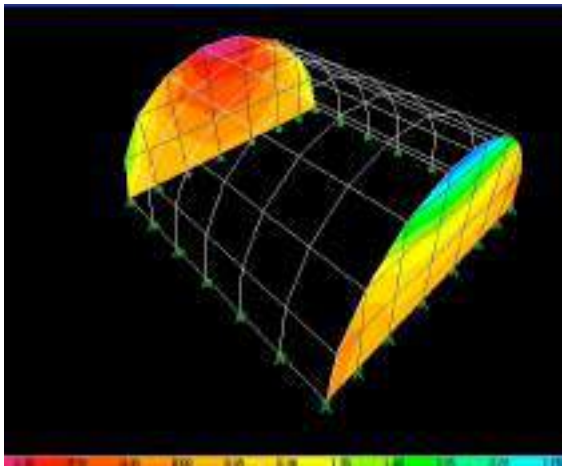
Estos Composites poseen características excepcionales que los hacen óptimos para este cometido, debido a su ligereza y resistencia mecánica, ser inoxidables y neutros químicamente, así como su moldeabilidad extrema, inigualable para Restauración, en especial figuras escultóricas, escudos de armas sobre portadas o bajorelieves, molduras, etc....Es la solución óptima a realizar con composites de matriz termoestable con fibra de vidrio (G.R.C. o similar), aún de elementos del mayor valor artístico o decorativo.

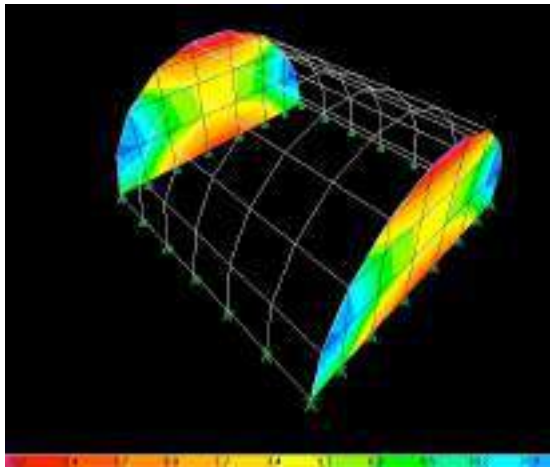
El uso de estructuras textiles (constituidas de materiales composites, en la mayoría de los casos) es, por último, recomendable cuando las rehabilitaciones propiamente dichas van acompañadas de exposiciones al aire libre en el interior o en el exterior de estos recintos históricos, dadas las grandes posibilidades técnicas y estéticas que las caracterizan.





Fotos 7 y 8.- *Modelización boveda momentos y arco axiles*





Fotos 9 y 10.- *Modelización con momentos y axiles máximos*

CONCLUSIONES

Nuestro castillo es con toda rigurosidad, un modelo antológico y prototípico de esta tipología de edificaciones militares, al poseer la generalidad de los elementos constructivos que las caracterizan. Su tamaño medio y su sobriedad decorativa van a corroborar la esencia investigadora perseguida. La metodología de modelización utilizada, da resultados plenamente satisfactorios para la detección del comportamiento mecánico-estructural y constructivo, no sólo del castillo analizado, sino también, por extensión, a las tipologías generales de aplicación, mostrándonos las patologías existentes y las causas de las mismas y, por consiguiente, nos dan la pauta para adoptar las medidas correctoras de aplicación en sus rehabilitaciones. El Plan de Rehabilitación Integral, con la red de sensores y análisis de ensayos que prevé, será la base del Documento Técnico a elaborar, en cada caso, para proteger el rico patrimonio artístico e histórico de nuestros castillos.

El uso de Composites, en sus amplias posibilidades, se muestra fundamental a los fines perseguidos, por sus cualidades mecánicas y sus altas prestaciones, aún en elementos con el mayor valor patrimonial.

REFERENCIAS

[1] Barthel, R. 1993. Crack formations in masonry cross vaults. Proceeding. Symp. Estruct. Preservations of the architectural heritage. IABSE. Zurich. Suiza.

[2] Beckmann, P. 1994. Structural aspects of building conservation. Mc. Graw-Hill. Berkshire. Gran Bretaña.

[3] Giuffré, A. 1991. *Lettura sulla meccanica delle murature storiche*. Edizioni Kappa, Roma.

[4] Hendry, A.W., Sinha, B.P y Davies, S.R. 1997. Design of masonry structures. E&FN Spon. Londres. Gran Bretaña.

[5] Heyman, J. 1995. *The stone skeleton. Structural engineering of masonry architecture.* Cambridge University Press, Cambridge.

[6] Jiménez Esteban, J. 1997. *El Castillo Medieval*. Madrid. España. ISBN-84-9232000-0-1.

[7] Mainstone, R. J. 1998. *Developments in structural form*. Architectural Press, Londres.

[8] Pérez Calero, J.I.1996.Numerical and Extensometric Method for Design of refractive Solar Concentratyors. World Renewable Energy Congress IV. Denver. Colorado. USA.

[9] Pérez Calero, J.I.2001. Composites in the design and calculation of solar refractive concentrators prototypes. CCC 2001 Composites in Construction International Conference. Oporto. Portugal.

[10] Pérez Calero, J.I.1997. Análisis y cálculo simplificado de prototipos de estructuras textiles en paraboloide hiperbólico. III Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. CD-ROM Proceedings. La Habana. Cuba.

[11] Pérez Calero, J.I. 1998. Composites and Constructions: Design of solar refractive-concentrators prototypes. European Conference on Composites Materials. ECCM-8. Nápoles. Italia.

[12] Pérez Calero, J.I.1998. Análisis de Composites para el diseño simplificado de estructuras textiles arquitectónicas y urbanísticas. II Congreso de Arquitectura y Materiales Compuestos (ARQUIMACOM) Proceedings pp. 171-178. Burdeos. Francia.

[13] Theodossopoulos, D., Sinha, B. P. And Usmani, A. S. 2003. *A case study of the failure of a cross vault: church of Holyrood Abbey*. J. Architectural Engrg., ASCE, 9(3), 1-9. Gran Bretaña.

[14] Perez Calero, J.I. 2005. Metodologías de Modelización y Rehabilitación con Composites de Castillos Españoles. Análisis del Castillo de "Las Aguzaderas". I Jornadas de Investigación en Construcción. Madrid.

[15] Perez Calero, J.I. 2008. *Methodologies of Integral Rehabilitations Plans of Spanish Castles Heritage with Composites*. Analysis of "Las Aguzaderas" Castle. International Conference World Heritage and Sustainable Development. Vila Nova de Foz Coa. Portugal.

PLAN PARA LA PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL DEL DPTO. IGLESIA.

María Rosa Plana[(1)], Mabel Fábrega, Liliana Vega, Arq. Luis Orellano[(2)], Arturo Pereyra, Estela Márquez, Adriana Romero, Arq. Ricardo Gómez

Instituto Regional de Planeamiento y Habitat. Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. Av Ignacio de la Roza y Meglioli. Campus Islas Malvinas. 5400 San Juan. Argentina.

planamariarosa@gmail.com [(1)] luisorellano@gmail.com [(2)]

CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO. PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Resumen

El trabajo tiene como objetivo elaborar un Plan para la Puesta en Valor del Patrimonio Integral del Departamento Iglesia, ubicado al norte de la Provincia de San Juan / Argentina, utilizando como herramienta el turismo y la educación, de la comunidad involucrada, para favorecer el desarrollo local. Se considera al plan como un instrumento que surge del conocimiento de la situación actual de Iglesia en sus aspectos físico, económico y social, en cuanto interesa el compromiso de la población para trabajar por la salvaguardia de su patrimonio además de reconocer el valor de ser un recurso rentable que mejorará su calidad de vida.

Iglesia posee un valioso patrimonio natural y cultural, conservado por un aislamiento de siglos. Debido al desarrollo del turismo, la minería y los medios de comunicación, hay un nuevo escenario, una nueva situación que pone en riesgo el ambiente y su identidad cultural. Por lo tanto es necesario planificar acciones para la salvaguardia del patrimonio con la participación de la comunidad involucrada. El patrimonio de Iglesia por desconocimiento, falta de sensibilidad y de políticas adecuadas , está sometido a un proceso de deterioro y no es utilizado como recurso.

Por ello, se trabaja en un Plan para la Puesta en Valor del Patrimonio Integral, a través de un Programa General, que contiene Subprogramas, cada uno de los cuales incluye acciones concretas especificadas en los Proyectos Culturales, último eslabón del Plan. Se ordenan las propuestas temáticamente en un Programa de desarrollo vertical con interconexión transversales entre los subprogramas, en respuesta a los objetivos, diagnóstico y estrategias planteadas.

Los Subprogramas están referidos al patrimonio integral como eje central y los transversales referidos a la actividad turística y educacional, cada uno con sus respectivos proyectos.Los Subprogramas mantienen una relación de interdependencia entre si y los Proyectos Culturales, Turísticos y Educacionales, encuadrados en ellos, están subordinados a la conservación del patrimonio. Los Proyectos tienen la particularidad de ser independientes y por lo tanto pueden ser ejecutados asegurando, con anterioridad, la viabilidad de recursos humanos y económicos.

Palabras claves: Patrimonio - Educacion - Turismo - Puesta en valor - Plan

Ponencia

La naturaleza ha dotado al Departamento de Iglesia, Provincia de San Juan / Argentina, de recursos y atractivos naturales aptas para el desarrollo de distintas actividades humanas. En su territorio se destacan, al oeste, la presencia de las grandes alturas de la Cordillera de Los Andes, al este la precordillera y entre estas formaciones se desarrollan extensos valles a más de 1.800 msnm.

El clima desértico continental de altura, con importante amplitud térmica diaria y estacional. El viento Zonda sopla desde marzo a octubre, lo hace con mucha frecuencia y por largo tiempo, elevando la temperatura ambiente y bajando la humedad a valores de cero por ciento. El verano fresco, con una amplitud térmica que permite disfrutar, durante el día, de actividades propias de la estación y descansar, sin la necesidad de acondicionamiento alguno, por el refrescamiento nocturno que lo hace posible.



***Foto 1**.-Paisaje rural enmarcado por la Cordillera de Los Andes.*

Su territorio posee una valiosa flora y fauna, adaptada a condicionantes naturales con el desarrollo de distintas micro o macro regiones, en ambientes variados y con formaciones, relieves geomorfológicos de gran interés. Prueba de esto, lo evidencian las áreas declaradas reservas de la naturaleza como la Reserva de la Biosfera de San Guillermo –UNESCO-; Reserva Provincial y Parque Nacional. Este ambiente evidenciado en las interrelaciones flora-fauna-territorio, presenta un importante patrimonio y un potencial turístico relevante.

Los paisajes culturales del departamento muestran la presencia del hombre en el territorio desde tiempos remotos. Restos arqueológicos de importantes culturas pueden observarse principalmente en los distritos Tocota y Angualasto. El camino del Inca, cuya existencia se ha probado en Iglesia, evidencia la ocupación del territorio por los puebos aborigenes. Las historias de los habitantes de estos territorios se ven reflejadas en sus construcciones, generando un paisaje identificado por la difícil tarea de dominar a la naturaleza y hacer habitable los fértiles oasis. El hombre habita los verdes oasis regados por vertientes y arroyos cordilleranos, el resto del territorio es desierto.



***Foto 2.-** Templo de Santo Domingo de Guzman. Rodeo. Construcción en material crudo.*

En este territorio descripto, el equipo de trabajo hizo un riguroso relevamiento y valoración del patrimonio natural y cultural (tangible e intangible), para ello se analizó los aspestos favorables y desfavorables, externo e interno, del caso encuestion. Esto permitio realizar un diagnóstico para desarrollar un plan con posibilidades ciertas de éxito.

El diagnóstico del Departamento Iglesia confirma, lo que apriorise se podía observar, la diversidad de su patrimonio tangible, pero también evidencia el sentimiento de arraigo de la población y la valoración inconsciente de su patrimonio. Estas dos ultimas actitudes, hacen propicio el desarrollo de acciones para la salvaguardia del patrimonio con la participación de los protagonistas. Pare ello deberá plantearse previamente un trabajo social-educativo de concientización, tarea que deberá ser asumida por la administración provincial-municipal y la universidad.

El trabajo con el ambiente, la cultura y el patrimonio, en forma responsable, posibilita generar actividades productivas rentables como el turismo que puede asociarse y complementarse con las explotaciones agropecuarias tradicionales y la nueva mineria.

ANALISIS FODA - DEPARTAMENTO IGLESIA			
	Fortalezas	Paisaje Natural	• Valioso y variado paisaje natural. Región precordillera y Cordillera Frontal. Valles extendidos a más de 3.000 msnm. • Destacada biodiversidad en flora y fauna. Posible de diferenciar por zona fito-zoológica. Área extremo sur de la Puna. Existencia de áreas protegidas y reservas de la naturaleza. • Interesantes y variadas áreas por su relieve y geomorfológicas. • Reservas de la naturaleza. Reserva de la Biosfera de San Guillermo / UNESCO, Reserva Provincial y Parque nacional.
		Paisaje Cultural	• Variedad de paisajes culturales. • Interesante presencia del hombre en la transformación territorio. Cultivos, ganadería; diques, minería, etc. • Valioso patrimonio arqueológico. Hombre precolombino. Primer periodo de desarrollo cultural de importancia, área total del departamento. • Valioso patrimonio de la producción. Comercialización con Chile y Bolivia. Segundo período cultural claramente marcado en el desarrollo área oasis. • Importante impacto en el paisaje cultural generado por la construcción del embalse y dique. Cultura del riego en el oasis. Permite aprovechamiento hidroeléctrico. Marcado impulso al turismo, nuevo recurso. • Valioso desarrollo minero, insipiente manifestaciones en sus orígenes y con huellas en la totalidad del territorio. Tercer período desarrollo cultural en cordillera
		Patrimonio Tangible	• Valioso patrimonio arquitectónico. Monumentos nacionales: Molinos, Templo. • Valioso patrimonio arquitectónico. Casonas y Conjuntos de viviendas, en zonas urbanizadas de los poblados, fachadas continuas. • Importante material arqueológico. Museos.
		Patrimonio Intangible	• Valioso patrimonio intangible. Fiesta Departamental y fiestas populares y religiosas. • Actitud de la comunidad en mantener viva sus tradiciones, costumbres y modos de vida.
	Debilidades		• Depredación del ambiente natural. Falta de Conciencia ecológica. Falta de tratamiento de residuos de todo tipo y líquidos servidos. • Desprotección de los recursos naturales en relación a su valor patrimonial y como recurso turístico. Desde las autoridades y comunidad. • Ausencia de un plan de ordenamiento territorial. • Ausencia de legislación y normativa en la preservación de los bienes patrimoniales naturales y culturales. Planificación integral que contemple la conservación del patrimonio. Protección solamente en áreas de reservas (patrimonio natural). Solamente existe ordenanza que protege las tapias (patrimonio cultural). • Falta de acciones sistemáticas y programadas para salvaguardar el patrimonio cultural. Desde lo arqueológico hasta lo actual. La presencia del hombre en el territorio. • Renovación en las zonas urbanizadas atenta con los valores de identidad de los poblados y con la conservación de las casonas tradicionales. • Ausencia de organizaciones comunitarias que trabajen por la defensa del patrimonio. • Falta de valoración conciente del patrimonio cultural por la comunidad involucrada. • Falta de Información sobre lugares, sitios y monumentos. Escasa señalización de los atractivos.
	Oportunidades		• Tendencia mundial hacia la defensa del medio ambiente y sus ecosistemas. • Posibilidad de utilizar el patrimonio natural como recurso para el desarrollo local. • Demanda creciente de la actividad turística relacionada con la naturaleza. • Mayor interés y demanda por el turismo cultural. • Existencia de documentos internacionales que aportan principios para la salvaguarda del patrimonio cultural. • Revalorización mundial del patrimonio de culturas precolombinas.
	Amenazas		• Deficiente legislación nacional para la protección del patrimonio cultural de las distintas regiones. • Inexistencia de un marco legal adecuado para salvaguardar el patrimonio natural • Deficiente articulación entre la investigación científica y el desarrollo local • Poco conocimiento y/ó escasa sistematización de la información del patrimonio natural y cultural de la zona en cuestión. • No existe promoción turística adecuada de los sitios naturales con valor patrimonial

Tabla 1.- *Análisis FODA del Departamento Iglesia. Provincia de San Juan / Argentina*

El equilibrio entre el paisaje natural y el patrimonio construido. La diversidad de bienes patrimoniales tangibles e intangibles, hacen del Departamento un lugar propicio para trabajar en defensa de su valioso y rico patrimonio. Las tareas para salvaguardar su patrimonio deben llevarse a cabo en forma perentoria, debido a los importantes cambios en el terriotorio impulsados por una minería a gran escala y un turismo en franco crecimiento. Para desarrollar esta última actividad y mejorar la calidad de vida de sus propios habitantes, debe solucionarse el déficit de equipamiento, servicio e infraestructura.

Las costumbres, tradiciones, modos de vida, valores etc., se perciben como herencia colectiva, construyen la historia y se materializan en edificios y paisajes culturales, esta realidad permite acciones de recuperación y revalorización del patrimonio arquitectónico buscando las propias señas de identidad.

Es importante destacar el impacto físico en el territorio y el proceso de transformación en la comunidad que vive el Departamento Iglesia desde aproximadamente el año dos mil. Evidencia de la afirmación es el gran espejo de agua generado para reserva de regadío y generación de energía, los emprendimientos mineros, las comunicaciones y otras actividades productivas como el turismo, han provocado cambios en lo fisico y en lo social, conductas y modos de vida. Este nuevo dinamismo pone en peligro el patrimonio y es aquí el desafió de conjugar el pasado con el presente en un entorno físico-ambiental particular.

Pautas para la puesta en valor del patrimonio natural y cultural de Iglesia. Para elaborar las estrategias valor se establecieron previamente pautas encuadradas en los siguientes aspectos: lo natural, lo urbano, lo edilicio, lo intangible, lo socio educativo y lo turístico.

Pautas para la puesta en valor del patrimonio natural y cultural de Iglesia	
Natural	• Que las intervenciones propuestas respeten el ambiente natural. • Que los cambios propuestos consideren la preservación del paisaje natural. • Que tiendan a conservar los recursos naturales • Que los productos turísticos que involucren el patrimonio natural consideren su capacidad de carga.
Urbano	• Que respeten el equilibrio medio – ambiental. • Que no introduzcan innovaciones en el espacio que estén en contradicción con el paisaje natural y cultural existente. • Que contribuyan a crear o respetar normativas referidas a uso del suelo para el área rural y de protección de la imagen rural. • Que protejan los sitios con valor patrimonial. • Que propicien acciones de conservación en los sitios con valor patrimonial.
Edilicio	• Que respeten las tipologías y sistemas constructivos existentes. • Que propicien acciones de preservación de los edificios seleccionados. • Que las intervenciones en el patrimonio arquitectónico sean respetuosas, cuidadosas y auténticas.
Intangible	• Que respeten los significados de su patrimonio de los pobladores. • Que mantengan la autenticidad de las técnicas que sustentan los bienes patrimoniales inmateriales. • Que los protagonistas y principales destinatarios de las acciones de puesta en valor de los bienes inmateriales sea la comunidad involucrada.
Socio-educativo	• Que las estrategias sean aceptadas y consensuadas por los pobladores tradicionales y autóctonos. • Que en lo posible pueda participar toda la familia en la implementación de las estrategias. • Que respeten la idiosincrasia de los pobladores rurales. • Que tiendan a concienciar a la población sobre el valor de su patrimonio. • Que si bien el trabajo en defensa del patrimonio es complementario al agrario puedan dedicarle tiempo y esfuerzo. • Que las actividades que se le asignen a la gente estén de acuerdo con sus conocimientos, destrezas y habilidades.

Tabla 2.*-Pautas para la puesta en valor del patrimonio natural y cultural de Iglesia*

Estrategias para la puesta en valor. Teniendo en cuenta las pautas descriptas para los diferentes aspectos de estudio y haciendo un ejercicio de análisis y síntesis se formulan estrategias para preservar los bienes patrimoniales articulando la investigación científica con el desarrollo local.

Estrategias para la puesta en valor del patrimonio	
Intervenir los bienes patrimoniales tangibles para su conservación	• Rescatar la arquitectura vernácula. • Revalorizar las casonas iglesianas. • Rescatar los sistemas constructivos tradicionales.
Rescatar y revalorizar los bienes patrimoniales inmateriales	• Aprovechar las costumbres y técnicas tradicionales para preparar y conservar productos alimenticios para difundir la gastronomía. • Registrar una marca para las artesanías y productos alimenticios del departamento que represente calidad y autenticidad. • Agrupar a los artesanos y crear una feria permanente de artesanos en un sitio dedicado a ese fin exclusivamente. • Crear un sistema de premios para los artistas. • Recrear las fiestas populares y religiosas que se realizan o que se realizaban en el pasado para rescatar este patrimonio cultural.
Generar normativas.Preservación del patrimonio natural y cultural.	• Elaborar un marco legal para salvaguardar el patrimonio del departamento • Conjugar los instrumentos legales
Determinar itinerarios culturales	• Unir puntos concretos o virtuales que posean riqueza patrimonial • Promocionar los sitios donde se comercializan productos agropecuarios y artesanales a nivel turístico en ferias, centros, agencias, páginas web, folletos y otros medios.
Conservar el patrimonio a través de la educativa	• Implementar talleres para el aprendizaje de las costumbres y tradiciones. • Trabajar el tema patrimonial en los establecimientos escolares del departamento. • Enseñar en las uniones vecinales las técnicas de albañilería para rescatar las tecnologías apropiadas de construcción. • Formar lideres comunitarios para que se constituyan en gestores de proyectos patrimoniales
Conservar el patrimonio a través del turismo	• Mejorar la infraestructura y el equipamiento complementario para el turismo • Editar mapas y folletos turísticos del departamento y distribuirlos sistemáticamente. • Incentivar el turismo cultural y ambiental

Tabla 3. *Estrategias para la puesta en valor*

Viabilidad de las estrategias. Para asegurar el éxito de las estrategias a seguir fue necesario verificar en la realidad su viabilidad respecto a la posibilidad de ejecución en cuanto a la disponibilidad de recursos humanos, legales y económicos. En consecuencia fue necesario realizar reuniones con la comunidad, líderes vecinales y entrevistas con representantes del municipio, de las cuales se puedo obtener la certeza del éxito del accionar que se plantea a través de los proyectos.
Se trabajó con la normativa provincial referida a la conservación del patrimonio, específicamente la Ley Provincial № 6801 que constituye el encuadre jurídico adecuado para normar la protección del patrimonio rural de Iglesia. En lo relativo a los recursos económicos se detectaron las organizaciones públicas y privadas a quien solicitar financiamiento.

Plan de puesta en valor del patrimonio natural y cultural iglesiano. Un plan es una herramienta de reflexión y conocimiento de la realidad. Planificar es utilizar una metodología, aplicar una herramientas que permitan fijar objetivos y utilizar eficazmente los recursos disponibles para ejecutar el proyecto. El Plan fue elaborado como una herramienta útil para instituciones públicas y privadas, cuya actividades están relacionadas con la promoción económica y social

del departamento. Su característica es ser práctico y de fácil manejo para todos aquellos agentes públicos y privados que intervienen en la promoción del desarrollo rural. Sus potenciales usuarios son los técnicos del municipio, educadores y miembros de asociaciones culturales.

El Plan de puesta en valor hace hincapié en la educación patrimonial para generar conciencia en la comunidad y fundamentalmente en los jóvenes. La educación es la herramienta más eficaz de conservación del patrimonio. También se impulsa el desarrollo del turismo sustentable como medio de generar los recursos para la conservación del patrimonio.

Específicamente la propuesta presenta un programa general con subprogramas particulares, cada uno de los cuales incluye acciones concretas especificadas en los proyectos. Se ordenaron temáticamente en un programa de desarrollo vertical con interconexión transversales entre los subprogramas, coincidentes con objetivos, diagnóstico y estrategias planteadas. Los subprogramas mantienen una relación de interdependencia y los proyectos culturales, turísticos y educacionales que están encuadrados en ellos, poseen relaciones entre si y a su vez están subordinados a la conservación del patrimonio. Los proyectos tienen la particularidad de ser independientes, por lo tanto pueden ser ejecutados según viabilidad de recursos humanos y económicos. Además son sugerencias ó recomendaciones que pretenden servir de guía para las intervenciones en cada uno de los aspectos y temáticas: Patrimonio-Turismo-Educación.

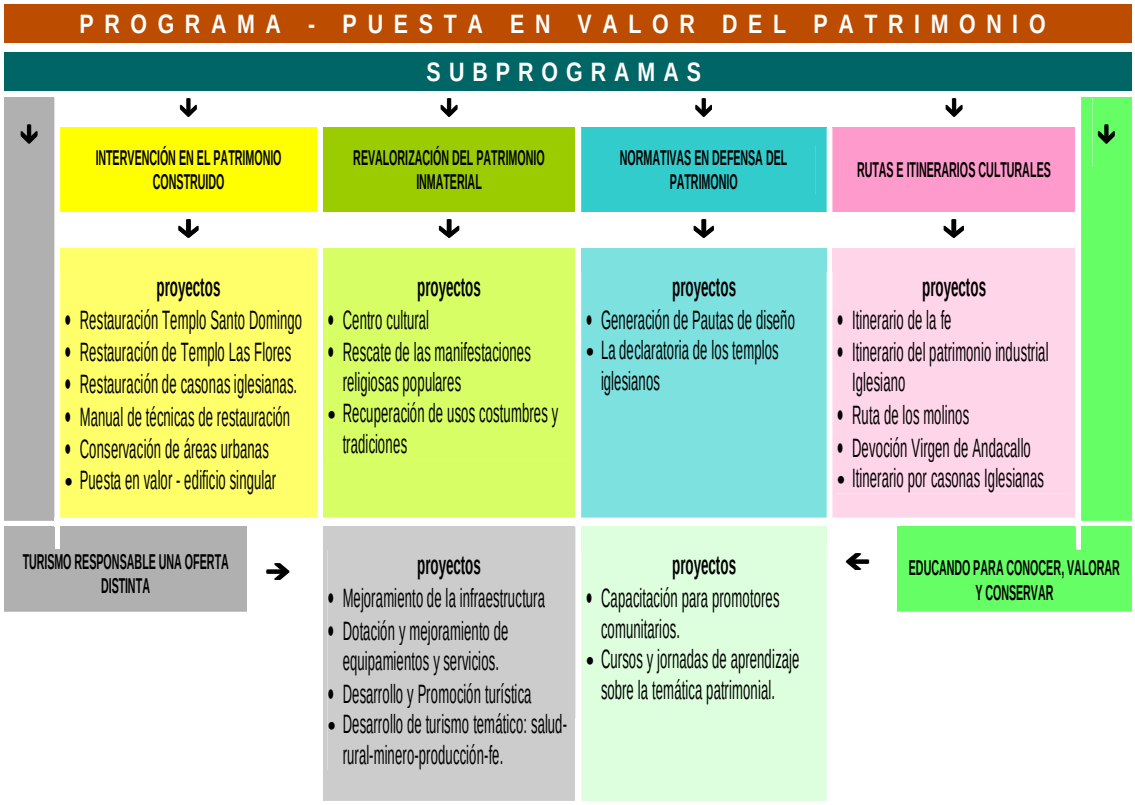


Tabla 4. *Plan de desarrollo rural del departamento iglesia.*

A modo de conclusión hacemos propias las palabras de la publicación *Intervención Integral en el Patrimonio* de la Junta de Andalucía-España.

"Un proyecto tiene que ser un documento lógico, estructurado, fruto del proceso de reflexión de un equipo, que sirva para orientar nuestras actuaciones y facilitar la toma de decisiones, establecer prioridades y optimizar los recursos para conseguir los máximos resultados". "Debe ser un documento útil, tanto como herramienta de trabajo del equipo gestor como claro, sintético y ordenado para permitir su comprensión por otras personas o instituciones externas. También ser realista y coherente en sus fases y estar abiertos a la participación de diversos agentes para llegar al máximo resultado con un mínimo coste".

REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS MONÁSTICOS PARA PARADORES TURÍSTICOS: LA EXPERIENCIA DE LAS *POUSADAS DE PORTUGAL*

Joaquim Rodrigues dos Santos
(*Doctorando en* Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra)
Rua Jorge de Almeida Monteiro, 2
2540-105 Bombarral, Portugal

joaquimr.santos@gmail.com

ÁREA TEMÁTICA: CONSERVACIÓN DEL PATRIMÓNIO – PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

En Portugal, se destaca un notable acervo arquitectónico de índole religiosa, que constituye un patrimonio único. Los grandes conjuntos monásticos se constituyen como uno de los mayores desafíos en el área de la recuperación patrimonial; después de haber perdido su uso original, muchas veces esos edificios fueron adaptados – cuando no se encontraban abandonados – para funciones para las cuales no estaban preparados, muchas veces sin grandes preocupaciones por su conservación regular y posibilidad de fruición cultural. El destino ideal para dar a estos conjuntos monásticos debería ser su reafectación al uso original pero, al ser imposible, la reafectación debería acercarse lo más posible de su función inicial. Es en este contexto donde surge la rehabilitación de los edificios monásticos para paradores turísticos; en cierto modo existe una analogía de funciones entre un parador y un convento/monasterio; pero también es evidente que el parador introducirá un nuevo uso que obliga a alteraciones y reajustamientos, porque a su nueva función corresponden nuevas necesidades – aunque deba salvaguardarse el valor del edificio. Más que discutir eventuales técnicas y tecnologías constructivas adoptadas en las diversas intervenciones, se pretende analizar sobre todo las directrices por las que se rigieron los que intervinieron, y que fundamentaron las bases y líneas generales de los proyectos de rehabilitación.

1. Historicismo: En las intervenciones de ámbito historicista, la Historia es un elemento fundamental en cuanto herramienta proyectual arquitectónica, con la cual se compromete indisociablemente: la busca del entendimiento de la Historia del edificio a lo largo del tiempo hasta la actualidad se asume como parte integrante del proceso de proyectación, que busca en su pasado valores y referencias características que legitimen la acción de intervención contemporánea, en el sentido de estabilizar ese mismo edificio. El proceso de reflexión crítica que engloba toda esa acción proyectual no deja de ser contemporánea y, en el último análisis, producto personal de la parte de los proyectistas que proponen una visión valorativa de la Historia que pretenden recuperar y perpetuar en el edificio objeto de la intervención. La intención subyacente es la de evocar un tiempo pasado que, a nivel de memoria, se considera el más válido, reescribiendo y omitiendo el verdadero tiempo histórico e inmovilizándolo después en la contemporaneidad según las presuposiciones conscientemente construidas.



Fotos 1 – *Vista de la pousada de Santiago, mostrando el conjunto hotelero*

La pousada dos Lóios, en Évora, con proyecto de Rui Ângelo do Couto, fue inaugurada en 1965. La intervención pretende recrear – basándose la acción en sistemas, formas y lenguajes existentes en el pasado del edificio – una imagética existente en la memoria y se pretende proponer de nuevo en el tiempo presente, suspendiendo artificialmente el tiempo y negando así la existencia de un tiempo que debería de fluir naturalmente. Anticipando una preocupación por los preceptos de la Carta de Veneza, pone en evidencia el respecto por la obra del pasado, sin excluir estilos de cualquier época y su carácter histórico y artístico; los materiales y técnicas modernas fueron empleados juiciosamente, demostrando preocupaciones en la diferenciación entre la obra antigua y la nueva, siendo esta última pasible de reconocimiento a partir de una observación más atenta pero, por otro lado, disimulada a fin de no alterar el aspecto y el carácter del edificio restaurado; fue ejecutada documentación de la intervención con dibujos y fotografías.

La pousada de Santiago, en Palmela, fue inaugurada en 1979, siendo el proyecto de Luís Castro Lobo. Aprovechando la situación de ruina del edificio (solo subsistían los muros exteriores, los arcos del claustro, y algunos muros interiores con sus bóvedas), la opción fue aprovechar los vestigios preexistentes y rehacer todo el interior del convento, de acuerdo con los intereses hoteleros. El proyecto se puede caracterizar como perteneciente a un movimiento "fachadista", el cual aboga por la preservación de las fachadas y de algunos elementos constructivos preexistentes legitiman el edificio como monumento, aunque su relleno sea reinventado en consonancia con las nuevas necesidades. La Historia es, entonces, deseable y apropiada como instrumento de legitimación y, como tal, es buscada no solo por la mantenimiento de las formas y vestigios aún existentes, pero también por la decoración interior evocativa.

La pousada de S. Francisco, en Beja, fue inaugurada en 1994, con proyecto de E. Maia Rebelo e José Alves, los cuales buscaron corregir las intervenciones producidas a lo largo del tiempo que consideraron "menos acertadas"; de ese modo, una vez más se dio una tentativa de rescatar algo del tiempo pasado del edificio, mediante un juicio crítico en cierto modo personal que, a pesar de aceptar diversos tiempos pasados de la Historia, escoge deliberadamente los que deben ser recuperados y estabilizados para el futuro y los que deben ser omitidos, refugiándose de ese modo en la Historia pero reescribiéndola según los criterios contemporáneos por elegidos por ellos.

La pousada do Convento do Desagravo, en Aguiar da Beira, con proyecto de António Monteiro, fue inaugurada un 2002. Pretendió mantener la supuesta traza original del piso térreo y reponer lo que llama de "espíritu original" en el piso superior, recuperando los ya inexistentes espacios de las celdas conventuales para dormitorios. El comprometimiento con la Historia se encuentra, una vez más, patente en esa busca de reponer un pasado supuestamente original, según un juicio personal y contemporáneo, aunque aceptando las grandes alteraciones efectuadas a mediados del siglo XX como fatalidades que forman parte de la Historia del edificio y que deben de ser aceptadas como tales.

En la pousada D. Afondo II, en Alcácer do Sal (inaugurada en 1997), Diogo Lino Pimentel pretendió que su intervención en el conjunto arruinado (solo subsistían la iglesia sin cobertura, los muros confinantes con el claustro y algunas edificaciones anexas) diese como resultado un nuevo ciclo de vida para el monumentos, asumiendo la obra nueva como un valor añadido por lo tiempo contemporáneo, pero que respectase la preexistencia. El carácter historicista de esta intervención no está en la restitución del edificio arruinado a un tiempo pasado que se quiere cristalizar y conservar; lo que se pretendía era la reconstitución de la anterior volumetría del conjunto a través de la reposición de los elementos compositivos preexistentes, aunque con expresión y valores del tiempo presente, con presuposiciones contemporáneas, y negando decisivamente posibles mimetismos formales con el pasado. En ese sentido, la Historia se torna aquí fundamental, al definir relaciones, reglas y volumetrías establecidas por la preexistencia, las cuales posibilitan una reinterpretación de las características tipológicas del convento, la estructura conventual, las reglas compositivas y las propias relaciones con el entorno, permitiendo una restitución de la autenticidad de la forma original y de contextualización de elementos estructurantes, como la construcción de dos alas nuevas que completan el claustro. Sin embargo, el proyecto presenta innegablemente bastantes equívocos entre lo pretendido y lo realizado: en vez de respetar e integrarse armoniosamente en el complexo, la obra nueva toma

el protagonismo, descalificando todo el conjunto; al nivel del interior, se suceden interpretaciones erróneas e incomprensiones de los significados históricos de la preexistencia.

La pousada do Convento do Carmo, en Salvador da Bahia - Brasil, fue inaugurada en 2005, con proyecto de Jaime Morais; fue la primera *Pousada de Portugal* en el extranjero. La Historia es ampliamente utilizada en el proyecto, confederando voluntades de diversas proveniencias, la mayor de las cuales es la inserción del conjunto monástico en el centro histórico de la ciudad de Salvador, clasificada como patrimonio de la humanidad y, por tanto, llena de Historia, memoria y evocaciones del pasado. Su significado histórico y relativa integridad física propiciaron la recitación de un ambiente evocativo de un posible pasado que se quiera estabilizar, así como se pretendió estabilizar en el tiempo un supuesto pasado en el vecino barrio del Pelourinho.

2. Continuación de la Historia: La intervención arquitectónica pretende que exista un dominio sobre el conocimiento del pasado al nivel histórico que permita su utilización para estructurar la nueva intervención contemporánea como una etapa más de un proceso continuo de construcción y transformación a lo largo del tiempo, como una natural evolución. La metodología proyectual utiliza entonces la Historia como materia y herramienta del proyecto, en la medida en que su dominio permite una lectura interpretativa de sí misma, facultando la definición de un conjunto de reglas inherentes a la preexistencia que le pautan y vinculan la obra nueva en cuanto su continuación. La preexistencia es recuperada, cristalizada y conservada, buscándose siempre que sea posible mantener la estructuración de los espacios, las sus formas y lenguajes arquitectónicas, la su lógica funcional y la atribución de funciones similares; sin embargo, se asiste a la construcción de obra nueva que se asume en cuanto tal, que no pretende la recuperación de formas, volumetrías o lenguajes del tiempo pasado, sino que pretende seguir como una continuación del conjunto en cuanto organismo vivo.



Fotos 2 – *Vista de la pousada de Sta. Marinha da Costa, mostrando la preexistencia y el nuevo bloque*

La pousada de Sta. Marinha da Costa, en Guimarães, fue inaugurada en 1985; Fernando Távora, autor del proyecto de adaptación a parador, utiliza la Historia como materia e instrumento de proyecto: en efecto, busca un conocimiento riguroso del pasado del edificio, de su evolución, de sus valores y significados, y de la lectura histórica que obtiene resulta una reconstitución posible del tiempo pasado, a partir del cual es posible definir las reglas según las cuales el edificio se desarrolló, la estructuración arquitectónica, el proceso de composición, las lenguajes formales y la significación simbólica. Este proceso metodológico, que empieza del análisis profundo de la preexistencia y de su interpretación, permite justificar entonces la intervención contemporánea, cuyo fundamento es la propia idea de continuidad subyacente en la Historia, donde los edificios son sucesivamente renovados, transformados, sustituidos, ampliados y enriquecidos a lo largo del tiempo a través de las nuevas contribuciones arquitectónicas de cada nuevo tiempo y según criterios de ese mismo tiempo. Lo que se pretende es la clarificación de las reglas que originaron el inmueble, a partir de las cuales se puede adicionar la contribución del tiempo presente según una concepción actual de esos valores pasados y contribuyendo así para la prosecución de la ancha vida del edificios, como un movimiento continuo natural. El nuevo volumen se muestra como obra de nuestro tiempo, pero evidencia respecto por la solemnidad de la preexistencia al buscar establecer conexiones con esta, asumiéndose como el prolongamiento natural de su larga Historia y no como ruptura.

La pousada da Flor da Rosa, en Crato, fue inaugurada en 1995, con proyecto de João Luís Carrilho da Graça. Asumiendo la lógica por que pasó la preexistencia, de adición por fases en torno a un núcleo durante las varias sucesiones contractivas a lo largo de su Historia, la opción fue ampliar el conjunto con un elemento más claramente contemporáneo. El conocimiento de la Historia y de los varios tiempos pasados del edificio permitió que esas informaciones pudieran ser convertidas en materia de proyecto, en la medida en que posibilitaron clarificar los diversos tiempos de la preexistencia y asumir la nueva intervención como uno más de esos tiempos. La importancia simbólica de la preexistencia como un monumento de gran significado nacional fue acentuada por la decisión de restaurar y desafectar del parador los espacios principales del monasterio, quedándose vacíos de función que no sea la evocación y testimonio de sí mismo; la adición contemporánea fue hecha mayoritariamente fuera de la preexistencia, trasladándose para a los espacios laterales y traseros de modo que deja libre para la vista la mayor parte del monumento.

La pousada de N. Sra. da Assunção, en Arraiolos, fue inaugurada en 1996, bajo proyecto de José Paulo dos Santos. La respuesta al programa dictó la adición de nueva contrición, manifestada por una estructura contemporánea que cerró un segundo patio. En cierto modo, ese cerramiento completó un tiempo más en la evolución del edificio, complementándolo a partir del último momento en el que se había detenido; repartió así el crecimiento natural del convento, por analogía con la evolución de otros edificios monásticos que crecían no solo por acrecentamiento de alas, sino además por la adición de nuevos núcleos claustrales agregados a los existentes. La Historia es una herramienta de proyecto en la intervención, al determinar la expansión del conjunto edificado según parámetros que la preexistencia define, pero que crean después sus propias reglas asumidamente de un tiempo presente; esa expansión no significa un tiempo final del conjunto, no se presenta como siendo un remate a una lógica que se inició con la fundación del convento y que esa expansión pueda continuar en el futuro. La intervención contemporánea es solamente un tiempo más de la Historia del edificio.

La pousada do Convento da Graça, en Tavira, fue inaugurada en 2006, con proyecto de João Sousa Campos. El edificio monástico se sitúa en un área urbana consolidada, en pleno centro histórico de la ciudad, donde diversas capas temporales de ocupación se sobreponen en un mismo local. El edificio monástico llegó a nuestros días muy mutilado y adulterado, sobre todo en lo que se refiere a su interior; por otro lado, el programa hotelero determinó la ampliación del edificio, que tuvo que ser efectuada en un espacio exiguo y muy condicionado. En un local tan rico de memorias y vestigios históricos, pero al mismo tiempo tan fragmentado material y temporalmente, existió necesidad de rescatar la Historia posible, registrar y conservar lo que fuese exequible como memoria de aquel espacio, asumiendo el tiempo como irreversible y partiendo para el programa sin compromisos con la Historia que no sea el estricto respeto por las preexistencias que se intentan mantener, afirmándose como una obra nueva del tiempo actual, con ampliación natural del tiempo moderno y no de tiempos pasados – incluso el cerramiento del claustro que nunca había sido finalizado y que ahora se hizo naturalmente. La analogía de funciones no es contemplada, los nuevos bloques son distintos de la preexistencia al nivel formal, del lenguaje arquitectónico y de los materiales, y solamente su orientación se pauta por reglas establecidas con las preexistencias – sea el antiguo convento, sean los vestigios musulmanes en el subsuelo para no damnificarlos.

3. Manipulación de la Historia: El tipo de intervención que resulta de la manipulación de la propia Historia de la preexistencia como acto proyectual no busca recuperar tiempos pasados pertenecientes a la Historia del edificio, ni pretende tampoco seguir una evolución lógica de este; pretende sí manipular toda esa complejidad de la Historia, desde el punto de vista contemporáneo, adecuándola así conscientemente a una visión simultáneamente funcionalista y cultural, o sea, manipula el pasado bajo el punto de vista crítico de los valores y necesidades del presente. La preexistencia es sometida y condicionada, en la lectura formal o en el significado, a los valores de la nueva intervención, uniendo en un todo los diversos fragmentos temporales patentes en las varias estructuras que componen el conjunto edificado.



Fotos 3 – *Vista de la pousada de Sta. Maria do Bouro, mostrando el aspecto de ruina*

La pousada de Sta. Maria do Bouro, en Amares, fue inaugurada en 1997, con proyecto de Eduardo Souto de Moura. El autor considera que solo es legítimo intervenir en los edificios antiguos a partir del tiempo presente, aprehendiéndolos y trabajándolos como arquitectura contemporánea y no según interpretaciones personales de posibles Historias pasadas que ya no tienen sentido en la actualidad, debido a la perdida de valores impuesta en la contemporaneidad; y como la preexistencia llegó al tiempo actual bajo la forma de ruina, es esa la memoria actual que se pretendió legar, buscando reglas propias y soluciones conforme la interpretación del autor. El edificio fue rehecho según una lógica que pretende dar respuesta a problemas actuales, para nuevas funciones, con nuevos materiales y sistemas contractivos, asumiéndose como una obra nueva que aprovecha la preexistencia en cuanto materia de proyecto, y no como restauro de esa misma preexistencia. El reaprovechamiento y reutilización de materiales antiguos en las edificaciones procede de una práctica ancestral largamente difundida, donde los edificios eran modificados y ampliados, todo a la medida de las necesidades y de los gustos de esos tiempos, intentando mantener esos edificios útiles a lo largo de los diversos tiempos de intervención. En el parador de Amares, todo eso se aplica de manera que el tiempo actual es solamente más un tiempo en que esas reglas continúan válidas.

La pousada D. João IV, en Vila Viçosa, fue inaugurada en 1997 con proyecto de Pedro Ferreira Pinto, João de Almeida y Pedro Emauz Silva. La opción de transformar la antigua torre-mirante (y cloaca del convento) en nueva entrada del parador – debido a la imposibilidad de aprovechamiento del antiguo acceso conventual – marcó una subversión en la lógica de los accesos al edificio, invirtiéndose los recorridos constitutivos del antiguo convento, donde el espacio más reservado del convento pasó a ser el más expuesto del parador. También la introducción de un nuevo bloque partió de la asimilación de la Historia de la preexistencia, la cual demostraba sucesivas transformaciones provocadas por numerosos añadidos al núcleo primitivo que enriquecieron su expresión formal. La búsqueda de trazos característicos del monumento y de la cultura donde este se encuentra, y la lectura personal que de estos es echa por la parte de los proyectistas determinó la construcción de un lenguaje arquitectónico que fue repropuesto en la propia preexistencia y aplicada en la construcción contemporánea. El hecho de añadir nuevas fachadas sobre las fachadas antiguas del convento realzan la voluntad de fundir forzadamente tiempos distintos de la Historia del monumento en un todo formal y coherente, disimulando también, en ese modo, eventuales incompatibilidades entre las construcciones de los diversos tiempos. Una vez más existe manipulación de la Historia, al someterse la obra reciente a los cánones pretensamente instituidos por la preexistencia y, simultáneamente, al transfigurar la preexistencia a un lenguaje reinterpretativa de su pasado, como si siempre hubiese sido esa.

4. Obra nueva: La pousada do Convento de Belmonte fue inaugurada en 2000, bajo proyecto de Luís Rebelo de Andrade. No fue la Historia la que fundamentó las intenciones de proyecto: el conjunto preexistente arruinado era demasiado precario para permitir un sólido anclaje al su pasado y a la su materialidad aún existente, y a nivel patrimonial, la su importancia era relativamente insípida. La ruina que aún así subsistía pudo ser el móvil que permitió la emergencia de un complejo hotelero que creció y se desarrolló bajo una hipotética intervención al nivel del patrimonio, pero no posee dimensión suficiente para sujetar la obra nueva a sus reglas. Tal hecho permitió que las nuevas ampliaciones se desarrollasen de modo casi indiferente a las posibles reglas establecidas por la preexistencia, como un edificio nuevo proyectado de raíz, donde la implantación de los bloques siguió criterios conformes con la topografía, orientación paisajística, y funcionalidad programática, y el lenguaje arquitectónico asumió enteramente su contemporaneidad. La preexistencia representa solamente una memoria pasada que se perdió

y no se intenta recuperar, y de eso mismo es también indicio la opción de la exhibición de las antiguas fundaciones descubiertas, como un campo arqueológico.



Fotos 4 – *Vista de la pousada do Convento de Belmonte, mostrando la obra nueva y la preexistencia*

Conclusiones

Desde los remotos años 50 del siglo XX, aún bajo el dominio del régimen dictatorial del *Estado Novo* – donde se sitúan los orígenes de este tipo de intervención de rehabilitación en Portugal –, es posible trazar un itinerario evolutivo, donde las intervenciones se pueden subdividir en cuatro tipos conceptuales, los cuales acompañan el ritmo de las mudanzas en el curso de la historia contemporánea. Como tal, se justifica ese agrupamiento en cuatro tipos distintos donde, sin embargo, hay diversos puntos de contacto, como se podrá verificar en la presentación de los casos de estudio: las intervenciones donde existe un fuerte compromiso con la historia, que se revela en la estabilización posible del edificio en cuanto objeto patrimonial; las intervenciones que se justifican por la natural evolución del objeto arquitectónico en el transcurso de los tiempos, como argumento para el proyecto; las intervenciones que manipulan la propia historia como acto de critica proyectual y proceso de reflexión sobre el objeto patrimonial en sí mismo; y las intervenciones que se asumen como una obra nueva, relegando la preexistencia a un simple desencadenador del trabajo.

Referencias

[1] J. Almeida, P. F. Pinto, P. E. Silva “Pousada do Convento das Chagas – Vila Viçosa”, Jornal dos Arquitectos, nº 147, 1995, pp. 18-21

[2] E. E. A. C. Freitas, “Convento dos Lóios, Évora – Adaptação a Pousada”, Boletim da DGEMN, nº 119, DGEMN, 1965

[3] E. E. A. C. Freitas, “Pousada de Santiago, Palmela”, Boletim da DGEMN, nº 129, DGEMN, 1984

[4] J. L. C. Graça, “A Arquitectura”, Pousada Flor da Rosa, ENATUR, 1995

[5] S. Lobo, “Pousadas de Portugal: reflexos da arquitectura portuguesa do século XX”, Imprensa da Universidade de Coimbra, 2006

[6] E. S. Moura, “A Arquitectura”, Pousada Sta. Maria do Bouro, ENATUR, 1997

[7] A. P. F. Pascoal, “Tempo, história, intervenção: três relações possíveis” Prova final de licenciatura, Universidade de Coimbra, 2001

[8] D. L. Pimental, “Pousada do Castelo de Alcácer do Sal”, Jornal dos Arquitectos, nº 147, 1995, pp. 22-25

[9] M. L. Real, F. Távora, “Pousada de Santa Marinha, Guimarães”, Boletim da DGEMN, nº 130, DGEMN, 1985

[10] J. P. Santos, “A Arquitectura e os Jardins”, Pousada N. Sra. da Assunção, ENATUR, 1996

CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE DE "CAN AMAT", CABRILS (BARCELONA)

J. R. Rosell[(1)], M. Bosch [(2)] , A. Navarro [(3)]

Laboratorio de Materiales, Universitat Politècnica de Catalunya UPC, España

joan.ramon.rosell@upc.edu [(1)] montserrat.bosch@upc.edu [(2)] antonia.navarro@upc.edu [(3)]

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Resumen

La Torre de Defensa objeto de este estudio pertenece al conjunto de edificios de la "Masia de Can Amat", en el municipio de Cabrils, Barcelona, y está registrada en el Inventario del Patrimonio Arquitectónico de Catalunya, con una datación del s XVI.

La torre ha sufrido un deterioro debido al paso de los años y a las circunstancias meteorológicas propias del entorno marino y por este motivo se han iniciado los trabajos de intervención en cuanto a su consolidación y conservación preventiva.

En este artículo se presentan los criterios de actuación seguidos en relación al estudio de materiales y de lesiones, la toma de muestras y el posterior análisis de resultados, que servirán para la elaboración de la propuesta de intervención en el edificio.

Palabras clave: Conservación preventiva; análisis de materiales; diagnosis.

Contexto territorial e histórico

Las torres de defensa de la costa catalana empezaron a construirse para proteger a los habitantes y asistir a las víctimas de los corsarios y piratas. Parece ser que, en el año 1218, el Rey Jaume, San Pere Nolasc i San Raimon de Penyafort tuvieron la visión de la Madre de Dios, y que esta presencia espiritual les transmitió el mandato de fundar la "Orden de Redención de Cautivos" [(1)] .

Los señores de los castillos, de acuerdo con los monarcas, contribuyeron a la defensa del territorio con la construcción de estas torres de vigía, alejadas de la playa, aisladas, o bien adosadas a las *masías* y que sirvieron, en cada época, para proteger a los habitantes de diversos enemigos: incursiones musulmanas, bandoleros, etc. Al llegar el siglo XVIII fueron los

propios monarcas los que ordenaron la destrucción de muchas de las torres que protegían el territorio, precisamente para que no fuesen utilizadas en contra de ellos mismos.

Y llegados a principios del siglo XX la destrucción de las torres se produjo por otros motivos: la sobrevaloración de los solares y el cambio de destino de las tierras, que pasaron del cultivo a la ocupación inmobiliaria y turística. La especulación, que exigió ganar espacios en las fincas y revalorizar los terrenos, fue el enemigo definitivo de un elemento patrimonial que definía de tal manera el territorio como para que esta parte de la costa catalana fuese conocida como la "costa torreonada". Aún hoy día, se conservan, en mejor o peor estado, unas 45 torres de defensa en un territorio que se extiende a lo largo de no más de 40 km de costa.

La Torre de Can Amat

A este conjunto de edificios históricos diseminados por el litoral catalán pertenece la "Torre de can Amat", en el municipio de Cabrils (comarca del Maresme, Barcelona). Es una edificación exenta, de planta cuadrada de 6.00 m de lado y 14 m de altura, construida con los materiales propios de la época: mampostería y morteros de cal.

Las torres, en general, se disponían en tres plantas resueltas estructuralmente a partir de tres bóvedas de rincón de claustro, y con una entrada única a planta segunda, accesible a través de una escalera que se apoyaba en la pared y que se retiraba, una vez los vigías habían accedido al interior, para impedir la entrada de personas ajenas.

La técnica constructiva utilizada en esta torre también es la habitual en edificios de estas características: unos espesores variables en los muros, que pueden llegar a medir 1,6 m en su base (90 cm en nuestro caso) y que se reducen a medida que se alzan los paños de pared; una base ataluzada; los imprescindibles elementos de defensa en su coronación; y una distribución de huecos estratégicamente ubicados para permitir la vigía e impedir el acceso indiscriminado o los diversos proyectiles que lanzaban los corsarios.

Con el paso del tiempo la torre ha sufrido diversas intervenciones de distinta magnitud: se le añadió una comunicación con la casa principal a través de un puente cubierto; se reconstruyeron algunas almenas con ladrillo, se modificó la cubierta y el sistema de evacuación de aguas pluviales, añadiendo además el cuerpo de salida de la caja de escalera; se realizaron trabajos de revoco con morteros diversos y se fijaron anclajes metálicos para la sujeción de instalaciones. Finalmente se ha dado un nuevo uso al espacio interior distribuyendo los tres pisos en bodega, sala de estar y biblioteca.

Con el objetivo de establecer unos criterios de actuación que permitiesen elaborar una propuesta de intervención, se realizó un levantamiento planimétrico del edificio, una hipótesis de la cronología constructiva y un estudio de materiales y lesiones, siguiendo una metodología de análisis y la valoración consecuente de los resultados obtenidos.

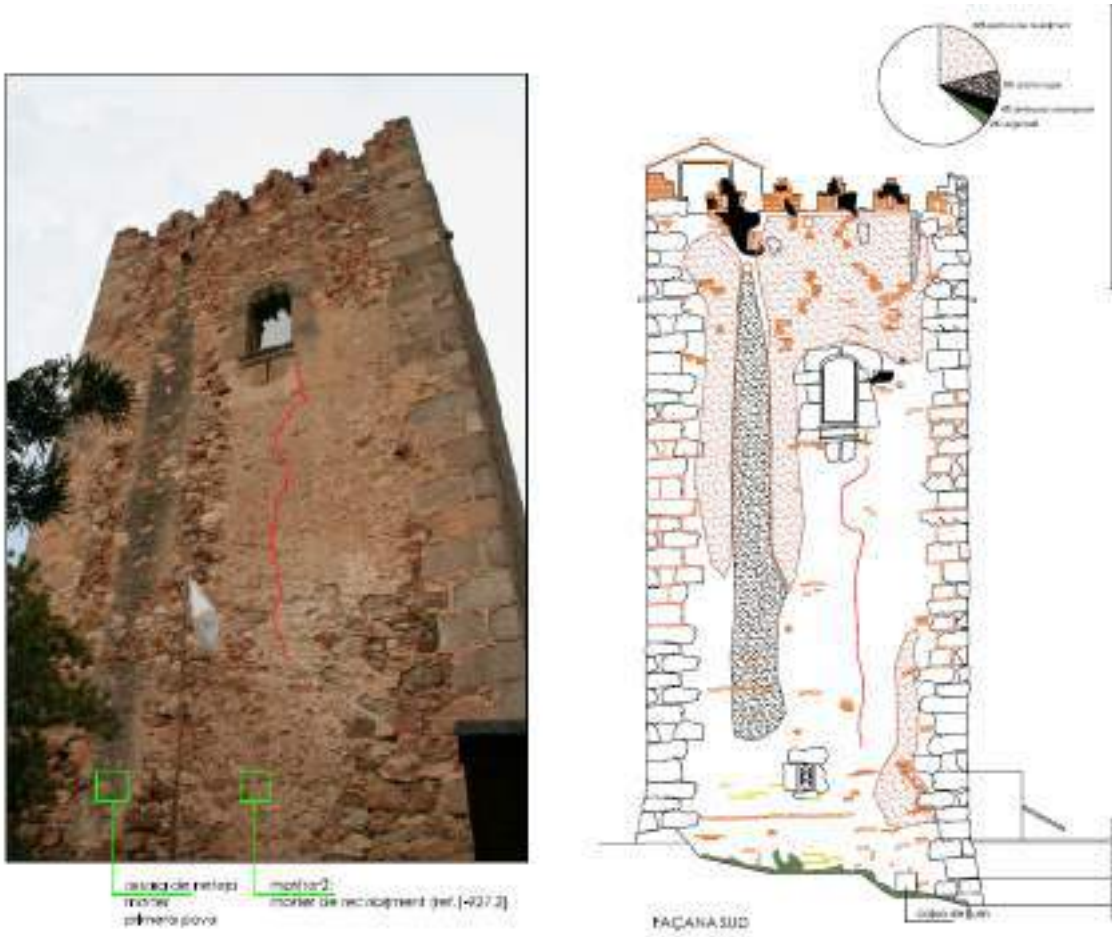


Figura 1: Mapeado de lesiones en fachada Sur de la Torre

Estudio de lesiones

La torre de Can Amat está construida con sillería de granito rejuntada con mortero de cal, que se ha utilizado en las esquinas de la torre como elemento de definición geométrica y de consolidación estructural, y en el tratamiento de las aberturas: ventanas saeteras, ventanas escultóricas, dinteles y jambas de puerta. Los paños de pared están construidos con material diverso: piedra desbastada, piezas cerámicas de diversas medidas, hiladas de ladrillo y un mortero de revoco superficial, de distribución irregular debido al deterioro. En la parte superior de la torre, las almenas y la barbacana están construidas con ladrillo cerámico macizo con junta de mortero de cal y revocados superficialmente, aunque sólo se conservan parches debido al deterioro.

El acceso a la cubierta plana se realiza a través de un cuerpo de caja de escalera, las paredes del cual han perdido el revestimiento de mortero y por ello los ladrillos cerámicos han quedado al descubierto. Los desagües de la cubierta atraviesan los muros a diferentes alturas y, debido al escaso vuelo, ocasionan un lavado diferencial superficial de los paramentos de fachada, a la vez que generan un medio húmedo que posibilita la colonización biogénica.

En general, el edificio se conserva en buen estado y la estabilidad estructural no está comprometida, pero existen algunas lesiones que precisan un estudio detallado y un análisis

que permita establecer el calendario y plan de actuaciones para la restauración del monumento.

El conjunto del remate de la torre ha sufrido distintas intervenciones y el mortero de cal original se ha desprendido y repuesto con mortero rico en cemento. Los ladrillos además no están suficientemente cocidos lo que ha provocado una pérdida de material tanto cerámico como de agarre.

En cuanto a los paramentos de fachada cabe distinguir las diferentes orientaciones, ya que esta circunstancia define distintas lesiones. En general, los paramentos presentan pérdidas de revestimiento, tanto en los ladrillos como en los morteros originales, entre un 7% y un 11% en las fachadas N, E y O mientras que la fachada S sufre pérdida de revestimiento en un 37% de su superficie, debido al rigor de los ciclos húmedo/seco de esta orientación.

Se han mapeado las áreas con costras negras, que se muestran en las zonas con escorrentías de agua: los paños entre almenas y debajo de los desagües con vuelo insuficiente. Estas costras negras han consolidado el mortero original pero, en las zonas perimetrales del lavado, el mortero original se desprende fácilmente con la mano. En cuanto a la aparición de vegetación, ésta se concentra en la parte inferior de los cuatro paramentos, sobre todo en la fachada Oeste.

Finalmente, en cuanto a las lesiones estructurales, encontramos una grieta longitudinal en la fachada Sur, de la que se desconoce el alcance en el grueso de la pared, pero que no parece afectar a la estabilidad del edificio.

Toma de muestras, análisis y resultados

Al estar el edificio expuesto a la intemperie se consideró importante realizar tomas de muestras en distintas épocas del año, ya que los problemas debidos a la humedad o al calor extremo podían no ser visibles si se realizaba una única visita. Se ha intentado también que la toma de muestras sea lo más representativa posible y por lo tanto se han realizado muestras en las distintas fachadas, se han analizado los materiales de cubierta y también se han analizado las condiciones de aquellos puntos del interior de los paramentos que coinciden con las zonas de humedades.

Se han tomado muestras del ladrillo, de las piedras y de los morteros de revestimiento y de junta para determinar su composición y se ha analizado la costra negra presente en las muestras de mortero.

Estudio de la piedra en las cadenas de esquina: a simple vista se observa que la roca es de textura granulada formada por minerales de color blanco, negro y traslúcido. Se han identificado los minerales que la componen a partir del estudio de lámina delgada a microscopio petrográfico, y se han observado fisuras que rompen los granos minerales. Según la clasificación de Streckeisen (1976) se trata de un granitoide. También se han determinado la densidad aparente (2,68 g/cm3), la densidad relativa (2,76 g/cm3) y la porosidad (2,9%) [(2)].

Estudio del ladrillo de almenas y barbacana: mediante caracterización petrológica según norma UNE-EN 12407:2007 para piedra natural, se ha determinado que aunque el ladrillo no tiene un color homogéneo debido al porcentaje de inclusiones, se observa un color general según la carta Rock-Color Chart 5YR 5/6 (marrón claro). A simple vista se observa que el ladrillo es de fabricación manual, con una orientación preferente de la porosidad alineada paralelamente a la horizontal. Hay inclusiones de hasta 4 mm aunque se encuentran en una proporción muy baja. El estudio de la lámina delgada a microscopio petrográfico permite identificar que el ladrillo está formado por una matriz arcillosa que envuelve las inclusiones de minerales silíceos: cuarzo, feldespatos (albita y microclina) y micas tipo moscovita, todos ellos de forma angulosa. Los feldespatos se encuentran muy alterados así como algunos granos de carbonato. Hay dos tipos de porosidad: una en forma de burbujas y otra de formas irregulares (vacuolas).

El hecho de que se haya encontrado en la muestra de ladrillo un mineral como la moscovita, que en su propia composición tiene agua de cristalización, indica que la temperatura de cocción no ha superado los 600ºC, ya que en ese caso el agua se perdería y la moscovita se descompondría. Puesto que para obtener una verdadera pasta cerámica se debe conseguir una temperatura de cocción de 800ºC, se puede concluir que los ladrillos han sido insuficientemente cocidos.

Estudio de las muestras de mortero de revestimiento: se han identificado las fases cristalinas (Cuarzo, Calcita, Albita, Microclina y Moscovita) y mediante la observación de la muestra de mortero se ha caracterizado el color del mortero blanco cremoso (entre N9 y 10YR 8/2 según la carta de colores Rock-Color Chart). La medida del árido, obtenida mediante comparador granulométrico[(3)], varía entre 5 y 0,0625 mm en algunas muestras y entre 10 y 0,0625 mm en otras, y se han observado algunos grumos de cal. La forma del árido es angulosa, posiblemente procedente de la playa cercana, dada su composición predominantemente silícica, y presenta una gran porosidad. La dosificación aproximada del mortero es 1:3.

Estudio de la costra negra: mediante análisis con microscopia electrónica de rastreo y análisis puntual elemental, se ha determinado que la costra está fuertemente adherida al mortero y está formada principalmente por hongos con abundantes filamentos a manera de manto. Los hongos llegan a separar las micas que componen el árido del mortero, llegando, en algunos casos a romperlas. En otras muestras se han observado esporas y cristales de calcita y micas alteradas, pertenecientes al árido del mortero.

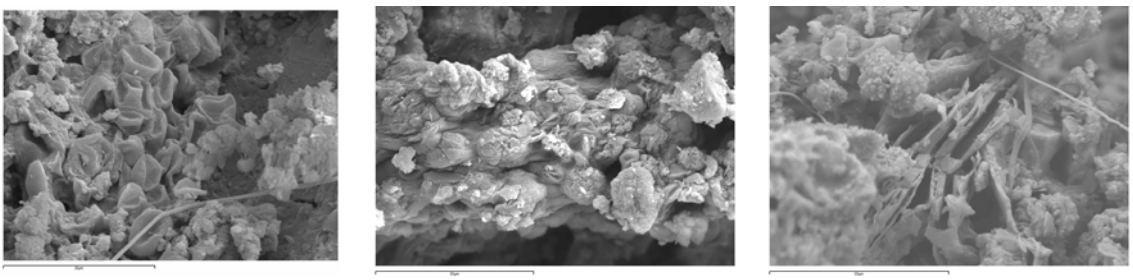


Figura 2: De izquierda a derecha: hongos con filamentos de la costra biogénica; costra biogénica que cubre todo el mortero de revestimiento; hongos que separan las hojas de las micas.

Conclusiones

Los monumentos arquitectónicos que han llegado a nuestros días se muestran, la mayoría, afectados por las actuaciones humanas (a veces desafortunadas) y por la acción de los agentes atmosféricos y naturales. Por fortuna, cuando el propietario particular de un elemento patrimonial es sensible al valor cultural del bien inmueble, exige y permite la actuación de los profesionales y el desarrollo de un proyecto de intervención que revalorice el edificio.

El concepto de diagnosis previa es el que da contenido a esta ponencia. Entendemos que la fase documental y la de diagnóstico científico-técnico permiten informar y constatar el estado del edificio antes de la intervención. Este tipo de aproximación al conocimiento del objeto patrimonial es requisito imprescindible, ya que proporciona los medios analíticos y las propuestas terapéuticas que servirán, como herramientas, para la redacción del proyecto por parte del arquitecto, y por tanto, ayudará a garantizar la permanencia funcional y simbólica de la Torre de Can Amat, a prolongar los efectos de la intervención y a distanciar en el tiempo futuras actuaciones.

Referencias

(1) Ll. Bonet i Garí. “Les masies del Maresme. Estudi de les masies, elements defensius, ermites i molins” Editorial Montblanc - Martín CEC. Barcelona, 1983

(2) Normas UNE-EN 12407:2007 “Métodos de ensayo para piedra natural. Estudio petrográfico; y UNE-EN 1936:1999 “Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la densidad real y aparente de la porosidad abierta y total.

(3) Wentworth, C.K. “A scale of grade and clase terms for clastic sediments” *Journal Geologic*, Vol. 30, (1922), pp. 377-392.

PROYECTO DE REUBICACIÓN DE LOS EDIFICIOS "CASA DOCTOR BARTUAL" Y "2 BARRACAS COMUNICADAS" DE LA ACTUACIÓN INDUSTRIAL "ZAL DE VALENCIA" DE VALENCIA.

Ana Maria Sequí San Miguel[(1)] Raquel Giménez Ibáñez[(2)] Emma Barelles Vicente[(3)]

Dpto. de Construcciones Arquitectonicas. Escuela Universitaria de Arquitectura de Valencia. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

ansesan0@csa.upv.es(1) ragiib@csa.upv.es(2) ebarelle@arq.upv.es(3)

ÁREA TEMÁTICA: PROYECTO DE INTERVENCIÓN EN PATRIMONIO CULTURAL.

Esta ponencia, es un claro ejemplo de cómo el actual crecimiento de las ciudades y la ejecución de nuevos planes urbanísticos para absorber este crecimiento de una manera racional, genera nuevas figuras en la protección de edificaciones históricas que por su valía han de permanecer con nosotros, pero que "obstaculizan" por así decirlo, el desarrollo de las ciudades, nos referimos con esto a las de *"edificaciones protegidas a trasladar"*.

Este proyecto consiste en la reubicación de los edificios "casa doctor Bartual" y "dos Barracas comunicadas" localizados dentro de la actuación industrial de la Z.A.L. (Zona de Actuaciones Logísticas del Puerto de Valencia) de Valencia.

El traslado de estas edificaciones se realizará tras un minucioso proceso de, desmontaje, selección, demolición de partes no recuperables y recuperación de aquellos elementos constructivos que mayor valor tengan y a la hora de ejecutar la nueva implantación, se recreará de la manera más precisa posible el estado original de ambos conjuntos desde el punto de vista arquitectónico y paisajístico.

En cuanto al emplazamiento este proyecto tiene la peculiaridad de que se va a trabajar a la vez en cuatro sitios diferentes, dos de emplazamiento actual, donde se harán las labores de demolición y recuperación de elementos constructivos, y un segundo emplazamiento final donde se ejecute la obra definitiva. Dicha ejecución se pretende realizar en un mismo espacio de tiempo, y aprovechando en la medida de lo posible similares recursos humanos, maquinaria, medios auxiliares y materiales.

A continuación describiremos brevemente las dos edificaciones objeto de nuestro proyecto, en el cual se desarrollan totalmente todas las fases necesarias para su ejecución, materiales, procesos constructivos, métodos de restauración...etc.

En cuanto a "***la casa del Doctor Bartual"***. Gran importancia de este conjunto arquitectónico, mandado a construir a principios del siglo XX radica en la figura del Dr. Bartual Moret, antiguo propietario del inmueble y que fue en su día director del Hospital Provincial, nacido en Valencia en 1863 , donde estudió medicina, llegando a trabar una gran amistad con el premio Nobel de medicina Ramón y Cajal, con el que incluso se cuenta que llegó a pasar muchos fines de semana y días de vacaciones en esta villa, situada en su día frente a la playa y separada del mar actualmente por el puerto de valencia.

El enclave paisajístico en el que originalmente se encontraba la casa, así como edificaciones que han desaparecido, tales como caballerizas, cuadras...etc, las cuales gozaban de una gran proximidad al mar e inmersas en la vega de la huerta valenciana....contribuían enormemente a la riqueza visual y paisajística del conjunto hoy en día desaparecido.

Actualmente lo que queda, es un conjunto de edificaciones formadas por; La casa Principal la cual es un volumen de planta rectangular de dos alturas y elevado aproximadamente un metro sobre el nivel

de la calle, con una cubierta de madera a dos aguas, la fachada principal a modo de frontón, y dos grandes terrazas en la entrada principal y posterior, edificada a principios del siglo XX.

Una casa de servicio, un garaje y dos cobertizos; edificaciones que no entran dentro del traslado por su escaso valor arquitectónico, así que se demolerán directamente.

Como parte principal de este proyecto podemos resaltar la gran riqueza paisajística y del entorno, donde antiguamente estaba enclavada la vivienda y tratar de reproducir y trasladar el jardín existente, el cual ha ido evolucionando con la casa, este presenta numerosas variedades de árboles, huertos y enredaderas, y como dato más importante el de una gran cantidad de palmeras “canarias”.

Por dentro la edificación no va a mantener su aspecto original de vivienda, si no que se va a destinar a un uso público todavía por definir, por lo que el local estará diáfano, será de dos plantas y un semisótano y constará de escaleras, rampas y ascensor para la supresión de barreras físicas.



Foto 1.- *Fachada Principal*



Foto 2.- *Fachada Posterior*

El orden a seguir para la operación de trasladar aquellos elementos recuperables, es el siguiente:

La cubierta será desmontada cuidadosamente, el elemento de cobertura, los tableros cerámicos y los rastreles, y serán inspeccionados para comprobar su estado, en cuanto a la estructura, compuesta por durmientes y pares, se someterán a un proceso de siglado riguroso y posteriormente, junto con el resto de elementos, se procederá a su traslado y almacenaje.

El falso techo de cañizo será demolido cuidadosamente para no afectar a los pavimentos de la planta primera. De la distribución interior de la planta primera, se conservarán únicamente los pavimentos de mosaico, los cuales se levantaran cuidadosamente, se lavaran y almacenaran para su traslado.El resto de tabiquería, carpintería, tanto interior como exterior, se demolerán y se retiraran a vertedero.

Los muros de carga se demolerán teniendo especial cuidado con la fachada principal ya que de ella se rescataran los azulejos para su posterior reubicación en el nuevo emplazamiento, también se realizarán los moldes necesarios para la reproducción original de las molduras existentes en la fachada. Así como también del resto de revestimientos imitando sillares de piedra, los cuales se realizarán tal y como se indica en los planos.
Dichos muros se irán rebajando paulatinamente a la vez que el resto de la edificación, hasta llegar a la cota cero de la cimentación.

En cuanto al forjado de la planta primera se ejecutará igual que en la cubierta, se eliminará todo el material de entrevigado y se desmontarán cuidadosamente mediante los medios auxiliares que sean necesarios las viguetas y vigas de madera, se comprobará su estado, se siglarán y se almacenarán para su posterior traslado. Antes de ejecutar el desmontaje del forjado realizaremos moldes de los rosetones que se encuentran en el techo del salón – comedor para su posterior reproducción si así se cree necesario.

De la planta baja rescataremos los azulejos de la entrada trasera, se arrancaran con cuidado, se limpiarán y posteriormente se almacenaran y trasladaran a su nueva ubicación.

La carpintería interior y exterior, cerrajería, pavimento, mobiliario de cocina y sanitarios no se conservaran ya que no son los originales de la vivienda. En las terrazas se demolerán las balaustradas aunque previamente se realizarán moldes para una posterior reproducción. En cuanto al revestimiento del resto de fachadas exteriores, se realizará una prueba de difracción y análisis de estructura cristalográfica para observar los diferentes estratos de que se componen los revestimientos.

La segunda edificación que tratamos, es un elemento clave dentro de lo característico de la región valenciana, ***"dos Barracas Comunicadas"***. Para hacer el correcto análisis de su traslado nos tenemos que remontar a su origen y nacimiento, estudiando el porque de su evolución, es una construcción sabia y espontánea que tiene sus orígenes en las más primitivas cabañas, surgiendo en distintos y apartados lugares sin comunicación entre sí, nace allí donde hay elementos para su construcción.

La edificación de nuestro proyecto, podemos asociarla a última fase evolutiva de las barracas en la zona de la Vega Valenciana, ya por el siglo XIX, en esta última etapa es determinante la duplicidad de la barraca, debido a una prosperidad económica, a la fecundidad familiar, y al hecho de no querer convivir con los animales dentro de un mismo edificio. Una de las barracas la secundaria, es ocupada por la cocina y el establo de los animales y la otra es la casa propiamente dicha, unida por un pasadizo situado en las paredes laterales, aproximadamente en el centro, formando las dos una "unidad de convivencia" familiar.

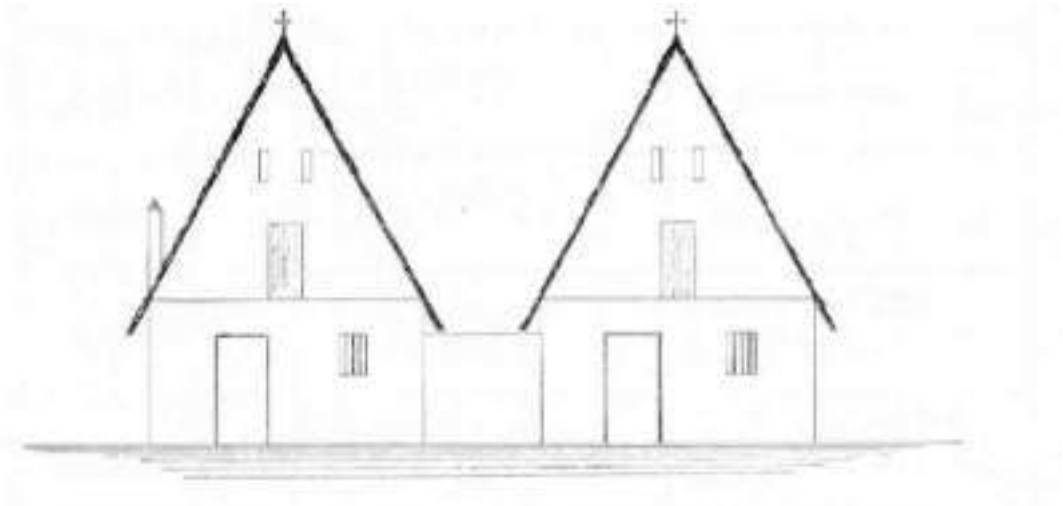


Figura 1.- *Dibujo original histórico de cómo son este tipo de barracas gemelas. Extraída del libro. [2]La barraca Valenciana; Victor Gosálvez*

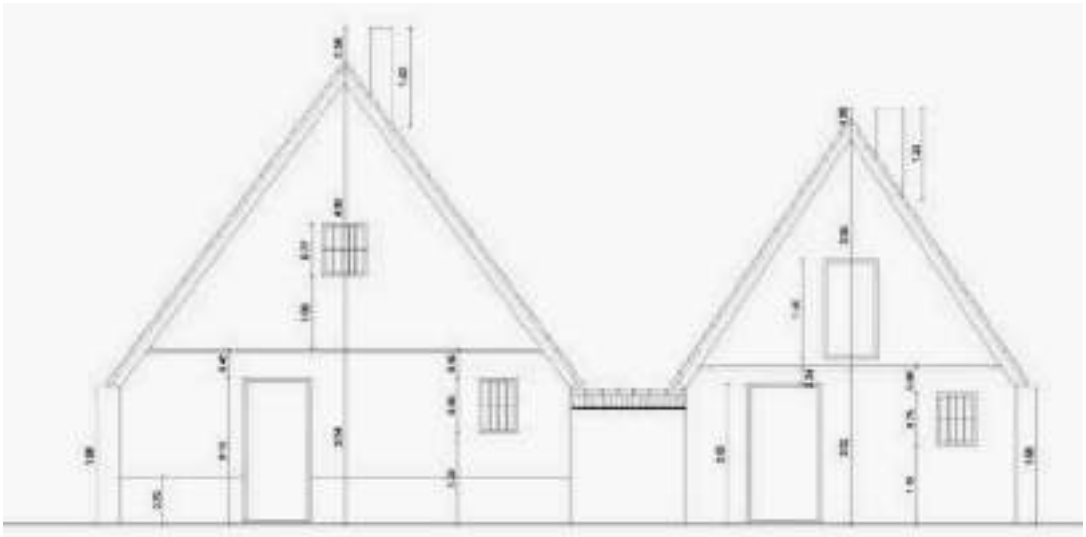


Figura 2.- *Toma de datos de las actuales "dos barracas comunicadas" a trasladar.*

La estructura de las dos barracas, se compondrá de "encaballades" de madera buena, la cubierta de teja plana y plancha de amianto, las paredes de hormigón mortero y cemento, los materiales principales son de hierro, cristal piedra, rejola industrial, cemento y aluminio, una nueva aportación del mobiliario, modernización de las estancias, blanqueamiento de las paredes, la luz eléctrica....etc.

Esta evolución en el tiempo, y el hecho de que se hayan adaptado a la era de la industrialización, ha sido la única manera de que hayan llegado a nuestros días algunas barracas más que centenarias como ésta.

La descripción de la edificación que tratamos en el proyecto es la siguiente;
Barraca Principal Vivienda; con dos accesos, uno delantero y otro trasero, se accede a la estancia principal o comedor a la cual recaen el resto de espacios; dos *"cambras"*, una *"cuina"* y un *"llavader"* abierto a la fachada posterior oeste, al fondo a la derecha se sitúan las escaleras para subir a la
andana.

Barraca Establo; edificación relativamente más moderna que la anterior en la que se disponen los establos, con unos cerramiento que llegan hasta la cota de un metro , en la planta primera se sitúa la andana, a la que se accede únicamente por la ventana situada en el muro penal de la fachada delantera.

El adosado; pequeña edificación de una altura con cubierta transitable formada por cuina, llavader y cambra.
Como edificación aisladas; se encuentran; en el patio trasero y descubierto un horno particular de cocer pan, un cobertizo donde se hayan un paellero y un excusado y; en la parte delantera un pozo de agua dentro de un pequeño pórtico que hacía las veces de lavadero debajo del cual se encuentra cobijo.

Para el traslado comenzaremos por la barraca principal, en la cubierta se recuperará toda la teja plana posible y los azulejos que componen los aleros frontales. La estructura de cubierta, compuesta por vigas, durmientes, pares y rastreles de madera, se someterá a un proceso de siglado riguroso incluyendo todas aquellas piezas de suplemento que sirven para nivelar los rastreles desde los pares y posteriormente, como con la teja, se procederá a su traslado y almacenaje.

De la "andana" y su entramado horizontal de caña y tierra arcillosa amasada, se tomarán varias muestras, entre 5 ó 6, del mortero empleado para ser analizadas en laboratorio por análisis mineralógico mediante difracción de rayos x, para poder realizar su reproducción. De igual forma se hará con el entramado vertical de la escalera que da paso a la "andana".

Con los tirantes de cubierta o viguetas de la "andana" se actuará de igual modo que con la estructura anteriormente mencionada, se siglará y posteriormente la almacenarán y trasladarán.

En los muros piñones y las particiones interiores se recuperarán la práctica totalidad de los ladrillos, se limpiarán de mortero, se tomarán muestras de éste y se analizarán. Para el mortero de revestimiento de las particiones interiores, se realizará una prueba de difracción por cada cara, además de una prueba de análisis de estructura cristalográfica para observar los diferentes estratos de que se componen los revestimientos. Con las escaleras se levantarán cuidadosamente las huellas y tabicas de madera, se siglarán, almacenarán y trasladarán para su posterior colocación en su nueva ubicación.

En cuanto al revestimiento de los paramentos de adobe se extraerán dos muestras para cada tipo de análisis por cada vano tanto interno como externo y se realizarán de los sucesivos encalados y revestimientos internos contemporáneos que se hayan podido dar y del propio revestimiento de mortero de tierra estabilizada con paja de unos 3-4 cm., que recubre los adobes. Una vez desnudos los adobes, se deberán siglar uno por uno, hilada por hilada, y según el sentido de desmontaje de arriba hacia abajo hasta extraerlos, rescatando el máximo posible de ellos, teniendo en cuenta su avanzado estado de deterioro (si es necesario consolidándolos con silicato de etilo u otro consolidante), en su totalidad con los medios auxiliares necesarios, empaquetarlos, almacenarlos y trasladarlos. Tanto del mortero de llagas y tendeles como del mortero de revestimiento de los adobes, se deberán extraer muestras para analizar en laboratorio por difracción de rayos x además de hacer extracciones de gran cantidad en volumen, con el fin de porcentuar la cantidad de materia vegetal empleada por volumen de tierra amasada.

Con los ladrillos empleados para las reparaciones tanto de la fachada este como de la sur, se deberían tratar de recuperar y extraer con un exhaustivo seguimiento fotográfico con la intención de averiguar como se realizaron esas reparaciones, si afectaron únicamente al mortero de revestimiento de barro del muro o si también afectaban a la integridad de los adobes. De igual modo se debería actuar con los azulejos de las distribuciones interiores.

Para terminar con la barraca principal, se recuperarán las piezas del pavimento de todas y cada una de las estancias; así como también de los azulejos de los paramentos interiores que todavía se conservan; tomar muestras, alrededor de 1 cada 5m², para realizar un estudio mineralógico mediante difracción de rayos x, tanto del terreno sobre el que se asienta como de los cimientos sobre los que se levanta la barraca.

También se deben levantar todos y cada uno de los elementos muebles que se conserven tales como pilas de fregar de mármol o armarios, así como toda la carpintería y cerrajería.

El horno de cocer pan presenta una especial complejidad; se ha de trasladar tal y como está, para ello se debe envolver, acolcharlo con los materiales más adecuados, y protegerlo con un entramado exterior. A continuación, se seccionará progresivamente su base para calzarlo con un par de planchas metálicas por cada lado; una vez unidas, soldarlas desde el interior del horno, por el hueco del hogar de la leña y por el exterior en las juntas de las planchas. Con unas eslingas y ayudados de una grúa, elevarlo y trasladarlo.
En cuanto al pozo, el cobertizo del pozo y la barraca secundaria, la manera de proceder sería igual a la descrita en la barraca principal, ajustándose a la particularidad y relativa complejidad de extracción de sus materiales y teniendo en cuenta que el pozo va ha ser imposible reproducirlo.

Con el anexo se recuperará únicamente su estructura lígnea para levantar sus muros nuevos allá donde se vayan a levantar las barracas de nuevo. Pensemos que esta edificación es relativamente reciente.





Foto 3 y 4.- *A la derecha, estado actual de las edificaciones en avanzado estado de deterioro, a la izquierda estado anterior de las edificaciones al que se pretende devolver después de la intervención y traslado.*

Conclusiones

Como conclusión podemos afirmar la importancia en el traslado de estas dos edificaciones, y sobretodo en la *barraca valenciana*, edificio ligado a la cultura y tradición de esta región y que transmite el carácter sencillo y práctico del colono de esta zona de España, donde se hermanaron perfectamente; por un lado su distribución y aprovechamiento, ningún espacio es inútil o vacío, carece de espacio nulo, y todo tiene una aplicación real.

Y por otro, la construcción y economía del material, utilizando materiales del propio terreno adyacente al lugar de la ejecución y consiguiendo además un perfecto ejemplo de lo que ahora se ha vuelto a “poner de moda” en la arquitectura, el bioclimatismo, mediante el espesor a las paredes, consiguiendo un aislamiento del exterior, resguardándonos de los cambios de temperatura, por el aire contenido en los cañizos, pajas y brozas de la cubierta, la orientación S.E. acorde con el lugar del emplazamiento, que recoge la brisa del mar en verano y salva del fuerte levante de invierno, etc..

El avanzado estado de deterioro de estas edificaciones, el proyecto de reubicación, que por razones burocráticas lleva paralizado un largo tiempo, hace que sea cada vez mas difícil la recuperación de materiales y sistemas constructivos que en muchos casos van ligados, por lo que nos vemos obligados a hacer un llamamiento para que se tomen medidas urgentes si no queremos que desaparezcan totalmente.

Referencias

Arquitecto técnico, Juan Antonio García Esparza, investigador de la tipología de barracas Valencianas y su conservación y restauración.

Arquitectos Fernando Vegas y Camilla Mileto por la foto proporcionada de las dos barraca comunicadas en estado conservado.

Aparejador Municipal de Alboraya D. José Vicente Ruiz Soto aportando documentación fotográfica de otros traslados en barracas similares.

[1]Les nostres barraques; de Sanchis Guarner
[2]La barraca Valenciana; Victor Gosalvez
[3]Construint una barraca valenciana; José Vicente Ruiz Rubio.

ADAPTACIÓN DE EDIFICIO HISTÓRICO A MUSEO DE LA CIUDAD DE BAEZA.

Bmuseo. C/ Casas Nuevas, Baeza (Jaén). 2007

Loreto Spá Vázquez
Arquitecto Superior y Arquitecto Técnico por la ETSA y la EUAT de la Universidad de Granada. Plaza del Campillo 2, 4ºG Granada 18009, España

loreto@situ-arquitectura.com

PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Resumen.

El proyecto se realiza en un edificio catalogado situado en el barrio de la Catedral de Baeza. Data del año 1538 y fue sede de la primera Fundación de la universidad de Baeza desde 1.542 hasta 1.595.

La propuesta para adaptar el edificio a museo se aborda como un nuevo nivel estratigráfico de su intensa historia. Un estrato fácilmente reconocible por materializarse en lamas de madera que construyen todas las partes del proyecto al convertirse en pavimento, mobiliario y anuncio exterior.

El proyecto define y diseña los elementos necesarios para su funcionalidad: recorridos, secuencias, contenedores de las piezas, paneles explicativos, espacios de mostrador, información y dirección.

Palabras clave.

Museo Baeza, museografía, exposiciones, monumento, fundación universidad.

Introducción histórica

El proyecto se realiza en un edificio catalogado situado en el barrio de la Catedral de Baeza, dentro del recinto de la muralla. Data del año 1538 y fue sede de la primera Fundación de la universidad de Baeza desde 1.542 hasta 1.595, estando al cargo como patronos de la Fundación, Juan de Ávila y Diego de Sevilla.



Planos de situación.- *Situación del* ***B****museo en la cartografía de Baeza del año 1227 y en el plano de relación del centro histórico con el entorno rural de la ciudad.*

A partir de entonces, comienza la decadencia del edificio al convertirse en casa de vecinos, llegando a su deterioro máximo a final del siglo XX por dividirse casi toda la primera crujía del edificio en viviendas sociales. La última reforma se realiza sobre la parte restante del edificio a finales de los años 90, siguiendo las directrices del proyecto ganador de un concurso de ideas del Museo de la Ciudad de Baeza.

En esta intervención se reguló el alto nivel de humedad trasmitido por capilaridad. Se arreglaron sus cubiertas inclinadas y plana; se sustituyeron varios forjados por pasarelas ligeras de estructura metálica pintada en blanco y tarima de madera de pino; se pavimentó la planta baja en tono beige y gris, y se incorporaron las instalaciones y las luminarias. Por diversas patologías y carencias no pudo abrirse al público como museo hasta el último proyecto de adaptación.

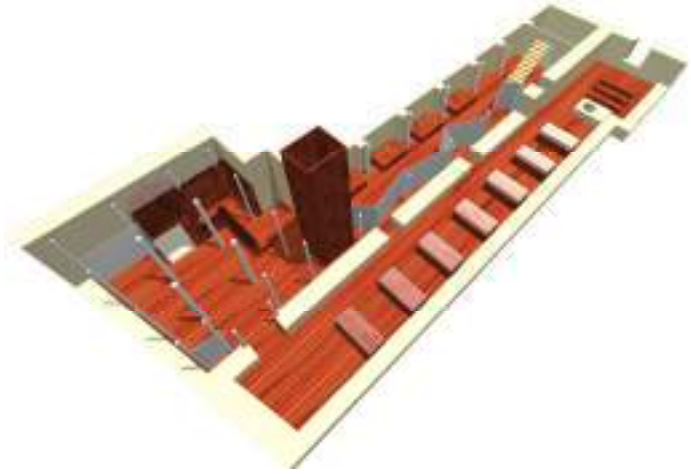


Estado actual.- *Portada, vestíbulo y sala de la bóveda en el estado previo a la intervención.*

Del edificio original se conserva, además del extenso lienzo de sillería de la fachada posterior, con severas ventanas en claraboya, la antigua portada renacentista de la capilla, de arco de medio punto de anchas dovelas sobre jambas, flanqueada por columnas corintias de fuste estriado que sustentan un entablamento con una inscripción latina dedicada a la Santísima Trinidad. Del interior sólo se conserva una bóveda de cañón y algunos vanos traseros. Respecto a su autoría, se barajan los canteros Luis Alonso, Collado, Mendoza, Andrés Martínez y Juan Ambrosio.

Propuesta

La propuesta para adaptar el manipulado edificio a museo se aborda como un nuevo nivel estratigráfico de su intensa historia. Un estrato fácilmente reconocible por materializarse en lamas de madera con acabado Boak que construyen todas las partes del proyecto al convertirse en pavimento, mobiliario y anuncio exterior.



Perspectiva de planta baja.- *Superposición de los tres estratos del edificio: la estructura muraría original, la estructura de pilares metálicos que sustentan las pasarelas y la topografía superficial de madera.*



Fachada.- *incorporación del rotulo y el panelado de la puerta de entrada con lamas de baquelita.*

Este modo de operar se ejecuta en la planta baja del museo mediante la colocación de lamas de 19 cm de ancho -baquelita en el caso de exteriores- que recorren los planos horizontales y verticales en continuidad de líneas a modo de topografía. El suelo se transforma en vitrinas, podios, ascensor, mostrador o bancos, y sus dimensiones se miden por el número de lamas que lo componen. La madera cualifica y da unidad al museo a la vez que lo dota de la neutralidad necesaria para resaltar el protagonismo de las piezas expuestas.



Despiece de mobiliario.- *La escala de acotación se traduce a piezas de lamas completas. L=19 cm.*

El proyecto define y diseña los elementos necesarios para la funcionalidad de un museo: recorridos, secuencias, contenedores de las piezas, paneles explicativos, espacios de mostrador, información y dirección. También acomete las actuaciones dirigidas a la supresión de barreras arquitectónicas y al cumplimiento de las normativas vigentes.

El recorrido, que se organiza según la cronología de las obras expuestas y las características del propio edificio, puede ser circular mediante la apertura de un hueco en el muro del patio de la segunda planta. Este espacio abierto al cielo se incorpora al museo como sala de exposiciones, instalaciones y proyecciones al aire libre.

Los contenidos del **B**museo abordan la historia cultural de la ciudad de Baeza desde la época paleolítica hasta la contemporánea, y se organizan según la secuencia de los recorridos y las condiciones de los espacios del propio edificio.

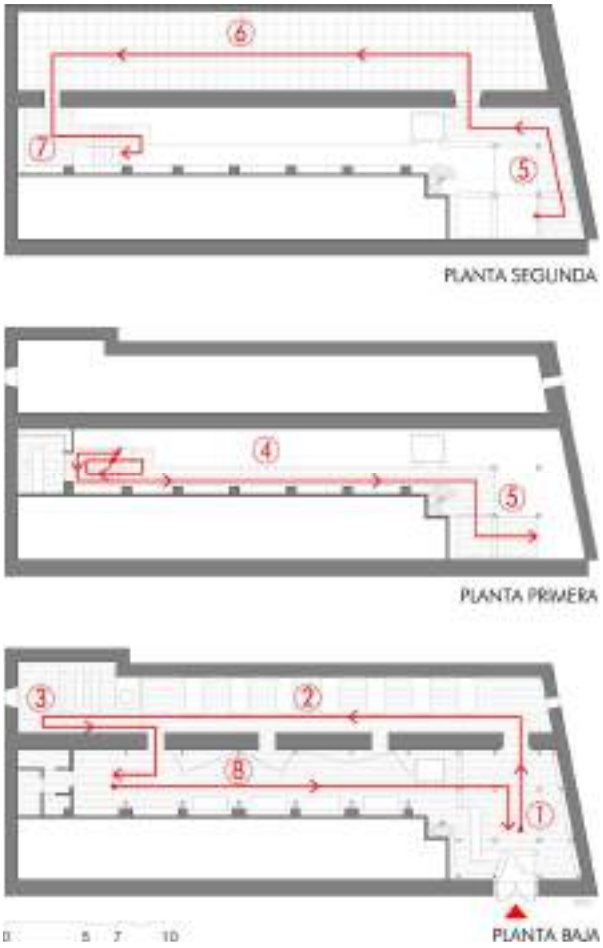


Espacio de recepción.- *El vestíbulo cortaviento, el mostrador y la tienda se construyen en un único objeto plegado.*

Secuencia de recorridos y superficies.

1. Vestíbulo. Se introducen los temas expuestos mediante paneles cronogramas y videos.

2. Sala de la bóveda. Se exponen en vitrinas iluminadas piezas arqueológicas de gran interés como enterramientos prehistóricos y restos íberos, romanos y musulmanes hasta el siglo XV. Las últimas vitrinas se dedican a la Baeza Cristiana y a la Ciudad Universitaria.





Sala de la bóveda y sala de triple altura.



3. Sala del pozo. Sala de proyecciones sobre arquitectura renacentista y la influencia del arquitecto Andrés de Vandelvira en la ciudad declarada patrimonio cultural de la humanidad.

4. Plataforma elevada. Este espacio en planta primera se dedica al arte contemporáneo con más de cien obras de artistas – la mayoría andaluces- como Eduardo Naranjo, José Guerrero, Eusebio Sempere, Luis Gordillo, Miró o Tapies.

5. Exposiciones temporales. Se organiza en las plataformas de ascenso hasta la planta segunda y se dedica a las exposiciones temporales y eventos singulares del **B**museo.

6. Patio. Espacio abierto al cielo en planta segunda para exposiciones y actividades, que se incorpora al museo para completar su recorrido circular.

7. Mirador. Ámbito de transición entre el patio y las escaleras de comunicación con la planta baja. Desde su posición privilegiada se obtiene una visión global del museo y sus obras.

8. Sala de triple altura. Se sitúa en la planta baja y es la última sala del recorrido. Se diseña un paramento blanco en zigzag y cuatro podios para exponer objetos de la vida pública y doméstica de la Baeza de los siglos XVI al XIX, con valiosas piezas como el armario de tres llaves o la caja de caudales con mecanismo secreto.

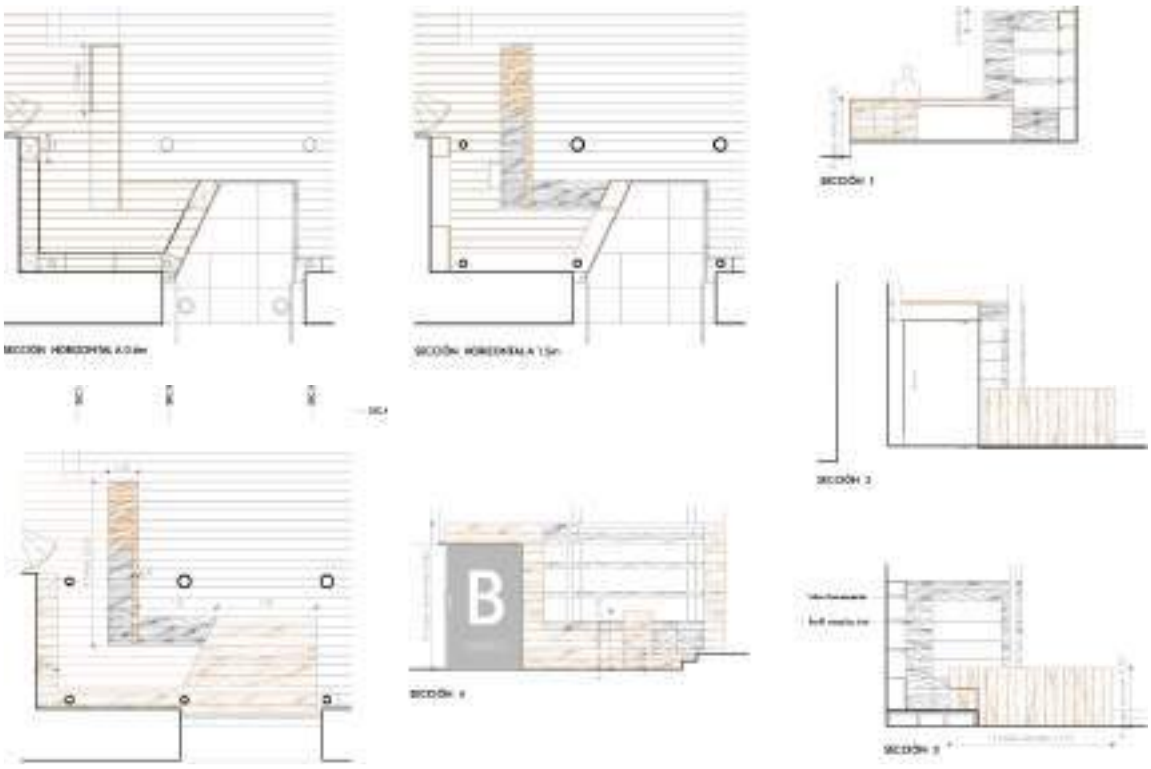
Planta baja	Planta primera	Planta segunda
Vestíbulo y recepción: 61,80 m^2	Plataforma elevada: 37,09 m^2	Exposiciones temporales: 53,41 m^2
Sala de la bóveda: 91,23 m^2	Dirección: 13,89 m^2	Patio: 163,94 m^2
Sala del pozo: 33,00 m^2		Mirador: 14,33 m^2
Sala triple altura: 80,69 m^2		Total superficie útil: 231,68 m^2
Aseos y almacenes: 31,44 m^2		
Total sup. útil: 298,16 m^2	**Total sup. útil: 50,98 m^2**	**Total superficie útil: 231,68 m^2**

Ejecución del proyecto.

La puesta en obra del proyecto de adaptación del edificio a museo se ha ejecutado predominantemente por carpinteros y ebanistas que han colocado en la planta baja la tarima y han construido el mobiliario de DM forrado de madera laminada.

Debido a la humedad transmitida por el terreno se extiende, sobre la solería de planta baja, una lámina impermeabilizante de fieltro de 3 mm previa a la colocación de las lamas de Parklex 2000 con acabado Boak. Se resuelve la irregularidad del encuentro con los muros de piedra con juntas de goma para absorber las dilataciones.

El mobiliario se construye con tableros de DM hidrófugo forrados con lamas de 19 cm de madera laminada que tienen un acabado similar al del suelo, y que continúan sus líneas de despiece. La escala de acotación se traduce a piezas de lamas completas que construyen los podios, vitrinas, mostrador, estanterías, puertas, etc.



Diseño del mobiliario del vestíbulo.

En el resto de plantas se ha restaurado el pavimento de pino existente aplicándole a pistola un barniz de alto tránsito a dos capas, del color similar al del suelo de planta baja.
En el anuncio exterior se usan piezas de 19 cm de ancho de baquelita en acabado similar al del nuevo pavimento del interior para forrar la puerta de entrada de chapa metálica y la estructura del rotulo del **B**museo.

Bibliografía

1. Cruz Cruz, Juan: “La Catedral de Baeza y su entorno monumental. Pamplona: Eurograf, 1998.
2. “Baeza histórica y monumental”. Córdoba: Monte de Piedad y caja de Ahorros de Córdoba, 1982.
3. Rodríguez Molina, José. Historia de Baeza. Historia, Literatura, Arte”. Baeza, 1985.
4. Almansa Moreno, Jose Manuel. “Guía completa de Úbeda y Baeza”. Ed. Mercadotecnia Grupo El Olivo, 2005.

EL PROGRAMA MONUMENTA EN OURO PRETO, MG, BRASIL

Benedito Tadeu de Oliveira[(1)] **e Vanessa Araújo Braide**[(2)]**.**

[(1)] Arquitecto graduado por la Universidad de Brasília - UnB (1980), doctor en Restauración de Monumentos por la Universidad de Roma - *La Sapienza*, Italia, (1985), y director del Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional – IPHAN - en Ouro Preto (2002)

[(2)] Arquitecta graduada por la Universidad Federal de Minas Gerais - UFMG (1993), especialista en conservación restauración de monumentos y conjuntos urbanos históricos por la Universidad Federal de Bahía, Brasil (1996), y coordenadora del Programa Monumenta en el Ayuntamiento de Ouro Preto (2008)

beneditoo@uaigiga.com.br[(1)] vanessabraide@oi.com.br[(2)]

PROYECTOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO CULTURAL

Ouro Preto es una de las ciudades más importantes y emblemáticas para la historia y la cultura brasileñas. Su proceso de formación, su rico patrimonio cultural y los sucesivos esfuerzos por su preservación han sido objeto de estudios y de atención por parte, no solo de especialistas sino también de autoridades nacionales e internacionales; la ciudad fue declarada Monumento Nacional en 1933, su conjunto arquitectónico, urbanístico y paisajístico fue protegido en 1938 por el Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional - IPHAN y en 1980 fue la primera ciudad brasileña declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad por la Unesco.





Foto 1. Ouro Preto, a comienzos del siglo XX. Archivo Ifac/UFOP. Figura 1. Mapa de Ouro Preto de 1888, Biblioteca Nacional, Rio de Janeiro, RJ.

El Monumenta es un programa de recuperación sostenible del patrimonio cultural urbano brasileño protegido por el IPHAN y que propone, a través de convenios realizados entre el Ministerio de Cultura - MinC - y Ayuntamientos, con recursos del Banco Interamericano de Desarrollo - BID y de los Gobiernos Federal y Municipal, la revitalización y la conservación de los principales núcleos históricos del País. Tiene como objetivos preservar, en unión con los municipios, el patrimonio histórico, arquitectónico y artístico urbano bajo protección federal, aumentar la concienciación de la población brasileña en relación con el patrimonio en cuestión, así como perfeccionar la gestión del mismo, establecer criterios para la puesta en marcha de las prioridades de conservación e incrementar su utilización, facilitando así la inclusión cultural, social y económica de las comunidades envueltas. Ouro Preto fue una de las primeras de entre las 83 (ochenta y tres) ciudades brasileñas contempladas por el Programa Monumenta. La

discusión para la implantación del programa en la ciudad comenzó en 1995 y el convenio se firmó en el 2000. Este artículo pretende analizar el resultado de las diversas intervenciones de restauración previstas en el programa y ya concluidas y sus asociaciones con las acciones buscando la sostenibilidad. Desde la firma del convenio del Programa Monumenta, fueron realizadas o se encuentran en vías de realización las siguientes acciones: restauración de monumentos (Capilla de los Dolores, Teatro Municipal, Casa de la Baronesa, del Folclore, de Gonzaga; Puente Seca, de Antônio Dias y del Rosario); restauración de inmuebles privados; revitalización urbana (recuperación y tratamiento paisajístico del Patio y Plazoleta de la Iglesia de Nuestra Señora de la Concepción de Antônio Dias y del Jardín Botánico y Valle de los Contos)**;** colocación del mobiliario urbano y de señalización interpretativa; ordenación del tráfico de vehículos y otras actividades (curso de educación patrimonial "Guardianes del Patrimonio", rescate de las "Artes y Oficios" , elaboração del calendario de manifestaçiones populares, desarrollo del artesanato con bambú y entrenamiento itinerante para la preservación de bienes muebles). El Programa Monumenta se inició en el 2000 con la obra de restauración de la Capilla de Nuestra Señora de los Dolores. La elección se dio en función de su pésimo estado de conservación, incluso con riesgo inminente de derrumbe principalmente por la presencia de grandes áreas de infiltraciones de aguas pluviales en el techo que damnificaban no solo sus elementos constructivos sino, también, sus bienes integrados. Durante la primera etapa de la obra, se realizo un taller para artesanos dirigido a la restauración de tejados. La segunda etapa de la obra de restauración se inició en el 2003 y contemplo la restauración arquitectónica de la capilla y de sus bienes integrados, recuperación y tratamiento paisajístico del patio e instalación del sistema de seguridad. En el 2002 se iniciaron las obras de restauración de la Casa del Folclore y de la Baronesa y el tratamiento paisajístico del Patio y de la Plazoleta de la iglesia de Nuestra Señora de la Concepción de Antônio Dias. Tanto la Casa del Folclore cuanto la Casa de la Baronesa son edificios públicos que se encontraban en precario estado de conservación, con comprometimiento de sus elementos constructivos, observado de forma más grave en los elementos de la cubierta, que a lo largo de los años comprometieron la preservación de esas casa como un todo. La Casa del Folclore pertenece al Ayuntamiento de Ouro Preto y abriga hoy una escuela de música entre otras actividades culturales.



Fotos 2, 3 e 4. Intervenciones de restauración. Casas del Folclore, de la Baronesa y de Gonzaga.

La Casa de la Baronesa localizada en la Plaza Tiradentes, pertenece al IPHAN desde 1941 y es la sede de la oficina técnica del Instituto en la ciudad. Las obras de restauración de la Casa de Gonzaga, también de propiedad del Ayuntamiento de Ouro Preto, fueron ejecutadas durante los años 2004 y 2005 y en ella funcionan hoy las Secretarias Municipales de Patrimonio y Desarrollo Urbano, y de Turismo y Cultura. Las casas del Folclore, de la Baronesa y de Gonzag, todas del siglo XVIII, tienen sistemas de construcción constituidos por cimentaciones continuas de piedra, estructuras de madera en forma de jaula y paredes originalmente de *pau a pique* (varas entrecruzadas y barro), algunas substituidas por ladrillos. Las obras de restauración de esos bienes culturales substituyeron todas las instalaciones hidrosanitarias, eléctricas y de telefonía, que se encontraban en estado precario, por instalaciones adecuadas para su funcionamiento. El 2007 se inició una nueva etapa de restauración de la Casa de la Baronesa, que consistió en la recuperación de su patio. La intervención proporcionó el rescate de las características originales de ese espacio con la recuperación de los elementos antiguos en estado precario de conservación, incluso con partes ausentes, como los muros de piedra de contención de los rellanos, las escaleras y los pavimentos entre los mismos, todos

prácticamente cubiertos por vegetação. La intervención revelo, por medio de excavaciones arqueológicas, bases de edificación de comienzos del siglo XVIII, anterior a la construcción de la Plaza Tiradentes. Actualmente está en marcha la restauración del forro de paneles del salón principal de la Casa de la Baronesa. Se trata de un forro típico de la arquitectura "colonial" de Minas Gerais, formado por cuatro superfícies inclinadas y trapezoidales y una rectangular en el centro, horizontal y de cierre. El forro de paneles es uno de los elementos arquitectónicos de mayor relevancia de la Casa de la Baronesa.



Foto 5 e 6. Iglesia de Nuestra Señora de la Concepción de Antônio Dias y su patio, después de las intervenciones.

El tratamiento paisajístico del Patio y de la Plazoleta de la Iglesia de Nuestra Señora de la Concepción de Antônio Dias posibilitó la recuperación de un espacio público que es referencia en el barrio Antônio Dias. La Iglesia fue construida en lugar destacado en relación al poblado que la rodea; el patio y su plazoleta acentúan aún más el valor urbano de la iglesia. El Puente de Antônio Dias y la Plazoleta de Marilia localizada en el centro del barrio complementan ese conjunto urbano de gran importancia histórica para la ciudad y uno de sus principales puntos turísticos. Tanto en el patio ajardinado como en la plazoleta fue instalado un nuevo trazado del pavimento, posibilitando la formación de miradores y arriates con ampliación de las áreas de convivencia contribuyendo así para la apropiación de ese espacio público. Las intervenciones consistieron también en la colocación de una rampa de acceso, instalación de bancos, iluminación y sistema de irrigación. El horizonte paisajístico existente anteriormente fue alterado porque la vegetación perjudicaba la visibilidad de la iglesia. El proyecto de ordenamiento del tráfico de Ouro Preto iniciado, también, en el 2003 realizó un diagnóstico del tráfico local y señaló alternativas que compatibilizan fluidez, accesibilidad, seguridad y preservación del patrimonio. Algunas acciones fueron puestas en funcionamiento por el Ayuntamiento aún en el 2003 como la prohibición del tráfico de vehículos pesados por el centro histórico y la organización de un equipo de control del propio Ayuntamiento para actuar en ayuda de las necesidades operativas. Otras como el cierre del entorno de la Iglesia del Pilar, a pesar de haber sido ejecutadas recientemente, ya han producido resultados positivos, sobre todo en la reducción de los daños ocasionados al monumento por la vibración proveniente del tráfico de vehículos.



Foto 7. Intervención ejecutada en torno a la Iglesia del Pilar. Figuras 2 y 3 - Proyecto de ordenación del tráfico en torno a la Iglesia del Pilar y en la Plaza Tiradentes, pendiente de ejecución.

En el 2001 se inició la restauración del Puente de Antônio Dias, próximo a la Iglesia de Nuestra Señora de la Concepción. En esta obra se ha recuperado el revestimiento de las paredes, se ha realizado limpieza, relleno de juntas, realineamiento y se han colocado elementos de cantería que faltaban o estaban damnificados. Con el objetivo de distribuir las tensiones sobre la estructura del puente se proyectaron a lo largo de la misma dos placas de hormigón armado, instaladas debajo del adoquinado. La obra fue finalizada el 2002 con la construcción del sistema de drenaje pluvial superficial y profundo. Dos años después se inician las obras de restauración del Puente Seco, que se basaron en un dictamen técnico que diagnosticó los principales problemas existentes y que estaban relacionados con la ausencia de red de drenaje adecuada, promoviendo sobrecarga en el tajamar del puente. La solución propuesta para su estabilización consistió en la construcción de un nuevo sistema de flujo de agua. Los estudios de movimientos da masa, relatados en el dictamen,fueron auxiliados por inclinómetros, instalados en el local por técnicos de la Universidad Federal de Ouro Preto, hace aproximadamente 30 años. El 2006 se inició la restauración del puente del Rosario, que pasó por una intervenção semejante a la del Puente de Antônio Dias. Sin embargo, el hecho de que el nivel de la calzada esté por debajo de la acera, lo que no favorece la captación pluvial en el local, hace que una solución definitiva para el problema dependa de la instalación de drenaje pluvial en las calles próximas al monumento. La actuación trató puntualmente el bien cultural, caracterizándose como proyecto estructural y de drenaje, relacionado con su mantenimiento físico. Es necesaria otra intervención complementaria de tratamiento paisajístico de su entorno que tenga en consideración el contexto urbano en que se encuentra el puente, que es de fundamental importancia para la recalificación del conjunto urbano donde está situado ese monumento.



Fotos 8,9e 10. Puente de Antônio Dias, Seco y del Rosario, después de las intervenciones de restauración.

Una acción hasta entonces inédita en la ciudad fue la de la restauración de inmuebles privados, iniciada el 2005. Esa acción tiene como objetivo promover la recuperación de inmuebles particulares en estado de conservación precario, a través de una línea de crédito concedida por la Caja Económica Federal. Las obras se dirigen a la recuperación de fachadas, cubierta, incluyéndose las demoliciones de anexos irregulares y que descaracterizan los inmuebles. Se están llevando a cabo, también, intervenciones de estabilización o consolidación de la estructura, embutido de la conducción eléctrica en conductores y adaptación de los cuadros de distribución y de los cuentapasos de luz de los inmuebles. El plazo para el pago de los créditos, que no tienen tasa de interés, es de diez años para inmuebles comerciales, quince años para inmuebles residenciales o mixtos y veinte años para propietarios con renta inferior a tres sueldos base. El pliego de condiciones para la selección de los inmuebles fue publicado por el Ayuntamiento de Ouro Preto el 12/08/2005 y se recibieron 14 (catorce) propuestas aprobadas,habiéndose concluido, hasta el momento, los edificios que se muestran Continuación:



Fotos 11,12,13,14 y 15. Calle de Aleijadinho, nº 88/90, del Pilar nº 85, San José nº 171, Costa Sena nº 151 y Alvarenga nº 460.

La restauración del teatro Municipal fue realizada durante los años 2006 y 2007. Es la principal casa de espectáculos teatrales de la ciudad y el más antiguo teatro de América Latina todavía en funcionamiento. Tuvo sus elementos constructivos recuperados, así como sus espacios y mobiliario; se substituyeron la instalación eléctrica, hidrosanitaria, luminotécnica, escenario y la cortina del mismo.



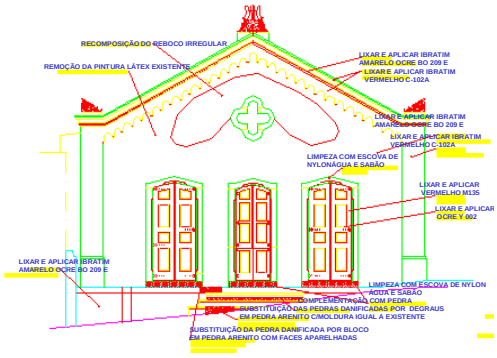


Foto 16. Teatro Municipal, después de la restauración. Figura 4. Teatro Municipal, proyecto de restauración.

La recuperación y el tratamiento paisajístico del Jardín Botánico y del Valle de los Contos, es lo principal y de mayor importancia del programa, no solo por su dimensión, sino por concentrar intervenciones que conjugan preservación cultural y ambiental en la ciudad. El Jardín Botánico y el Valle de los Contos ocupan una extensa área verde localizada en el núcleo histórico de Ouro Preto, que tiene una densa ocupación urbana. Es una intervención de gran importancia para la ciudad, pues ayuda de manera definitiva a la preservación del paisaje de Ouro Preto, cada vez más amenazado por el aumento de densidad urbana de las ocupaciones en las huertas y áreas verdes sobrantes. La obra comenzó en marzo del 2006 y está en su fase final. El área se encontraba con ocupaciones irregulares que fueron removidas, tenía una intensa degradación ambiental, proveniente de la acumulación de basura arrojada en el lugar y un depósito, de volumen considerable, de detrito de alcantarillado vertido directamente en el riachuelo que lo recorre en toda su extensión. La intervención contribuye para el equilibrio de la relación entre masa verde y edificada del núcleo histórico. El proyecto prevé la creación de un parque, preservándolo como área verde y consolidando su función y uso público. La mayor parte de los caminos proyectados se hace por sendas que siguen las curvas de nivel del terreno; la topografía, de acentuada inclinación, se vence por puentes, pasarelas y escaleras. A lo largo del recorrido se están instalando centros de servicio equipados con bañeros, miradores, zonas de convivencia y recreo; espacios lúdicos dotados con parque infantil y anfiteatros que hacen posible la realización de espectáculos musicales, de danza y de teatro. Está siendo construido un campo de deportes en un antiguo campo de fútbol, dotado de estructuras de apoyo como cuartos de baño y vestuarios. Todos los espacios estarán señalizados y localizados a través de un sistema de comunicación visual. Las áreas están siendo plantadas con especies provenientes de la propia región. El proyecto prevé, también, el saneamiento del riachuelo y la construcción de una represa con la introducción de especies acuáticas, creando así rincones de parada y descanso incorporados a los caminos.



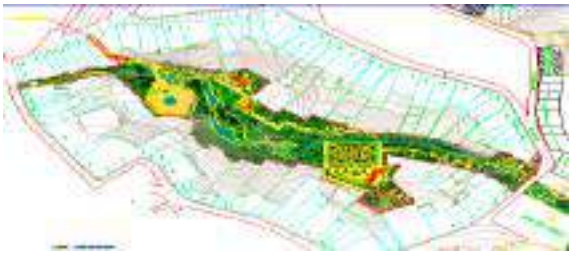


Foto 17. Jardín Botánico, obras de recuperación y de tratamiento paisajístico. Figura 5. Valle de los Contos, proyecto de recuperación y de tratamiento paisajístico

El Programa Monumenta en la ciudad contempla, también, la instalación de mobiliario urbano y de señalización interpretativa. Se trata de la confección e instalación de papeleras, bancos, señales y marquesinas, con el objetivo de proporcionar a la ciudad de mobiliario urbano moderno y de calidad, sin interferir de forma negativa en su paisaje urbano. La señalización interpretativa contempla los principales edificios y monumentos, en particular el conjunto religioso y civil constituido por museos e instituciones públicas de Ouro Preto. Dota a la ciudad de informaciones sobre gran parte del conjunto histórico arquitectónico, rescatando la memoria local, registrando y divulgando informaciones sobre los personajes de la historia local y nacional y, también, sobre los edificios residenciales, monumentos, mapas y miradores de la ciudad. Están previstas para los años 2008 y 2009 las siguientes intervenciones: red de enterramiento de cables en tres zonas de la ciudad, diversas acciones previstas en el proyecto de ordenación del tráfico, recuperación del patio de la Casa del Folclore, paisajismo del área por encima del Puente Seco, tratamiento paisajístico y urbanístico de los alrededores del puente de Antônio Dias, construcción de un terminal de pasajeros en la calle Barón de Camargos, restauración del Puente del Palacio Viejo, del Solar de los Baeta Neves, de la Casa de los Inconfidentes y del Caserón Rocha Lagoa.

Conclusiones

Después casi ocho años de realización del Programa Monumenta en la ciudad de Ouro Preto podemos describir un escenario satisfactorio en su desarrollo. Iniciado con intervenciones puntuales a través de la restauración de bienes edificados, las acciones fueron alterándose a partir de las primeras experiencias y resultaron en intervenciones urbanísticas alcanzando conjuntos y barrios, uniendo la preservación a las cuestiones de día a día urbano. Reconocida la importancia de intervenir no solo en los monumentos aislados sino también en sus entornos y en los conjuntos urbanos que lo integran, las acciones se dirigieron hacia la apropiación de los espacios públicos enriqueciendo las intervenciones puntuales y aliando la preservación con las necesidades locales de entretenimiento, como el ejemplo de las áreas por encima del Puente seco, bajo el Puente de Marilia y la recuperación y el tratamiento paisajístico del jardín Botánico y del Valle de lo Contos, espacio urbano de gran importancia para la ciudad de Ouro Preto. Esta actitud tuvo influencias indirectas positivas en las casas de las instituciones públicas, reconociendo la importancia de la preservación de sus áreas externas como sus componentes indisociables, a ejemplo de la restauración de los patios de la Casa de la Baronesa y de la Casa del Folclore. Otras acciones consideradas pioneras resultaron en soluciones para situaciones hace mucho tiempo objeto de discusión entre los gestores locales y los órganos de preservación, como la colocación de señalización interpretativa permitiendo a los visitantes y a los vecinos el acceso a las informaciones sobre los monumentos y espacios urbanos. Con el mismo criterio la ciudad está siendo dotada de equipamientos necesarios y de calidad como papeleras, marquesinas, bancos e indicadores, sin riesgo de que interfieran de forma negativa en el paisaje urbano. El proyecto de ordenamiento del tráfico hizo posible la recogida de datos importantes, antes no evaluados, que permiten que se desarrollen acciones dirigidas a solucionar ese problema, que es un problema del siglo XX y que en el caso de Ouro Preto se intensifica, pues la ciudad, además de no poseer estructura para absorver un gran flujo de vehículos, que tiende a crecer en grandes proporciones, posee calles estrechas, una topografía abrupta y contraria a la presencia de vehículos. De fundamental importancia es la reestructuración de los transportes públicos de la ciudad, que necesita una reducción del tamaño de los autobuses, así como de sus líneas –del total de 24 existentes hoy en la ciudad, 11 son innecesarias-. Este es un proyecto que todavía no ha producido los resultados esperados, pero que si fuese desarrollado de una manera integral iba a contribuir de forma significativa para la preservación del rico patrimonio cultural urbano de Ouro Preto. A pesar de que algunas acciones no hayan tenido el alcance deseado como la restauración de inmuebles privados, por el número reducido de edificios beneficiados y la cuestión relacionada a que la sostenibilidad aún no ha sido evaluada, el programa viene haciendo posible intervenciones pioneras y experiencias positivas que serán referencia para nuevas acciones de preservación y que pueden reflejarse en otros centros históricos brasileños.

Referencias

[1] Arquivos del Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional - IPHAN - en Ouro Preto
[2] Arquivos del Programa Monumenta en Ouro Preto, MG e Brasília, DF.

LA CASA DE LOS ARTISTAS: HISTORIA, ARQUITECTURA Y REHABILITACIÓN DE UNA CASA-PALACIO DE SEVILLA

Mª Dolores Zambrana Vega. *Departamento de Pintura. Facultad de Bellas Artes. Universidad de Sevilla. c/ Laraña, nº 1, 41001 Sevilla.*

1. Historia de la Casa de los Artistas.

La Casa está situada en la calle *Viriato* número 3, que pertenece al conocido Barrio de *La Feria*, concretamente a la altura de la Iglesia de *San Juan de La Palma*. Estuvo habitada por tres familias importantes de la nobleza sevillana. Los **Arias de Saavedra** fueron, en el marco histórico de la Baja Edad Media, los constructores y primeros moradores de la Casa, asentada probablemente sobre las ruinas de un edificio mozárabe del siglo XI. Con el Renacimiento llega al palacio la familia de los **Ponce de León**, procedentes de la Casa Ducal de Arcos, que realizaron importantes reformas sobre el primitivo edificio, dejando constancia de su presencia en un pequeño azulejo, que aún se conserva, y en el que figuran pintadas las antiguas armas de su linaje. Durante la Ilustración fueron moradores de la Casa los **Díaz de Lavandero**, Marqueses de Torrenueva, que también realizaron obras de restauración y acondicionamiento en el edificio. Con el devenir del tiempo, la Casa fue adquirida por Don Javier Sánchez-Dalp, Marqués de Aracena, que se convierte así en el decimonoveno propietario. Gran mecenas y protector de los artistas sevillanos, la dedica a lugar dónde reunirse, vivir y tener sus estudios y guardillas, artistas y artesanos de la ciudad, impulsando de esta forma el arte hispalense. Así nació su nombre actual de **Casa de los Artistas**. Más tarde, y debido al deterioro paulatino del inmueble, en el año 1980 el edifico lo adquiere el Excmo. Ayuntamiento de Sevilla, y en 1996 se vende la histórica Casa a la Fundación Club de Leones.

La Casa de los Artistas empieza a dar sus primeros pasos como tal, con el pintor José Jiménez Aranda como promotor, a finales del siglo XIX, y alcanza su máximo esplendor durante la primera mitad del siglo XX, comenzando, a partir de entonces una lenta decadencia, que culmina con su declaración en ruina total en 1965. En la Casa tuvieron estudios diversos artistas (pintores, escultores, restauradores, anticuarios, libreros y artesanos), y también albergó una Academia de baile, la de Pericet, así como una tienda de muebles. Entorno a su segundo patio, fue además una casa de vecinos típica de Sevilla, pero con peculiares matices, ya que en ella convivieron personas de diversa posición social. Antes de los artistas, este antiguo edificio fue habitado por conquistadores, militares, políticos, diplomáticos, aristócratas y empresarios, cuyas vidas, muertes, conquistas, conspiraciones, hechos y obras transcurrieron entre sus antiguos muros.

2. Arquitectura.

El edificio presenta una **fachada** de estilo gótico con evoluciones renacentistas, y un dintel adovelado en el que aparece el escudo de armas del Marqués de Torrenueva, sobre el que se apoya el balcón principal, con tornapuntas metálicas. Se remata por una ligera cornisa que recibe el alero del tejado. A un lado y a otro de la portada aparecen dos balcones con tejaroces, y en el centro un arco adintelado, muy original, ya que el despiece de las dovelas es un detalle que, si bien puede ser simplemente ornamental, es más probable que responda a un motivo de seguridad dado el gran canto del arco.[1] Seguramente la fachada fue simétrica en su origen y debió tener en la planta baja

[1] Cf., CARDOSO BUENO, D. A. , *El Distrito Municipal I de Sevilla: Historia y Arte*, Sevilla (ed. Junta Municipal Distrito I), 1983, p. 36.

grandes ventanales a ambos lados, que fueron posteriormente sustituidos, en el lado derecho por una puerta de chapa enrollable, por la que se accedía a un local, y en el otro lado se han levantado dos plantas, destinadas la inferior a local comercial y la superior a vivienda actualmente en uso. La fachada en sí se encontraba bastante deteriorada, apreciándose desconchones, desprendimientos de los enfoscados y algunos grafitos, y la portada de piedra, presentaba acumulación de suciedad y desprendimientos a causa de la erosión producida por los agentes climáticos y ambientales.

El **apeadero** de la Casa es de grandes dimensiones y conectaba con la portada principal a través de un zaguán cubierto por un entrevigado de madera. A continuación existía construida una larga crujía medianera con las casas colindantes, dividida a su vez en varias dependencias, que se utilizaron como caballerizas y cobijo del servicio. Funcionalmente es muy adecuado el acceso desde el apeadero a la galería norte del patio, que se hacía a través de una puerta ceutí, que disponía de un arco de descarga. Probablemente esta puerta tendría adosada una reja, aunque cabe la posibilidad de que entre el arco y el dintel de la misma hubiera un tragaluz. El apeadero se encontraba con fisuras y grandes desconchones, perdiéndose el enfoscado en gran parte de ellos. Las cubiertas de tejas, así como los forjados de madera se desplomaron en su mayoría y el resto estaba en situación de ruina inminente. Las carpinterías de madera, compuestas de dos hojas, desaparecieron debido a su mala conservación y a los distintos robos producidos. En cuanto a los cobertizos añadidos, sólo se mantenían los más próximos a la entrada. Antes de comenzar la restauración, el apeadero se encontraba con abundante vegetación y cubierto por un gran numero de escombros. El pavimento estaba resuelto mediante adoquinado, muy deteriorado, con un encimado central que recoge el agua de lluvia y la conduce a un desagüe[2].

A continuación tenemos **el patio principal,** núcleo central y alma de la casa, nunca visible desde la calle y en el que confluyen las habitaciones y estancias principales, mientras que las secundarias miraban al jardín. Se trata de un gran patio de 20 x 30 m^2 que cuenta con arquería en dos de sus frentes en la planta baja. Los arcos son de distinta luz, inscritos en alfices que remarcan las albanegas, que se apean sobre columnas de mármol con cimacios. Hay que destacar la fuente de mármol, de forma octogonal, situada en el centro del patio, elemento muy común en este tipo de casa y que aquí, además sirvió de motivo y referencia en muchas composiciones de los cuadros allí pintados. Sobre las galerías de la planta alta se situaban forjados con entrevigado y tablerón de madera y cubierta de teja árabe, habiéndose desplomado toda la construcción superior, obligando a clausurar el acceso al patio debido a la peligrosidad que existía. Al fondo, en el lado sur del patio había una crujía con la cubierta, hundida en su totalidad, de unos 6 m de altura y 120 m^2 de superficie, de la que no quedaba nada antes de su intervención. La entrada a ésta se realizaba a través de una portada de estilo árabe con arco de herradura adovelado califal cordobés del siglo X, con inscripciones en alfiz y elementos decorativos flanqueado por columnas de mármol con capiteles corintios. Las cubiertas, completamente desaparecidas, estaban resueltas mediante cerchas de madera y teja árabe, y sólo quedó en pie parte de dos muros perimetrales y en muy malas condiciones. En el ángulo que forman las dos galerías del patio se sitúa la gran escalera principal con cubierta a cuatro aguas, y muros de carga parcialmente desplomados.

Las **dependencias principales** de la casa corresponden al ala Norte, en ellas destaca un gran salón con doble altura, teniéndose que apuntalar antes de su intervención; el resto estaba en pie y dotado de una entreplanta. Este ala tenía además una planta alta

[2] Cf., DÍAZ DEL RÍO, L., *Proyecto Básico para la Rehabilitación preferente de La Casa de los Artistas,* Sevilla, 1999, pp. 4-6.

que comunicaba la galería Norte con la Oeste y la escalera principal. El ala Oeste estaba dotada con dos plantas y carecía de entreplanta. Posteriormente, y al fondo del lado Sur, se le adosó una edificación de una sola planta que serviría como vivienda, para vecinos y artistas de la época.

En líneas generales podemos decir que el edificio estaba en un estado avanzado de deterioro, ya que las crujías que se sitúan alrededor del patio presentaban patologías importantes, con cubiertas arruinadas, muros debilitados en la planta baja, desplomes en la planta alta y carente de cualquier tipo de revestimientos.

3. Propuestas de restauración.

Ante una Casa en ruinas y con más de 60 años de abandono, nos encontramos que las primeras propuestas de restauración surgen en el año 1983, aunque fueron abandonadas sucesivamente por motivos económicos. En 1995 dos alumnos del Colegio Buen Pastor de Sevilla realizan un trabajo de investigación, denuncian la situación de abandono, en que se encuentra la Casa de los Artistas por parte de la Gerencia Municipal de Urbanismo. Movidos por ello y con el apoyo del Director del Colegio, Andrés Joaquín Egea, emprendieron gestiones serias para la recuperación de la histórica Casa, propiedad entonces del Excmo. Ayuntamiento de Sevilla.

Solicitaron para el edificio la declaración de **Bien de interés Cultural**, para así agilizar su restauración y evitar que se llegara a un mayor deterioro. Como nos comentó Don Joaquín Egea, dicho paso fue inútil, ya que la respuesta, después de un año de su solicitud, fue que los estudios que había que realizar eran costosos y no era posible por tanto abordarlos, a menos que los solicitantes encontraran la financiación correspondiente. Desilusionados, pero con fuerzas de seguir debido a su espíritu soñador buscaron otras vías, naciendo así una comisión en el Excmo. Ateneo de Sevilla que consiguió reunir a personas que habían tenido vinculación con la Casa. Estamos hablando de pintores, como Antonio Zambrana, Ricardo Comas o Armando del Río; escritores y periodistas, como Nicolás Salas, José María Gómez, Manuel Olmedo o Vicente Flores; la anticuaria Mercedes Rivas, el concejal del casco Antiguo Manuel García y la hija del recordado Alfonso Grosso. Dicha comisión tenía el objetivo de recuperar la Casa para que volviera a su antiguo esplendor como uno de los grandes centros artísticos y culturales de Sevilla.[3] Adicionalmente, la Universidad de Sevilla se ofreció a participar económicamente con la condición de que una parte del edificio fuera destinada y adaptada como residencia de estudiantes y Profesores de Bellas Artes.

Sin embargo la comisión se encontró con la sorpresa de que, tras el camino recorrido y con las esperanzas a flor de piel, el Club de Leones de Sevilla tenía adjudicada la restauración de la Casa de los Artistas y que el 15 de mayo de 1996, la Asamblea General Ordinaria del mencionado club, acordó acometer una obra de carácter social y sin ánimo de lucro, que consistía en una Residencia para las personas necesitadas de la Tercera Edad. Tras diversas gestiones con el Ayuntamiento de la ciudad, la comisión ateneísta propuso que el Club de Leones de Sevilla realizara su proyecto en el edificio colindante del antiguo hospital de San Bernardo, conocido vulgarmente como Hospital de los Viejos. Con ello se conseguirán dos de los objetivos que se propuso dicha entidad, por un lado, solventar el problema de la Residencia y por otro, la rehabilitación de un edificio histórico, permitiendo de esta forma que la recuperación de la Casa de los Artistas se hiciera como centro cultural para Sevilla. Pero los problemas burocráticos, que mantienen cerrado y en ruinas el más antiguo hospital de Sevilla, hicieron desistir a la comisión de su propuesta, ante el temor de provocar una dilatación innecesaria de lo

[3 y 4] Información procedente de entrevista concedida por Don Joaquín Egea López a la propia autora.

que verdaderamente era importante, es decir, la restauración del edificio de la Casa de los Artistas, aunque ello fuese a costa de perder su espíritu cultural.[4] No obstante, la mencionada comisión organizó una exposición para traer a la memoria de los sevillanos y sobre todo de sus autoridades el recuerdo y el significado del Palacio del Mariscal, como fue llamado en sus inicios la Casa de los Artistas.

Actualmente, la rehabilitación del edificio de la Casa de los Artistas está pues adjudicada al club de Leones de Sevilla, que comenzó las obras en el año 2004, con el fin de instalar un geriátrico. Particularmente pensamos que existen muchas alternativas en la ciudad para la instalación de un geriátrico y que la Casa de los Artistas debería haberse rehabilitado para recordar y potenciar la actividad artística y cultural de Sevilla, por tanto proponermos, aunque ya no sea viable, una rehabilitación basada en la propuesta que hizo en su día la Comisión del Excmo. Ateneo de Sevilla. Todo ello se hubiese hecho respetando al máximo la organización interna y volumétrica del edificio y manteniendo el recuerdo de las habitaciones que fueron talleres de los artistas de aquella época, que dieron esplendor cultural a una Sevilla sencilla y apagada por el lastre duro de la postguerra.

Para que nuestro proyecto de rehabilitación de la Casa de los Artistas respete al máximo la distribución antigua del edificio, nos hemos basado en dos referencias importantes:

a) Los testimonios que hemos podido recoger en nuestro trabajo de campo, del cual los principales informadores han sido Don Ricardo Comas, pintor inquilino que fue de la Casa de los Artistas, Don Antonio Zambrana, visitante asiduo de la misma, y D. Juan M. Miñarro, que desarrolló parte de su actividad artística en la Casa. Estos testimonios han sido muy valiosos para saber con certeza la distribución de espacios y ocupantes de la Casa de los Artistas durante el siglo XX, y también los visitantes más asiduos y el tipo de actividad desarrollada.

b) Por otra parte, hemos considerado también los planos que ya han realizado los arquitectos del Club de Leones, con la diferencia que suprimiríamos la entreplanta que se ha añadido en el proyecto arquitectónico ya que para nuestro centro cultural consideramos mas importante los techos altos originales. Por último se haría una nueva distribución de los espacios que se ajustarán a las nuevas necesidades del Centro Cultural.

Para dejar clara nuestra propuesta vamos ha realizar una descripción tanto física como conceptual sobre los planos. Comenzamos con la **planta baja** del edificio:

En la fachada principal se realizaría una restauración basada en un proyecto compatible con las leyes de Patrimonio. *Grosso modo* consistiría en una limpieza y consolidación de la piedra así como una reconstrucción de todo el enfoscado desprendido. Se respetaría la puerta de entrada principal así como la puerta lateral derecha, que en tiempos atrás pertenecía a la tienda de muebles, y que ahora sería la entrada a nuestro museo y sala de exposiciones.

El apeadero lo reconstruiríamos respetando sus dimensiones originales y conectándolo con la puerta principal a través de un zaguán cubierto. A continuación se levantaría una larga crujía medianera con las casas colindantes, dividida a su vez en diez dependencias, donde se ubicarían, en la primera la consejería del centro y en las restantes parte de las habitaciones para estudiantes, provistas de un cuarto de baño, luz cenital y el espacio para dormitorio, con unas dimensiones bastante coherentes que incluso permitieran utilizar el dormitorio como lugar de trabajo. Dicha crujía se terminaría en una amplia sala de estar y televisión para uso y expansión de los residentes. Frente a esta crujía medianera, y perteneciente ya a una segunda crujía, levantaríamos habitaciones, un pequeño almacén para las obras y trabajos artísticos, así

como una gran **aula de escultura,** que se instalaría en la planta baja por las peculiares condiciones que requieren los trabajos escultóricos. Desde el apeadero se realizaría un acceso a la galería Norte del patio, por medio de una puerta que dispone de un arco de descarga, que serviría de entrada al **museo,** dedicado a los artistas que allí trabajaron, durante los dos siglos de esplendor de la Casa de los Artistas, y a la **sala de exposiciones** temporales, donde los jóvenes artistas podrían dar a conocer sus obras. También pondríamos en la planta baja la **biblioteca**, **sala de ordenadores**, **tienda librería del museo,** a la que se accedería tanto por el museo como por el patio interior, y el **almacén** del mismo con un largo pasillo que termina en aseos comunes, todo ello ocupando las tres crujías del ala Norte. Completaríamos con un **salón de actos**, de gran capacidad, un escenario y una puerta de entrada que respetaría el lugar de la puerta árabe existente y una ventana. Dicho salón estaría destinado para dar conferencias, así como para conciertos y espectáculos de baile, y por último habitaciones de estudiantes al Sur. En el ala Oeste se ubicaría, la **cafetería – restaurante** con su correspondiente cocina y sala comedor con mesas, la escalera principal y un par de almacenes más para los trabajos de los estudiantes. Reconstruiríamos en el ala Norte el patio principal, con arquería en dos de sus frentes y una fuente central tal y como era en sus orígenes, donde se restaurarían los azulejos que fueran recuperables.

En la primera crujía del ala Norte, en **la primera planta,** donde estaba la academia de Pericet, estaría ubicada el **aula de baile y música**, con acceso por escalera y ascensor. En las crujías dos y tres estarían ubicadas siete habitaciones, con su baño, sala de estar y dormitorio, destinadas a los profesores e investigadores residentes. En el ala Este estarían ubicadas las **aulas de pintura, artesanía y restauración**, para uso común de profesores y alumnos residentes, así como visitantes inscritos en algún curso de los que se impartieran en el Centro Cultural. En el ala Sur estaría ubicada el **aula teórica** para las necesidades de las distintas especialidades. Por último en el ala Oeste del patio principal se distribuirían los distintos despachos, sala de reuniones y dependencias destinadas al personal fijo del Centro Cultural. Hay que notar también el hueco de la escalera principal y que tanto al ala Norte como Oeste se accedería a través de una galería de arcos abiertos al patio principal.

En nuestro proyecto de rehabilitación de la Casa de los Artistas se respeta la volumetría original del edificio, así como las cubiertas originales cambiando sólo y sin distorsionarlas, la colocación de lucernarios para que dote de luz cenital a los estudios distribuidos en el apeadero y a las aulas prácticas de la primera planta. En resumen nuestra propuesta pretende la creación de un centro cultural para Sevilla, que se llamaría, "**La Casa de los Artistas**", con una gran actividad cultural, artística y tradicional, que nunca debió perderse. Concretamente y además de cubrir parte de las necesidades de alojamiento que la Universidad de Sevilla tiene para alumnos y profesores de Bellas Artes y los de las artes escénicas tanto del baile, del cante y la música en general, podría servir de trampolín para los jóvenes valores de nuestro arte y nuestra cultura, desarrollando actividades del siguiente tipo: a) Programación anual de cursos, exposiciones, conciertos y espectáculos de baile; b) Prolongación, por el apeadero de la Casa, del mercadillo del *Jueves*, de tan honda tradición en nuestra ciudad; c) Realización trimestral, en el Patio principal de la Casa, de un mercadillo del Arte así como utilizar este mismo lugar cada vez que fuera necesario para el desarrollo de las nuevas actividades artísticas; d) Conseguir, con su Museo, la permanente presencia de obras de aquellos relevantes artistas, que durante los siglos XIX y XX trabajaron allí; y e) Dotar a dicho Museo de un aula de restauración de obras artísticas.



Figura 1. *Vista aérea de la Casa de los Artistas en avanzado estado de ruinas*



Figura 2. Fachada de la Casa de los Artistas.





<Figura 4. *Patio principal de la Casa de los Artistas.* Años cincuenta.

^Figura 3. *El apeadero de la Casa de los Artistas.* Años cincuenta.

Gobierno de Canarias
Consejería de Educación, Cultura y Deportes
Dirección General de Patrimonio Histórico

FIDAS
FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN DE LA ARQUITECTURA, SEVILLA

DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

COAS
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE SEVILLA