

La recuperación del castillo de Sancti-Petri: una deuda demasiado larga con la historia

Revista de Obras Públicas
nº 3.527. Año 158
Diciembre 2011
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

The recovery of the Sancti-Petri castle: an outstanding debt with history

José Martín-Caro Álamo. Dr. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos.
INES Ingenieros Consultores. Madrid (España). jmc@inesingenieros.com

Illán Paniagua Serrano. Dr. En Ciencias Geológicas.
INES Ingenieros Consultores. Madrid (España). ips@inesingenieros.com

Gregorio Gómez Pina. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Demarcación de Costas en Andalucía –Atlántico. Cádiz (España). ggomez@mma.es

Lorenzo Fages Antiñolo. Ingeniero técnico de Obras Públicas e Ingeniero Civil.
Demarcación de Costas en Andalucía –Atlántico. Cádiz (España). lfages@mma.es

Juan José Muñoz Pérez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Dr. En Ciencias Físicas.
DG de sostenibilidad de la Costa y el Mar. Ministerio de Medioambiente y Medio rural y Marino.
Cádiz (España). jjmperez@mma.es

Resumen: Cuando el 28 de febrero de 1867, días después de que un fuerte temporal azotará el islote y el castillo de Sancti-Petri, el capitán de la guarnición, Juan Manuel Lumbrera, pide a sus superiores la cantidad de 4.070 escudos para poder acometer obras de urgencia en el castillo, no se podía imaginar que tenían que transcurrir casi 150 años para que se volvieran a acometer tareas integrales de rehabilitación en el mismo. Las obras realizadas entonces, la reconstrucción de parte de los muros de protección exteriores y de las rampas de acceso al castillo, fueron las últimas de una larga serie y antecesoras de las que la Dirección de Sostenibilidad de la Costa y el Mar través de la Demarcación de Costas de Andalucía Atlántico está finalizando en estos días.

En este artículo se pretende resaltar los aspectos más importantes relacionados con la búsqueda de un equilibrio estable entre la aplicación de los criterios habituales en estructuras pertenecientes a nuestro patrimonio social y cultural y los derivados de la necesidad de alcanzar unas altas prestaciones durables y mecánicas.

Esta búsqueda ha servido de hilo conductor durante todo el proyecto y la obra y ha permitido reflexionar sobre la mejora en las prestaciones de los materiales tradicionales ejecutados con técnicas y componentes modernos, la respuesta de éstos ante solicitaciones ambientales extremas, y sobre la necesidad y factibilidad de establecer un plan de control de ejecución fiable.

Palabras Clave: Castillo; Restauración; Materiales de construcción; Patrimonio histórico

Abstract: When the Captain of the garrison, Juan Manuel Lumbrera requested 4,070 Escudos from his superiors to carry out urgent repair works to the Sancti-Petri castle following the heavy storms that had struck the island emplacement on 28 February 1867, little did he realise that almost 150 years would have to pass before further and complete renovation work would be made to the castle. The work since carried out and consisting of the reconstruction of part of the outer protecting walls and the ramparts up to the castle were the last of a long series of earlier work now being brought to a close by the Coast and Sea Sustainability Department under the auspices of the Atlantic Andalusian Coast Administration.

This article highlights the most important facets of the work and, namely, that geared to ensuring that standard criteria for listed buildings forming part of our social and cultural heritage was applied while at the same time ensuring that the work was of suitably high performance in terms of strength and durability. This search for correct balance served as the guiding line throughout the entire project and building work and, subsequently, gave rise to reflection on the improvement of the properties of traditionally constructed materials using modern techniques and components, the ensuing response of these to extreme environmental stresses, and the need and feasibility of establishing a reliable construction control plan.

Keywords: Castle; Restoration; Building materials; Heritage

1. Antecedentes

El islote de Sancti-Petri con su fortaleza está enclavado frente a las costas de San Fernando y Chiclana, en la misma desembocadura del caño de Sancti-Petri (ver fig. 1), donde los historiadores ubican el templo legendario de Hércules. El Castillo se integra dentro de las fortificaciones construidas durante los siglos XVI-XVII para la defensa de la bahía de Cádiz. En las últimas décadas, la elevada población concentrada en su entorno ha modificado enormemente su aspecto original, haciendo difícil, en ocasiones, identificar y entender la misión defensiva que ha tenido en el pasado.

Su importancia va más allá de los restos monumentales ya que está integrado en un espacio natural de indudable valor.

Ha sido declarado Bien de Interés Cultural con la categoría de Monumento (código: 110150006). Bajo la protección de la Declaración genérica del Decreto de 22 de abril de 1949, y la Ley 13/1985 sobre el Patrimonio Histórico Español, BOE (1).

Asimismo, también ha sido incluido en el Inventario de Espacios Naturales, dentro de la de-

claración del Parque Natural la Bahía de Cádiz, BOJA (2).

El castillo se encuentra apoyado sobre el sustrato rocoso que aflora en el islote, ocupando su casi totalidad, tiene planta alargada y es sensiblemente rectangular con una clara orientación Norte-Sur, donde una de sus fachadas está orientada a la península, al caño, y la otra al Océano Atlántico.

Las construcciones que actualmente forman parte del castillo pueden dividirse en dos grandes zonas, por una parte, la zona septentrional, primera zona de implantación y construcción que recoge la torre, empleada como polvorín, el patio principal circular y las dependencias dedicadas al cuartel, cocinas, y vivienda del capitán. Por otra parte, en el otro extremo del islote, el meridional, se encuentran localizadas las construcciones que fueron ejecutándose en la segunda mitad del siglo XVIII, edificios auxiliares empleados como polvorín y vigilancia. En el momento de la intervención, esta zona se encontraba parcialmente derruida debido a la acción del mar que había provocado el descalce y ruina del muro de contención, con el consiguiente derrumbe de la esquina que da a San Fernando.

Ambas zonas se encuentran conectadas por el llamado patio medio, zona que en la antigüedad estuvo cubierta y que fue destinada a diferentes usos. Este patio presenta un saliente en su fachada atlántica en forma de castillete y está rodeado en sus dos lados por

Fig. 1. Vista aérea del castillo y el islote.





Fig. 2. Vista aérea del castillo una vez finalizadas las tareas de limpieza y desescombro.

fuertes muros con troneras defensivas. La fachada que da al océano Atlántico presenta, además del saliente anteriormente comentado, otro cercano a la torre que además, sirve de entrada, con prepatio, al interior de la fortaleza.

En la fachada que da a la península, resalta el patio principal semicircular, terminado por un muro de gran espesor con troneras (ver fig. 2).

2. Entre la leyenda y la historia

Las fuentes greco-romanas, fundamentalmente Herodoto (3) en su Historia en el siglo V a. C, nos informan de la existencia de un santuario o templo dedicado a Heracles, Melkart para los púnicos, también llamado Herakleion o Hercules Gaditanvs, que pudo ser fundado en tiempos de la Guerra de Troya, a comienzos del siglo XII a.C. Fue creado por los fenicios procedentes de Tiro, que fundaron Gadir en la Bahía de Cádiz, en su afán colonizador por el Mediterráneo Occidental, reproduciendo los sistemas, estructuras económicas y religiosas de las polis fenicias orientales. La fundación de este Templo, nos viene referida por Estrabón (4) en su "Geografiké", en el siglo I a.C., donde narra que un oráculo envió a los navegantes fenicios de la ciudad de Tiro para fundar una factoría más allá de las Columnas de Heracles. Y emprendieron el viaje, llegando a la ciudad de Sexi, hoy Almuñécar e hicieron sacrificios a los dioses que no les fueron favorables, volviéndose a sus tierras.

En el segundo viaje pasaron las Columnas y llegaron a una isla que se encuentra cerca de Onuba, allí tampoco los sacrificios les fueron favorables, por lo que volvieron de nuevo a Tiro. En el tercer viaje, desembarcaron en una isla cerca del continente donde si les fueron favorables los presagios por lo

que fundaron la ciudad de Gadir y el templo de Melkart, separados uno del otro por doce estadios de distancia en representación de los doce trabajos de Hércules, García Bellido (5) y (6). Es en la entonces isla mayor de las islas gadiritas, denominada Koinoussa y de la que formaría parte el actual islote de SanctiPetri,(aunque hoy en día su localización sigue siendo confusa debido en parte a las fuertes variaciones de la línea de costa en los últimos 6000 años, Gavala (7)) donde se levantaría el templo.

Las fuentes no describen con exactitud el aspecto de éste pero debió tener una traza semejante a la del Templo Kritiasen de Chipre, construido algo después, sobre el año 800 a.C., con planta rectangular de unos 35 por 22 metros, con su eje mayor este-oeste y su fachada principal orientada a poniente, con tres altares y un par de columnas o estelas. Probablemente sería un conjunto de edificaciones que ocuparían toda la isla, como casas y habitaciones de los sacerdotes, recinto del tesoro y jardines, quedando el edificio sacro en la parte oriental del islote, muy próximo a la costa continental.

Los restos del templo de Melkart (ver fig. 3) parecen estar actualmente situados bajo el mar, algo natural al tener en cuenta que ya en época antigua

Fig. 3. Recreación del templo de Melkart.



las mareas oceánicas inundaban regularmente el edificio, lo que permite suponer un uso ritual de esa agua. Tras la conquista romana, tanto Gadir como el Templo de Melkart conservan la importancia que tuvieron durante el predominio fenicio y el culto que se le atribuía a este. Por ser el Santuario más famoso y antiguo de todo Occidente, y por tener un oráculo de gran predicamento, el Herakleion gaditano recibió visitas de grandes personajes históricos. Las fuentes clásicas nos hablan de las visitas de Aníbal, al cual, su padre, el general cartaginés Hamílcar, con nueve años de edad, le hizo jurar en este templo odio eterno a Roma.

El emperador César Augusto, en su visita a las islas Gades, al conocer el Templo de Heracles, se convirtió en fiel devoto de la deidad fenicia y según cuenta Estrabón, en el interior del templo tuvo un sueño que le predecía el dominio del mundo después de haber llorado ante el busto de Alejandro Magno, por haber cumplido su edad sin haber alcanzado un éxito importante. Bajo la dominación romana se construyó la vía Heráclea, calzada que unía Gades con Roma, que a su vez servía de enlace conectando el Templo con la isla de Gades (sus restos aún son visibles bajo las aguas). Por su proximidad pasaba también el acueducto construido para suministrar a Gades el agua que en traída desde el manantial del Tempul recorriendo unos ciento cincuenta kilómetros, conducida en tuberías talladas en piedra y engargoladas unas a otras. Igualmente famosos fueron sus pozos de agua dulce, que tenían unas crecidas inversas a las de las mareas.

Las últimas referencias que se tienen en las fuentes clásicas sobre este templo de Melkart son de época tardo romana, posiblemente en el siglo IV, cuando el cristianismo ya había desplazado a los cultos paganos en prácticamente todo el Mediterráneo. Es posible que el lugar, dada la entidad de los restos edilicios y la larga continuidad como espacio sacro, conservase dicha funcionalidad más allá del silencio de las fuentes. Existiendo referencias ya de época islámica que quizá sugieren una perduración del culto cristiano en la zona hasta los siglos X-XI, momento en que la llegada de los colectivos almorávides y almohades darían fin a la tolerancia religiosa hasta entonces imperante. De esta forma se concluirían la destrucción del templo de Heracles, colaborando en ello la acción del mar y la explotación como cantera de piedra ostionera. Los testimo-

nios documentales de época islámica son bastante vagos, se refieren a la existencia de una primitiva atalaya atunera o almenara, restos de templos antiguos y dos castillos, uno llamado Sancti Petri y el otro al-Mal'ab (el teatro). No cabe duda de que durante esta etapa histórica, bajo el dominio almorávide-almohade, la actividad almadrabra debió resurgir como elemento económico de primer orden, siendo el islote un lugar privilegiado para esta actividad.

Después de la conquista y repoblación de Cádiz en tiempos de Alfonso X el Sabio en el segundo tercio del siglo XIII, esta pesca se afianzó, en paralelo a la fabricación de sal marina. Es en este mismo período cuando se establece en el Puerto de Santa María el almirante Genovés Benedetto Zacaría, encargado de las galeras de guerra que habían de servir para guardar y defender esta parte de la costa. Este genovés construyó en el islote de Sancti Petri un pequeño castillo o torre atalaya con la finalidad de dar desde ella la alarma en caso preciso. El término isleño se mantuvo en realengo hasta el último tercio del siglo XIV, pasando a inicios del siglo XV a manos de la familia Suazo, señorío que perduró hasta 1490, cuando esta posesión fue truncada por algunos privilegios y propiedades en Xerez a favor de don Rodrigo Ponce de León, duque de Arcos y marqués de Cádiz, cuyos objetivos sobre este territorio giraban no sólo entorno a unificar bajo su dominio la totalidad de la isla gaditana, sino en sus posibilidades salineras y pesqueras en relación con el beneficio almadrabra.

El conflicto terminaría bruscamente en 1492-93 con la muerte de don Rodrigo y la reversión de Cádiz a la corona, que además se hizo con el control de sus almadrabas. En estos momentos las instalaciones pesqueras del islote de Sancti Petri se encontraban en pleno funcionamiento. Además de una zona de embarcadero y algún almacén y edificio dedicado a la transformación de las capturas, este tipo de industria almadrabra necesitaba un puesto de vigía con cierto dominio del entorno que permitiese al atalaya avisar sobre la proximidad y entidad de los bancos de atunes. Estas necesidades quizá motivaron la reutilización de una posible almenara islámica o la construcción de una de nueva planta, posiblemente en el área meridional del islote, situada bajo la torre conservada actualmente (si no una primera versión de ella). En cualquier caso, en estos momentos parece que se puede situar la génesis del



castillo artillero de época moderna, establecido entorno a una torre de planta cuadrada con varios pisos de alzado y doble función, defensiva y de atalaya almadrabera.

La torre actual, provista de artillería, estaba ya en uso desde el tercio central del siglo XVI, edificándose posiblemente junto a ella algunas de las estancias adosadas al sur para la guarnición. En 1587 y 1596, los ataques ingleses (ver fig. 4) hicieron reconsiderar la necesidad de potenciar la defensa de un punto clave como la entrada exterior del caño, ejecutándose la batería semicircular y cerrándose el recinto al lado sur de la torre, añadiéndose a sus funciones de almenara y atalaya la de faro. Es a finales del siglo XVI cuando el historiador A. Horozco (8) se refiere al castillo y el islote de esta forma: "En medio de la boca y barra de este río, a la parte del mar al Mediodía, entre la punta de la isla de Cádiz y la de Andalucía, junto a Chiclana, está la pequeña isla de Sancti Petri, de tan poco término y tamaño que es poco más campo de lo que ocupa una torre o castillo que está allí.

Ya en el siglo XVIII, en 1702, el ataque angloholandés impulsaría la fortificación de La Isla como lla-

ve para la defensa de la capital, Abreu (9). La estructura del castillo sería modificada para ampliar su capacidad artillera, articulando la forma final del conjunto formado por la torre, la batería semicircular y las estancias anexas que cierran el castillo por el lado del mar. Ya que hasta entonces, las piedras pertenecientes al antiguo castillo estaban siendo reutilizadas en fortificaciones cercanas.

En la segunda mitad del siglo XVIII se acomete finalmente la construcción de la batería denominada de la Avanzada, es decir, se fortifica la zona sur del islote, con frentes artilleros que batían la entrada del caño y el lado del mar hacia el sur-suroeste. Sin embargo, pronto debió hacerse evidente la necesidad de cerrar la fortificación, haciendo el castillo de la torre y de la batería Avanzada un solo conjunto. Para ello, en 1772 se procedió a cerrar el espacio entre sendos muros, habilitándose una nueva batería que batiese el caño y otra con reducto central cuyos fuegos mirasen al frente marino occidental.

Se construyó a su vez en esta década un muro con merlones de greda para 24 piezas de artillería. Tuvo cinco frentes con sus parapetos a barbata, lo que daba más soltura a los cañones que emplaza-

Fig. 4. Recreación del ataque a la bahía de Cádiz por la flota angloholandesa del conde de Essex en 1596. Grabado Holandés de A. Hubert.



Fig. 5. Plano levantado por el ejército francés que recoge todas las baterías y reductos construidos durante el asedio de Cádiz. Litografía de Desmadril.

ban sus fuegos de manera que podían batir el mar en todas las direcciones y situados de tal manera que los navíos que quisieran entrar en el Río Sancti Petri, habían de aporarse a la batería, con los que sus cañones no podrían responder a los del Castillo. Otros cambios se llevaron a cabo también en esta etapa, en el número y tamaño de las estancias anexas a la torre, en el muro angulado donde se situó la entrada principal o en la instalación de dos brocales de pozo en el antiguo patio de armas de la batería semicircular (fig. 5).

A comienzos del siglo XIX se construyó un antemuro con la finalidad de defender las baterías de la acción del mar. Éste enlazaba con la batería semicircular por todo el frente del caño. También la entrada del castillo sufrió nuevas modificaciones, dejando el ingreso de ser directo, pues había que atravesar una pequeña estancia antes de llegar al interior del antiguo recinto del entono de la nave. A partir de estos momentos, quedaría configurado ya plenamente el edificio tal y como hoy se conoce. Sólo se realizarían ligeras modificaciones en la zona del este de la batería de la Abanzada o la construcción de alguna nueva estancia junto a la batería semicircular.

3. Metodología y criterios adoptados durante la intervención

La definición de los criterios que van a guiar la intervención en un elemento tan peculiar como el Castillo de Sancti Petri supone quizás la fase más importante del proyecto y además debe configurarse como referencia ante los posibles imprevistos de la obra.

El carácter singular del castillo como edificación histórica, su emplazamiento y las intervenciones previas, sumado a los obligados criterios aplicados en toda intervención; criterios económicos, plazos, accesos y la necesidad habitual de adecuar el bien a un futuro uso, condicionan que no puedan aplicarse recetas generalistas, debiendo apoyarse en criterios técnicos específicos en cada caso para abordar con garantías la intervención.

En este caso se debían conjugar, además de los criterios habituales de intervención en elementos pertenecientes al Patrimonio histórico y cultural del país, los provenientes de su emplazamiento que condicionaban enormemente el acceso al monumento y obligaban a respetar una serie de prescripciones ambientales muy fuertes por estar ubicado



Fig. 6. Vista de un arco de sillería y muros de mampostería previa a la intervención.

en un Parque Natural y, por último, los derivados de la necesidad de alcanzar con la intervención una vida útil adecuada en un ambiente climático muy hostil.

A este respecto es obligado resaltar el avanzado estado de deterioro en que se encontraba el castillo tal y como se puede apreciar en la figura 6. La mayor parte de los daños detectados provenían de una mala durabilidad, tanto por que el Castillo está sometido a acciones ambientales de cierta envergadura, como por el empleo de materiales de prestaciones mecánicas y durables medias, cuyas consecuencias habían sido graves afectando a la estabilidad de las construcciones, para evaluar la incidencia estructural de estos problemas durables se ha seguido la metodología por Martín-Caro (10). Estas condiciones de partida unidas a la carencia de elementos de protección (cubiertas, sistemas de desagüe) por una parte y a la inexistencia de intervenciones de mantenimiento durante casi cien años, por otra, han llevado consigo un aceleramiento de estos procesos.

Estos daños se encontraban extendidos a lo largo de toda la estructura. Teniendo en cuenta que

los condicionantes ambientales y del entorno son permanentes e inevitables, se debía intervenir para paliar el efecto de éstos mediante la reconstrucción de aquellos elementos que estaban en serio riesgo de derrumbe o que eran imprescindibles para el funcionamiento de la estructura.

Por tanto, la intervención se ha realizado adoptando las convenciones internacionales recogidas en las distintas cartas de ICOMOS (11) y las directrices de la Convención del Patrimonio Mundial de la UNESCO (12)(13)(14), así como en la legislación nacional y autonómica, pero desde una óptica que ha permitido, por una parte, introducir el resto de condicionantes anteriormente enumerados y, por otra, adoptar como hilo conductor de todo el proceso la máxima de analizar lo máximo para intervenir lo mínimo. Finalmente, las directrices adoptadas han sido:

Se han evitado reconstrucciones innecesarias, más allá de lo requerido para garantizar la buena conservación y detener los procesos de degradación (fig. 7). Se han reconstruido los muros de protección marina necesarios para la supervivencia del castillo. En este caso y, una vez llevado a cabo su redimensionamiento, ver Muñoz Pérez *et al.* (15), se ha mantenido su geometría externa aumentándose sus espesores y mejorando su calidad constructiva pero manteniendo siempre su tipología tradicional. También se han recuperado algunos muros de las estancias que se han juzgado necesarios para la estabilidad del conjunto edificatorio.

Las zonas reconstruidas deberán distinguirse de las originales, bien en su diseño, bien en sus materiales, o de cualquier otra forma que documente la época de intervención y evite falsos históricos. Para ello se ha jugado con los diferentes acabados: pie-

Fig. 7. Diferentes vistas de la reconstrucción del muro de protección marina situado en la zona meridional.





Fig. 8. Diferentes vistas de los acabados dados a las diferentes estancias, piedra vista y enlucido nuevo integrando el existente.

dra vista, diferentes tipos de enlucido, etc. Además, los enlucidos existentes se han integrado con los nuevos pero diferenciándolos (fig. 8).

Se ha permitido la anastilosis de elementos en los que se conozca perfectamente su disposición original. Se ha fijado como fisonomía a recuperar la de finales del S XVIII.

Las reconstrucciones efectuadas durante la intervención deberán ceder el protagonismo a las zonas y materiales originales del monumento. Las cubiertas se han recuperado según la tipología existente pero se les ha dado de un tratamiento de protección que permita asegurar un mejor comportamiento durable (fig. 9).

En toda la intervención se ha preservado, no solo el elemento material en sí mismo, sino el entorno y el

ambiente que permite su comprensión y dota el monumento de significado. Se han recuperado los pavimentos originales (fig. 10) y el sistema de drenaje, desagüe y aljibes existentes en el SXVIII.

Se han evitado la introducción de productos o aplicación de tratamientos no justificados en la conservación de los elementos históricos y su protección, valorando los riesgos que de su aplicación pueden surgir, frente a las ventajas que proporcionen. En todo momento se ha valorado positivamente que un tratamiento sea reversible.

En la figura 11 se puede apreciar, en primer lugar, el fuerte estado de deterioro en que se encontraban la gran mayoría de elementos constructivos del castillo una vez realizada la limpieza y, en segun-

Fig. 9. Fotografías del aspecto de la cubierta existente y de la nueva ejecutada en la misma tipología pero con madera y cerámica tratada.





do lugar, cómo se acopiaron los ladrillos y demás materiales para poder ser reutilizados bien como pieza bien como material para formar morteros y ligantes.

Las operaciones de limpieza, siendo esta operación irreversible, han ido destinadas a preservar el monumento de elementos extraños o dañinos, sin que impliquen transformaciones exageradas de su actual presencia y potencia.

Se ha acudido a materiales tradicionales en las labores de conservación, acudiendo a elementos modernos o sintéticos, únicamente cuando no sea posible encontrar dentro de aquellos, las especificaciones técnicas requeridas para el buen cometido de su función. En este caso se ha hecho un gran es-

fuerzo por emplear materiales tradicionales de construcción (morteros de cal natural, piedra ostionera, etc..) pero dotándoles de una durabilidad adecuada. A este respecto, destacan los estudios llevados a cabo por Esbert (16) y Lazzarini (17). Sólo se ha optado por el empleo de nuevos materiales en la ejecución del embarcadero por ser un nuevo elemento en el castillo.

4. El problema de la ejecución: empleo de materiales tradicionales en un entorno climático agresivo

De entre los diferentes retos a los que se enfrentó el proyecto y la obra de recuperación del castillo

Fig. 10. Limpieza y adecuación del pavimento del pavimento existente y regeneración y reconstrucción de las nuevas zonas.

Fig. 11. Vista del acopio de los ladrillos para su posterior reutilización en obra y del acabado dado a los paramentos donde se puede apreciar la sillería vista en marcos y dinteles.



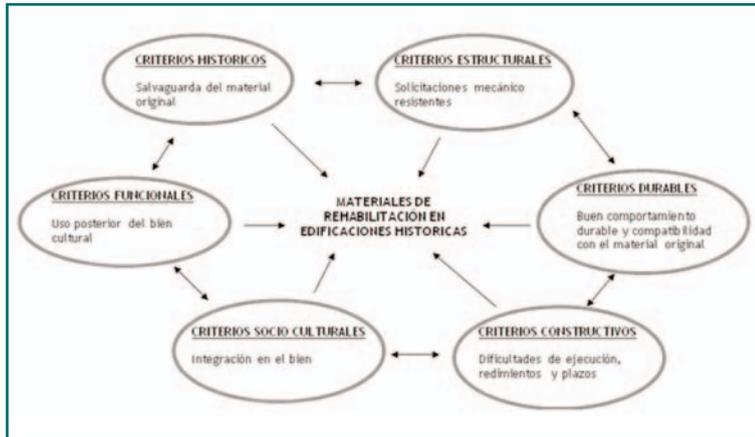


Fig. 12. Criterios contemplados durante el proyecto y obra de recuperación del Castillo.

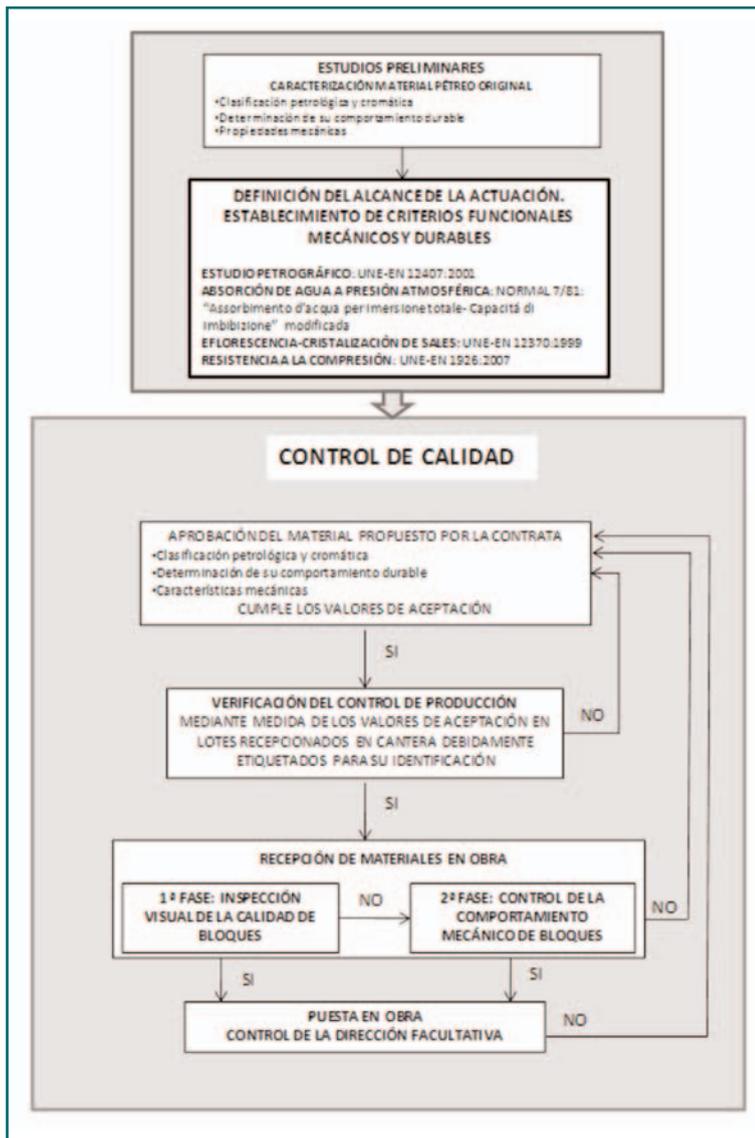


Fig. 13. Diagrama de aplicación del control de calidad en materiales pétreos.

de Sancti-Petri, destaca el de prescribir unidades de obra que pudieran ser ejecutadas con fiabilidad (teniendo en cuenta los problemas de acceso y el clima), que pudieran ser controladas, que permitieran conseguir una vida útil de al menos 50 años al tener una durabilidad adecuada y que se emplearan materiales tradicionales compatibles con los existentes. En definitiva, y tal y como se recoge en la figura 12, prescribir una terapia basada en materiales tradicionales pero con un comportamiento durable especialmente exigente y que además pudieran ser controlados de manera eficaz y de forma similar a como se hace con los materiales y obras modernas.

La prescripción y ejecución de las diferentes unidades de regeneración y reparación estructural del castillo debían de llevarse a cabo con materiales tradicionales por un doble motivo. En primer lugar, para no alterar las condiciones de transpiración y funcionamiento general de las fábricas existentes y, en segundo lugar, para respetar los criterios de intervención en el patrimonio cultural anteriormente mencionados, Paniagua (18) y Winkler (19).

Por otra parte, las exigentes condiciones climáticas del entorno obligaban al empleo de materiales con unas prestaciones durables y mecánicas más altas que las habituales para estos materiales de construcción, Alcalde (20). Por ello, durante la fase de proyecto se llevó a cabo una campaña de caracterización mecánica y petrológica de los materiales existentes que mejor se habían comportado a lo largo del tiempo, al mismo tiempo se diagnosticó la causa última de los daños con origen durable detectados. Parte del éxito de la actuación se basaba en encontrar un equilibrio entre: las altas prestaciones exigidas, el empleo de materiales tradicionales y la posibilidad de llevar a cabo un control de obra eficaz.

De esta manera se pudo prescribir, por una parte, unos materiales y dosificaciones adecuados al nivel de exposición futura y, por otra parte, una metodología de control en obra que ha permitido asegurar una buena ejecución y la posibilidad de corregir las unidades de obra en función de los resultados que se iban obteniendo (ver esquema planteado en la figura 13). Como ya se ha comentado, debido a las características especiales a las que se encontrarían expuestos los materiales empleados en la rehabilitación de las fábricas de materiales pétreos (sillería, mampostería), morteros (de junta y revestimiento) y ladrillo y, en salvaguarda del comportamiento esperado por el conjunto de los ma-

teriales constructivos, se propuso, por material, un programa de control que permitiera controlar y valorar las características de los materiales a emplear en la obra.

El programa de control se aplicaba según las características del material a utilizar en la obra, ya sean materiales industriales (mortero de enlucido-1), materiales naturales (piedra de sillería) o materiales directamente diseñados y fabricados en obra (mortero de enlucido-2 y de rejuntado).

4.1. Análisis de diagnóstico y de control

Las técnicas analíticas aplicadas, por material, han sido las siguientes:

*Clasificación y estereotomía
(materiales pétreos y cerámicos)*

- *Estudio petrográfico.* Con el fin de documentar la restauración y frente a futuras intervenciones, el material a utilizar debía quedar clasificado con nomenclatura que no ofreciera dudas en su interpretación. Por su utilidad y complemento a otros estudios presentados en la campaña de control de calidad, se consideró la clasificación petrológica del material a partir del estudio en lámina delgada del material a emplear.
- *Identificación de parámetros cromáticos y acabados.*

*Determinación del comportamiento durable
(morteros, materiales pétreos y cerámicos)*

Se consideraron los ensayos necesarios para evaluar su comportamiento frente los procesos de deterioro cuyo principal factor de alteración era el agua y viento. Estos ensayos se prescribieron en parte a partir en los estudios realizados por Borelli (21), Franco et al (22) y Paniagua (18):

- *Absorción libre de agua.* Mediante este ensayo se pretendía medir la avidéz (velocidad de absorción) por el agua de los materiales porosos a través de la variación en peso. En el caso de que el material esté expuesto a problemas de disolución, este proceso de alteración quedaría patente por inflexiones en la curvas de los ciclos de absorción/desorción.
- *Porosimetría de Mercurio.* La distribución de estas familias de poros y su tamaño condicionará la suscep-

tibilidad de los materiales a los procesos de deterioro frente al ataque salino. Ensayo de aplicación en materiales pétreos y cerámicos.

- *Resistencia a la cristalización de sales.* Este ensayo permite valorar el comportamiento del material frente al ataque salino a partir de las variaciones en peso del mismo al ser sometido a ciclos acelerados de cristalización/disolución de sales solubles en el interior de los poros de la fábrica.
- *Resistencia a la abrasión.* De aplicación para valorar el comportamiento de las piezas que constituyan el solado o expuestas a la acción directa del oleaje.

Determinación del comportamiento mecánico

El material, debe cumplir un mínimo de prestaciones resistentes frente a sus requerimientos mecánicos.

- *Resistencia a compresión.* De aplicación en materiales pétreos y cerámicos.

4.2. Criterios de aceptación y rechazo

La aplicación del control de calidad consideraba la aceptación de las siguientes condiciones:

- Los ensayos de recepción en cantera se realizaban sobre lotes situados en el centro de producción que estaban perfectamente delimitados y asignados al Contratista.
- Cuando alguno de los ensayos efectuados, durante la ejecución de alguno de los controles previstos en este documento, diera un resultado negativo, se repetiría dicho ensayo. Si se obtuviera un resultado contradictorio con el primero, se realizaría una tercera prueba. En caso de obtenerse resultado negativo en dos pruebas, el contratista estaría obligado a retirar el material y sustituirlo, sin coste alguno, por material válido o introducir aquellos elementos que resultasen necesarios para la mejora de la instalación de fabricación, condiciones de acopio, carga y transporte, al objeto de conseguir que el producto suministrado cumpliera las condiciones especificadas por el pliego.
- El incumplimiento de los requerimientos de este documento, para la realización de las modificaciones necesarias, así como el incumplimiento siste-

Tabla 1. Ensayos de caracterización general previa a la aceptación del material de cantera

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO			
Ensayo	Norma ensayo	Nº de probetas y dimensiones	Criterios de Aceptación/Rechazo
Estudio petrográfico* Incluye una lámina delgada Si fuese necesario por la observación de algún mineral alterado, o compuestos fácilmente alterables, este estudio petrográfico se complementará contécnicas con probeta pulida, difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X.	UNE-EN 12407:2001	1 de 15x15x3cm	Excluidas rocas con presencia de minerales inestables, microfisuras, etc.,
Determinación de parámetros cromáticos y acabados		4 de 0,36 m ² o Inspección en cantera	A criterio de la Dirección Facultativa

mático de las características especificadas para garantizar la calidad del material, daría lugar a la supresión del material como material válido para su uso en obra.

- Respecto al control de recepción del suministro, el representante de la contrata, no permitirá la existencia de ensayos negativos (en cualquiera de los controles de calidad previstos en el pliego) sin que sea parado el suministro a fin de intentar mejorar la calidad del material a disponer en obra.
- El Contratista ha llevado un archivo documental de todos los controles realizados, que ha podido ser consultado por la Dirección Facultativa.

4.3. Programa de control para la sillería

En este punto se establece el procedimiento para el control de la calidad del material pétreo a aplicar en cantera y en la recepción de obra a partir de la comprobación de los resultados de los ensayos y análisis exigidos para la conformidad técnica del material suministrado.

Aprobación del material propuesto por la contrata

Para la aprobación del material del proveedor este debía cumplir una serie de características controladas por los ensayos recogidos en las tablas 1, 2 y 3.

Tabla 2. Ensayos de caracterización durable previa a la aceptación del material de cantera

DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DURABLE			
Ensayo	Norma ensayo	Nº de probetas y dimensiones	Criterios de Aceptación/Rechazo
Absorción de agua a presión atmosférica	Recomendación NORMAL 7/81: "Assorbimento d'acqua per imersione totale-Capacità di imbibizione" modificada	3 de 7x7x7 cm	Excluido material con variación final de peso mayor de 1,2% y/o material con caída en peso por disolución durante la absorción
Porosimetría de mercurio		1 de 5x5x5 cm	Excluidos materiales con porosidad total inferior al 12 %
Eflorescencia - cristalización de sales	UNE-EN 12370:1999	3 de 7x7x7 cm	Se excluirán materiales con variación de peso final superior al 3 %

Tabla 3. Ensayos de caracterización mecánica previa a la aceptación del material de cantera

DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO RESISTENTE			
Ensayo	Norma ensayo	Nº de probetas y dimensiones	Criterios de Aceptación/Rechazo
Resistencia a la compresión	UNE-EN 1926:2007	3 de 7x7x7 cm	Excluidos materiales con RC inferior a 18 Mpa

Tabla 4. Ensayos de caracterización de los lotes en cantera

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO EN CANTERA			
Ensayo	Norma ensayo	Criterios de aceptación Aceptación/Rechazo	Observaciones
Absorción de agua a presión atmosférica	Recomendación NORMAL 7/81: "Assorbimento d'acqua per imersione totale- Capacità di imbibizione" modificada	Excluido material con variación final de peso mayor de 1,2% y/o material con caída en peso por disolución durante el proceso de absorción	Se admite para este ensayo una tolerancia en los valores de aceptación del 10 %
Porosidad libre del material (Porosimetría o método densidad aparente - real..)		Excluidos materiales con porosidad libre inferior al 12 % en volumen	Se admite para este ensayo una tolerancia en los valores de aceptación del 10 %
Eflorescencia - cristalización de sales	UNE-EN 12370:1999	Se excluirán materiales con variación de peso final mayor de 3 %	Se admite para este ensayo una tolerancia en los valores de aceptación del 5 %
Resistencia a la compresión	UNE-EN 1926:2007	Excluidos materiales con qu inferior a 18 Mpa	Se admite para este ensayo una tolerancia en los valores de aceptación del 15 %

Lotificación de los materiales en cantera

Una vez validado el material de cantera, a efectos de control y verificación de la calidad del material pétreo empleado para la ejecución de la fábrica de sillería y mampostería, el material se dividía en "lotes de recepción". Cada lote estaba constituido por 300 m³ (≈700 t) de material pétreo a suministrar a obra.

Cada lote (ver fig. 14) debía quedar etiquetado incluyendo la siguiente documentación por lote:

- Origen, naturaleza y descripción de la roca.
- Nº de identificación de lote y volumen del mismo.
- Resultados de los ensayos previstos en el control inicial exigido para la aceptación del material pétreo.

- Certificado que validaba el cumplimiento de control de calidad propio de cantera (documento redactado por la cantera).

Del mismo modo, por lote, la contrata debía verificar y contrastar el control de producción de cantera mediante la ejecución de los siguientes ensayos preceptivos indicados en la tabla 4.

Recepción de materiales en obra

El control de la calidad del material pétreo para la sillería y mampostería suministrado a obra era realizado por el Contratista y verificado por la Dirección Facultativa, las labores a realizar se ejecutaban en dos fases:



Fig. 14. Clasificación de bloques en cantera y etiquetado en obra.

- Fase 1: Inspección visual de cada bloque recibido en obra.

En obra, durante la ejecución del control geométrico de cada bloque, se comprobada visualmente cada bloque suministrado, en base a la referencia dada como material a utilizar. En el caso de detectarse anomalías por; diferencias de textura, color o presencia de grietas y fisuras, el bloque será apartado procediendo a ejecutar la fase 2.

- Fase 2: Control de la compacidad mediante esclerómetro Schmidt

En los bloques retirados durante la inspección visual se analizaba su anomalía mediante el control de compacidad de la zona anómala con martillo Schmidt. La zona anómala (por color, textura, o presencia de grietas o fisuras) era evaluada efectuando un mínimo de 15 golpes distribuidos de forma aleatoria.

El criterio de aceptación o rechazo se presenta en la siguiente tabla 5.

En el caso que el resultado de la comprobación fuera negativo, el Contratista debía acopiar y delimitar el lote de características deficientes aplicándose, el procedimiento de control de calidad definido en el punto de ensayos de recepción en cantera.

Control durante la ejecución

Durante la ejecución se atendía a verificar la correcta colocación de las piezas, la geometría de las mismas y el espesor de las juntas.

4.4. Programa de control para los morteros

Los morteros a utilizar, ya sean de fabricación industrial o de fabricación en obra debían cumplir lo requerido en la unidad de Pliego de Proyecto. Los parámetros a evaluar atendían a la calidad de los materiales utilizados. Los parámetros a revisar se evaluaban por proveedor mediante ensayos ya certificados o de nueva ejecución (Tabla 6).

El comportamiento en obra de los morteros, alterabilidad y compatibilidad, se evaluaba por lote (3 m³ de material, o cambio de proveedor) mediante la aplicación sistemática de los siguientes ensayos (Tabla 7).

Tabla 5. Criterios de aceptación y rechazo para los bloques de ostionera		
Ensayo	Nº de medidas	Criterios de Aceptación/Rechazo
Esclerómetro Schmidt	15 golpes por bloque	Rechazo del bloque ensayado en el que la media de los valores de qu sea <150 kg/cm ²

Tabla 6. Ensayos de control prescritos para los materiales constituyentes de los morteros

Aglomerante	Cal apagadas y en polvo ó cales hidráulicas y se admitirá la cal hidráulica natural pura blanca NHL5	UNE 41066 UNE 41068 EN 459 1-2-3
Árido	Arenas de río, mina, playa, machaqueo o mezcla de ellas	Contenido en M.O. La disolución ensayada según UNE 7082 no tendrá un color más oscuro que la disolución tipo. Contenido de otras impurezas: El contenido total de materias perjudiciales como mica, yeso, feldespatos descompuesto y pirita granulada no será superior al 2%. Forma de los granos: Será redonda o poliédrica. Se rechazarán los que tengan forma de laja o aguja. Tamaño de los granos: El tamaño máximo del árido será de 2,5 mm. Volumen de huecos: Será inferior al 35%.
Agua	Aguas potables y las tradicionalmente empleadas	Acidez determinada según la Norma UNE 7234: PH no inferior a 5 ni superior a 8. Contenido de sustancias disueltas, determinado según Norma UNE 7130: no superior a 15 g/l. Contenido de sulfatos expresados en SO ₄ =, determinado según UNE 7131 no superior a 1 g/l. Contenido en cloruros expresados en Cl-, determinado según la Norma UNE 7178: no superior a 6 g/l. Contenido en aceites y grasas, determinado según Norma UNE 7235: no superior a 15 g/l. Contenido en hidratos de carbono, determinado según la Norma UNE 7132 no apreciable.

Tabla 7. Ensayos de control prescritos para los morteros

Ensayo	Norma ensayo	Nº de probetas y dimensiones	Criterios de Aceptación/Rechazo
Absorción de agua a presión atmosférica	Recomendación NORMAL 7/81: "Assorbimento d'acqua per imersione totale-Capacità di imbibizione" modificada	3 de 7x7x7 cm	Excluido material con absorción final en peso mayor de 1,2% y/o material perdidas de peso por disolución durante el proceso de absorción
Cristalización de sales	UNE-EN 12370:1999	3 de 7x7x7 cm	Se excluirán materiales con variación de peso final superior al 3 % en peso
Determinación de parámetros cromáticos y acabados		4 de 0,36 m ²	A criterio de la Dirección Facultativa

*Los ensayos solicitados podían ser sustituidos por otros siempre y cuando se garantizase la equivalencia del parámetro a medir y los criterios para validar el material mediante uno u otro ensayo.

*La compatibilidad mecánica con las fábricas se evaluó mediante la aplicación puntual de ensayos mecánicos (Rc). El seguimiento de la propiedades mecánicas de los morteros de distinta amasada se controlaba a partir de las relaciones entre resistencia y porosidad medidas en el ensayo de absorción libre de agua.



Fig. 15. Vista de distintos acabados de enlucido.

Control durante la ejecución

Se verificaba el espesor de junta, enfoscados y enlucidos así como los acabados de cada mortero (ver fig. 15).

5. Conclusiones

La realización de proyectos y obras de trascendencia cultural e histórica en emplazamientos tan condicionados requieren de la participación de técnicos de diferente procedencia y formación. La necesidad de alcanzar un equilibrio estable y provechoso entre los diferentes condicionantes existentes, constructivos, marinos, estructurales, durables, sociales, culturales, medioam-

bientales, etc. hace necesario objetivar al máximo los análisis y puntos de vista involucrados.

Independientemente de los siempre presentes imprevistos en este tipo de obras, es necesario tener controlados los aspectos fundamentales de la obra mediante la realización de numerosos estudios previos en la fase de proyecto. Estos estudios, como los relacionados con los materiales (petrográficos y mecánicos), con la estabilidad estructural, con el clima, con la historia, etc., que generalmente no se llevan a cabo o no siempre con la profundidad adecuada, son responsables en gran medida del éxito o fracaso de la obra.

Poder cuantificar el riesgo de la intervención es, en este caso más que nunca, uno de los objetivos fundamentales de la fase de proyecto. ♦

Referencias

- (1) ESPAÑA. *Ley 13/1985 de 25 de junio del Patrimonio Histórico Español*. BOE, 29 de junio 1985.
- (2) ANDALUCÍA. *Ley 2/1989 de 18 de julio, Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía*. BOJA, 1989.
- (3) HERODOTO. *Historia*. Libro I. Madrid: Gredos, 1999. (Biblioteca Clásica Gredos). ISBN: 84-249-3482-2 (V.1)
- (4) ESTRABÓN. *Geografía*. Obra completa. Madrid: Gredos, 1991-2003. ISBN: 84-249-1472-4.
- (5) GARCÍA BELLIDO, Antonio. "Las colonizaciones púnica y griega en la península ibérica". *IV congreso Internacional de ciencias Prehistóricas*, Madrid, 1954.
- (6) GARCÍA BELLIDO, Antonio. *España y los españoles hace dos mil años: según la geografía de Estrabón*. 10ª ed. Madrid: Espasa Calpe, 1993.
- (7) GAVALA, Juan. *La Geología de la Costa y Bahía de Cádiz ; El poema "Ora Marítima" de Avieno*. Edición facsimilar de la edición del Instituto Geológico y Minero de España. Cádiz: Diputación Provincial, 1992. ISBN: 84-87144-37-3.
- (8) HOROZCO, Agustín de. *Historia de la ciudad de Cádiz*. Cádiz: Universidad, Servicio de Publicaciones, 2000. 296 p. (Fuentes para la historia de Cádiz y su provincia; 4). ISBN: 84-7786-574-4.
- (9) ABREU, Pedro de. *Historia del saqueo de Cádiz por los ingleses en 1596*. Cádiz: Universidad, Servicio de Publicaciones, 1996. 319 p. (Fuentes

- para la historia de Cádiz y su provincia; 1). ISBN: 84-7786-360-1.
- (10) MARTÍN-CARO J.A. *Análisis estructural de puentes arco de fábrica. Criterios de Comprobación*. Tesis doctoral. Madrid: E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (JPM), 2001.
- (11) INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES (ICOMOS). *Principios de Comité Científico para el Análisis y la Restauración de Estructuras del Patrimonio Arquitectónico (ISCARSAH)*. Ratificada por la 14ª Asamblea General de ICOMOS, Zimbabwe 2003.
- (12) UNESCO. *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*, aprobada el dieciséis de noviembre de 1972 en la Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, en su 17ª reunión celebrada en París del 17 de octubre al 21 de noviembre de 1972.
- (13) *Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios (Carta de Venecia - 1964)*. Segundo Congreso de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos en Venecia, 25 al 31 de Mayo de 1964. Adoptada por ICOMOS en 1965.
- (14) ICOMOS. *Carta ICOMOS de Ename, para la interpretación de lugares pertenecientes al patrimonio cultural*, 2004.
- (15) MUÑOZ PÉREZ, J.J.; FAGES ANTIÑOLO, L.; DE LA CASA ALONSO, Á.; GÓMEZ PINA, G. "Las murallas de Cádiz y su lucha contra el mar". *Revista de Obras Públicas*, 2009, nº 3495, p.41-52.

- (16) ESBERT, R.M.; ORDAZ, J.; ALONSO, F.J.; MONTOTO, M. *Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Barcelona: Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, 1997.
- (17) LAZZARINI, Lorenzo; LAURENZI-TABASSO, Marisa. *Il restauro della Pietra*. Padova: CEDAM, 1986. 320 p. ISBN-13: 9788813159580.
- (18) PANIAGUA, I. *Metodología de evaluación y análisis de materiales de los puentes de fábrica de la Red Ferroviaria*. Tesis doctoral. Madrid: E.T.S.I. de Minas (UPM), 2008.
- (19) WINKLER, E.M. *Stone in Architecture, properties durability*. Berlín: Springer, 1997. 313 p.
- (20) ALCALDE, M.; VILLEGAS R. *Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación del los edificios históricos*. Granada: Junta de Andalucía. Consejería de Cultura. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico y Editorial Comares, 2003. 233 p. ISBN: 84-8266-370-4.
- (21) BORELLI, E. "Standardization of removal salts method from porous support and its use as diagnostic tool". *III International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin*. Ed. FASSINA V. OTT H., ZEZZA F., Venice, 1994, p.163-167, P-2 nº 4.
- (22) FRANCO, B.; GISBERT, J.; NAVARRO, P.; MATEOS I. "Deterioro de los materiales pétreos por sales: Cinética del proceso, cartografía y métodos de extracción". *Actas del I Congreso GEIC*. Valencia, noviembre 2002. p. 287-294.