

La reparación de la bóveda del altar mayor de la iglesia del Colegio N^a S^a de la Antigua

The repair of the main altar vault of the church of the N^a S^a de la Antigua College

Manuel Freire-Tellado (*)

RESUMEN

El texto presenta las actuaciones de reparación de una bóveda del Siglo de Oro español, la bóveda de cañón con lunetos que cierra el Altar Mayor de la iglesia de Colegio Nuestra Señora de la Antigua de Monforte de Lemos, Lugo (España), datada hacia 1610. En primer lugar, se identifican las lesiones que presenta la bóveda, para seguidamente acreditar la ausencia de movimientos de ésta. A continuación, se indaga sobre las posibles causas que pudieron haber dado lugar a las lesiones. Finalmente se exponen los criterios de intervención y se justifica el sistema de reparación empleado, que incluye un mecanismo de control de la deformación sobre la obra terminada. Se cierra el texto con un repaso a las vicisitudes de la obra.

Palabras clave: patrimonio arquitectónico; rehabilitación; estructuras de fábrica; bóvedas; historia de la construcción.

ABSTRACT

This paper presents the repair works of a vault from the Spanish Golden Age, the barrel vault with lunettes that closes the High Altar of the church of the Nuestra Señora de la Antigua College in Monforte de Lemos, Lugo (Spain), dated around 1610. First of all, the lesions of the vault are identified, in order to justify the lack of movements of the vault. Next, the possible causes that could have given rise to the injuries are investigated. Finally, the intervention criteria are explained and the repair system used is justified, which includes a deformation control mechanism on the finished work. The text closes with a review of the vicissitudes of the work.

Keywords: architectural heritage; building rehabilitation; masonry structures; vaults; construction history.

(*) Doctor Arquitecto. Profesor Titular Universidad. ETS Arquitectura. Universidade da Coruña, A Coruña (España).

Persona de contacto/Corresponding author: manuel.freire.tellado@udc.es (M. Freire-Tellado)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8101-0088> (M. Freire-Tellado)

Cómo citar este artículo/Citation: Manuel Freire-Tellado (2023). La reparación de la bóveda del altar mayor de la iglesia del Colegio N^a S^a de la Antigua. *Informes de la Construcción*, 75(571): e511. <https://doi.org/10.3989/ic.6431>

Copyright: © 2023 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 24/02/2023

Aceptado/Accepted: 14/06/2023

Publicado on-line/Published on-line: 28/08/2023

1. INTRODUCCIÓN

El Real Colegio Nuestra Señora de la Antigua (Figura 1) es un edificio herreriano-clasicista construido en Monforte de Lemos mayoritariamente entre 1593 y 1699 a instancias del undécimo hijo de la tercera Condesa de Lemos, el Cardenal D. Rodrigo de Castro, arzobispo de Sevilla, que recientemente ha sido declarado Bien de Interés Cultural (1).



Figura 1. Real Colegio Nuestra Señora de la Antigua. Vista desde el sur.

1.1. El edificio y la bóveda del altar mayor

La planta del edificio (Figura 2) responde a la triple finalidad a la que se destina el edificio: en el medio, la ige-

sia-mausoleo; al norte, el claustro de la comunidad y al sur, el de las escuelas. Si bien se ha señalado reiteradamente la influencia de El Escorial sobre el edificio, el templo sigue el modelo de Il Gesù de Vignola: planta de cruz latina, aquí totalmente inscrita en un rectángulo, con crucero de brazos cortos y capillas laterales perpendiculares a la nave e interconectadas. El altar mayor es de planta rectangular siguiendo el modelo escorialense y está flanqueado por sendas torres-campanario.

Nave y cabecera (Figura 3) están cubiertos con bóvedas de cañón con lunetos peraltados, los brazos del transepto con bóvedas de cañón y el crucero con una cúpula de media naranja trasdosada sobre rebanco o pedestal octogonal, tambor circular, linterna abierta a la nave y cupulino con flecha de remate. A los pies de la nave se dispone un coro alto sobre bóveda escarzana. Todas estas bóvedas están resueltas en sillería de granito dorado, mientras las capillas laterales, perpendiculares a la nave, se cierran con bóvedas de cañón de mampostería. En planta la relación entre la longitud de los estribos que delimitan las capillas laterales y la luz de la nave es aproximadamente de 2/3, mucho más conservadora que el L/3 palladiano (2).

Las bóvedas de la nave y del altar mayor, pese a corresponder al mismo tipo, presentan algunas diferencias. La más apreciable es la carencia de huecos en los frentes de los lunetos de la bóveda del presbiterio: como consecuencia de las torres-campanario, los planos verticales de los lunetos son ciegos. Más sutil es la diferente altura que alcanzan ambos lunetos como consecuencia del mayor fondo del tra-

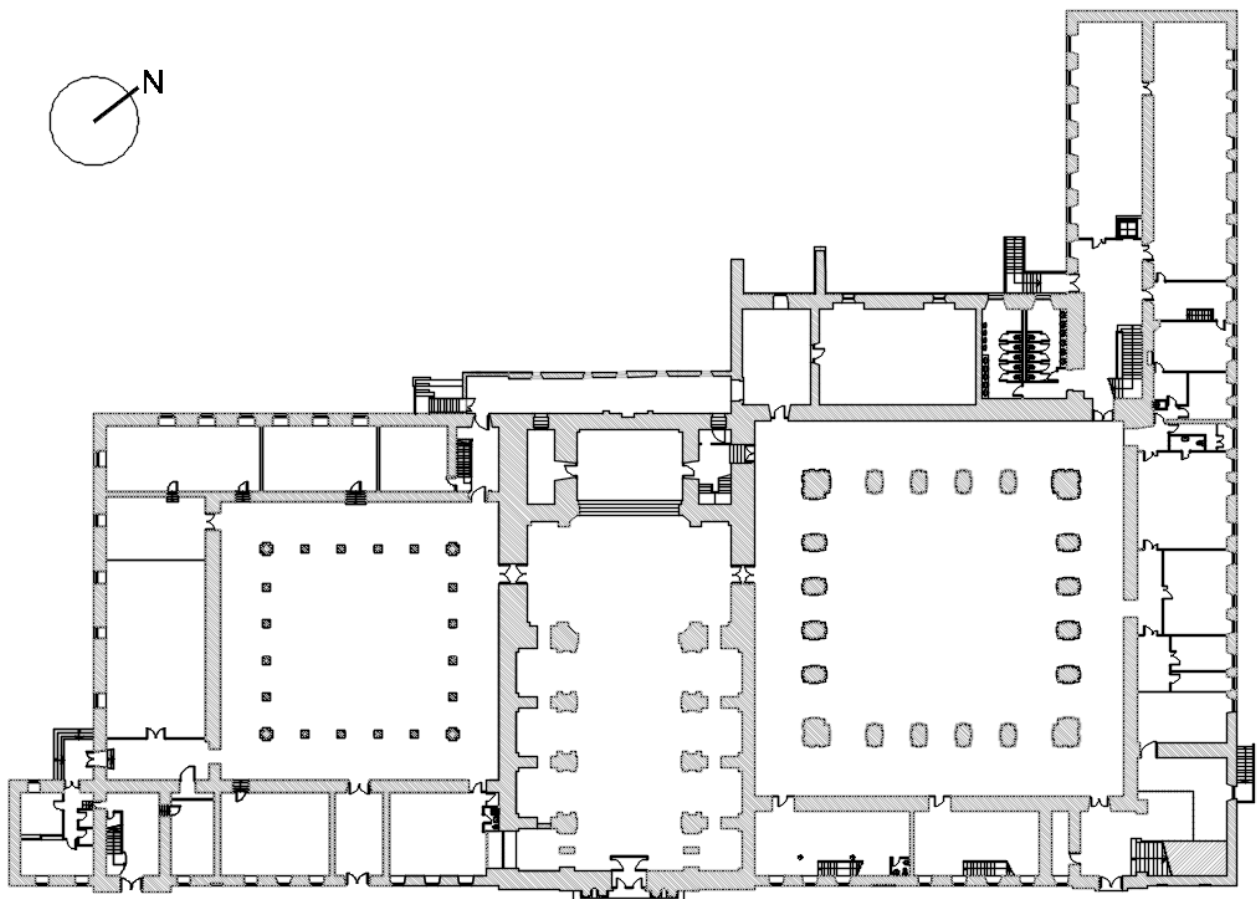


Figura 2. Planta del edificio (plano base facilitado por el Colegio).

mo de la capilla mayor: si en las bóvedas de la nave la apertura del cañón entre los lunetos es de 58,1° (prácticamente la de un arco escarzano, 60°), en el altar mayor es aún más reducida, de unos 50° (49,7°) (dimensiones según (3)).

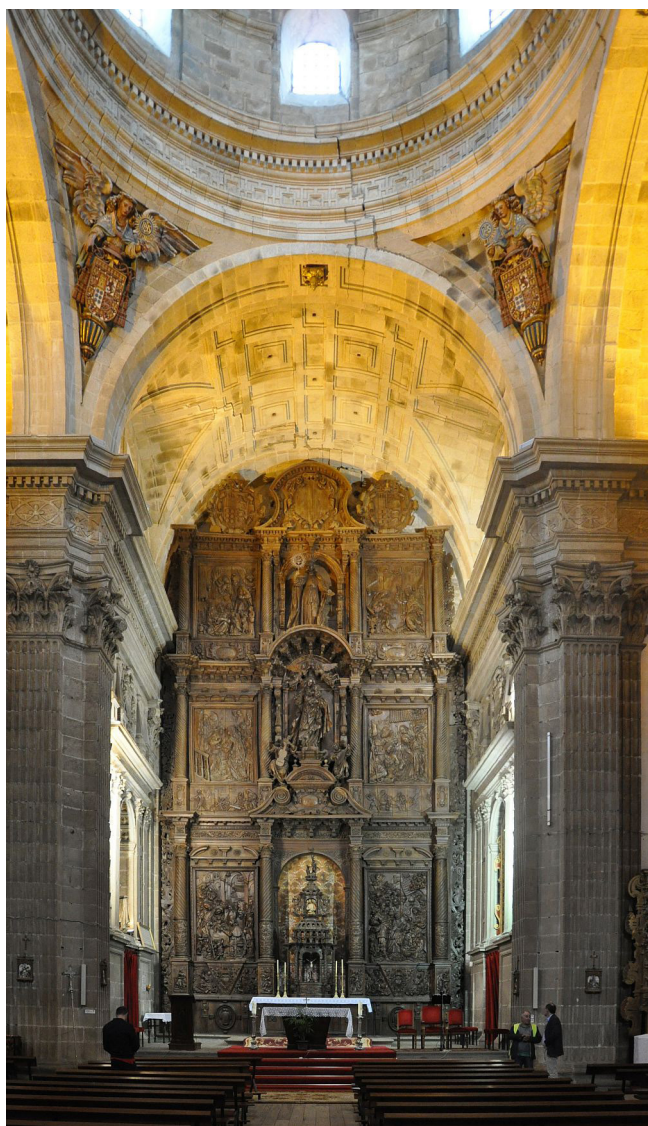


Figura 3. Altar Mayor (antes de las obras).

En el sentido del eje de la nave la bóveda está cerrada por sendos arcos de medio punto (denominados ‘medio arcos’ en la documentación histórica) como transición respectivamente al arco toral y al arco de arrimo, arco-tapajuntas que se entrega al muro testero (se emplea la designación arco-tapajuntas para poner de relieve que este elemento no funciona completamente como un arco, por cuanto está parcialmente embutido en el muro de cierre de la cabecera). El arco de arrimo y el arco de transición contiguo están solapados transversalmente.

En su tesis doctoral Guerra (3) advirtió de las irregularidades de la planta del altar mayor y de que la construcción de la bóveda había tenido que adaptarse a estas irregularidades: ello se aprecia perfectamente en el luneto norte, cuyo remate contra el cañón principal de la bóveda cambia de espesor entre las partes este y oeste.

1.2. Síntesis histórica

Seguidamente se destacan algunas referencias históricas que enmarcan la situación de la iglesia, particularmente de la cabecera (4-6).

En 1592 el padre jesuita Andrés Ruiz y Vermondo Resta, arquitecto del Cardenal de origen italiano, dan las trazas del edificio, hoy perdidas. Afortunadamente se conserva un documento escrito que presumiblemente las acompañaría, las ‘Condiciones para la construcción del Colegio de Monforte de Lemos’ (7).

Al año siguiente (1593) comienza la construcción, asumiendo la dirección el jesuita Juan de Tolosa, cuyo hermano Pedro es aparejador en El Escorial (8), con Juan de Cajigas al frente de la construcción de la iglesia. En 1595 fallece Juan de Cajigas, suceso tras el que se producen una serie de discrepancias en la obra que provocan que Juan de Tolosa tase lo realizado y Andrés Ruiz fije las condiciones para la continuación de la obra, dando lugar a un texto imprescindible para la historia de la construcción del edificio, la «Tasación de lo obrado y condiciones para la prosecución de las obras» (9). La Tasación plasma una iglesia edificada hasta la cornisa. Posteriormente se retoman las obras con Diego Vélez y Gonzalo de Güemes al frente de los trabajos del templo (5, 10) (pp. 262 y 509 respectivamente).

En 1598 fallece Felipe II y en 1600 lo hace el Cardenal, hecho que eleva la presión sobre las obras de la iglesia, lugar destinado para su enterramiento. España entra de lleno en su Siglo de Oro mientras en 1608 Simón de Monasterio es contratado para rematar la iglesia, realizando la bóveda del altar mayor y la cúpula. Finalmente, el 4.8.1619 se consagra el templo, tras lo que decae la actividad constructiva: hasta 1699 no se inicia la sacristía, hoy pinacoteca.

Terminada ésta, la historia del edificio se convierte en una sucesión de catástrofes: sufre los efectos del terremoto de Lisboa de 1755 y de otro más en 1778, que agrietan la cúpula y arruinan el remate de la torre-campanario norte; en 1767 los jesuitas, sus ocupantes, son expulsados de España; en 1809 es saqueado por las tropas de Napoleón... Por fin en 1873 llegan los escolapios a Monforte, en cuyas manos sigue, y se reanudan las obras en el edificio. La imperiosa necesidad de fondos lleva a la venta del cuadro ‘La Adoración de los Reyes’ de Hugo Van der Goes, desatándose una batalla cultural que está en el origen de la legislación española de protección del patrimonio. Los fondos recibidos permiten realizar, entre 1919-1930, nuevos trabajos de edificación bajo la Memoria-proyecto del arquitecto de la Casa de Alba, Francisco Pérez de los Cobos (11). Estas actuaciones son decisivas para la configuración actual de la parte norte del edificio.

En 1958 se realizan obras en la Iglesia: se rellenan las grietas de la cúpula y de la bóveda de la capilla mayor con mortero de cemento y se coloca un forjado cerámico en el techo del cañón de la torre sur. Finalmente, en los años de transición entre 1980 y 1990 se construyen forjados de hormigón en las cubiertas de la iglesia y en la torre-campanario norte.

Este devenir provoca el contacto de tres fases constructivas en la esquina septentrional de la torre-campanario norte: realización de la iglesia (1593-1619); construcción de la sacristía (1699-) y modificaciones realizadas entre 1919-30.

2. ESTADO DE LA BÓVEDA DEL ALTAR MAYOR

La actuación viene motivada por el contenido de la Documentación para la Declaración de Bien de Interés Cultural (12), en adelante DDBIC, que señala:

La iglesia conserva las grietas provocadas por el terremoto de Lisboa en 1755. Son especialmente llamativas las de la bóveda del presbiterio, de la cornisa de la cúpula y las de la media naranja. A pesar de su visibilidad, no comprometen la estabilidad estructural, excepto la inestabilidad local de una dovela descolgada de la bóveda del presbiterio que amenaza con desprenderse.

2.1. Lesiones apreciadas

Constructivamente la bóveda, resuelta íntegramente en sillaría de granito de la zona, está organizada en tres partes nítidamente diferenciadas: la del cañón central y las dos laterales de los lunetos. Estas últimas, recubiertas con un relleno de mampuestos muy competente, están separadas del cañón central por sendas hiladas de dovelas resaltadas por el trasdós dispuestas en el sentido del eje de la nave. Además, siete de las dovelas del cañón cuentan con una perforación de sección cuadrada que permite el flujo de aire entre el presbiterio y el espacio bajo cubierta.

La determinación de la geometría, problema inicial de toda bóveda, ya había sido resuelta: Guerra (3, 8) determinó su forma, señalando unas dimensiones de 9,59 x 5,48 m². También aclara que parte de la deformación de la bóveda está presente desde el inicio por no ser su planta un rectángulo perfecto.

Se empezó por discriminar las lesiones mecánicas que presenta la bóveda y estudiarlas. Dado que la bóveda arranca sobre una cornisa a casi 12,90 m de altura (12,88 m sobre el pavimento actual de la nave y 12,98 -46 pies- sobre el original que se encuentra debajo según (8)), resultó muy valiosa la documentación fotográfica facilitada por la Dirección Xeral do Patrimonio Cultural, DXPC, y por la dirección el colegio tomada desde el andamio instalado en 2018 para la limpieza del retablo mayor.

La bóveda está recorrida por una grieta diagonal que afecta al cañón y al luneto del lado del Evangelio y cuyo trazado sigue las juntas entre dovelas, sin llegar a romper las piezas (Figura 4). Esta grieta fue parcialmente rellenada con



Figura 4. Lesiones en la bóveda del Altar Mayor (antes de las obras).

mortero de cemento en 1958 pero en los últimos años parte de éste se ha desprendido en la zona central (se informó de la caída de arenilla sobre el altar), la parte más abierta y que dividía la bóveda en dos, como prueba que por el trasdós se veía la luz del templo. Durante la reparación se pudo introducir la mano en ella y se comprobó que su ancho llegaba a alcanzar los 6- 7 cm en puntos concretos. El relleno de mortero de cemento gris añadía a la lesión mecánica la faceta estética.

La grieta se prolonga por detrás de los medallones que coronan el retablo, bajando por el interior del muro de mampostería que cierra el testero de la iglesia hacia el río Cabe, provocando un apreciable cambio de plano del muro. Su posición concuerda con la de una grieta sensiblemente vertical visible por el exterior, que recorre este muro desde la cornisa hasta el cuerpo de conexión entre claustros y que fue sellada de forma poco cuidadosa en las obras de los años 1920. Dicha coincidencia hace suponer que en la zona superior la lesión afecta a todo el espesor del muro.

En la zona más abierta de la grieta se sitúa la dovela descolgada cuyo estado preocupante se recogía en la DDBIC (Figura 4). La proximidad a la bóveda del andamio colocado en 2018 permitió medir su descuelgue, 10,5 – 11,0 cm (Figura 5, Ref. 1), deformación que implica un desplazamiento horizontal de unos 3,5 cm.

También es muy visible la rotación de otra dovela muy próxima, la dovela longitudinal que cierra la bóveda contra el doble arco de remate hacia el testero (Figura 5, Ref. 2): se apoya en este arco y desciende en el extremo opuesto unos 5-6 cm. También se encuentra separada de la contigua una distancia similar horizontalmente, distancia que fue rellenada con mortero de cemento. Asimismo, se aprecia la rotación de la dovela longitudinal de la que arranca la descrita en primer lugar, con un descuelgue de unos 2,5 cm.

Otro grupo de dovelas con descensos notables se sitúan en los arcos de remate de la bóveda contra el muro testero. Destacan dos dovelas contiguas (Figura 5, Refs. 5 y 6) pertenecientes al arco de arrimo visibles entre los escudos de remate del retablo mayor (Figura 4). El descenso provoca que las dovelas giren, por cuanto por el lado opuesto se apoyan en el muro. El descuelgue permite apreciar una lengüeta en la dovela para generar un apoyo transversal entre los arcos de cierre, escalonados en altura. Esta solución constructiva permite comprender la deformación transversal en V en sendos pares de piezas de los dos arcos de cierre de la bóveda. La lesión, fruto quizás de un empuje horizontal ejercido por la bóveda contra el muro, está situada contigua a la grieta vertical del muro testero.

Junto con las grietas apreciadas se incluyen las dovelas finalmente recolocadas y el orden de empujado de éstas, si bien las dovelas 5 y 6 se izaron conjuntamente. Se elevaron tres dovelas más de las previstas inicialmente.

El desplazamiento transversal de una parte del muro testero conlleva el deslizamiento horizontal de las dovelas del arco de arrimo y del arco de cierre contiguo. Ello origina un escalonamiento horizontal en planta que interrumpe la continuidad de algunas juntas.

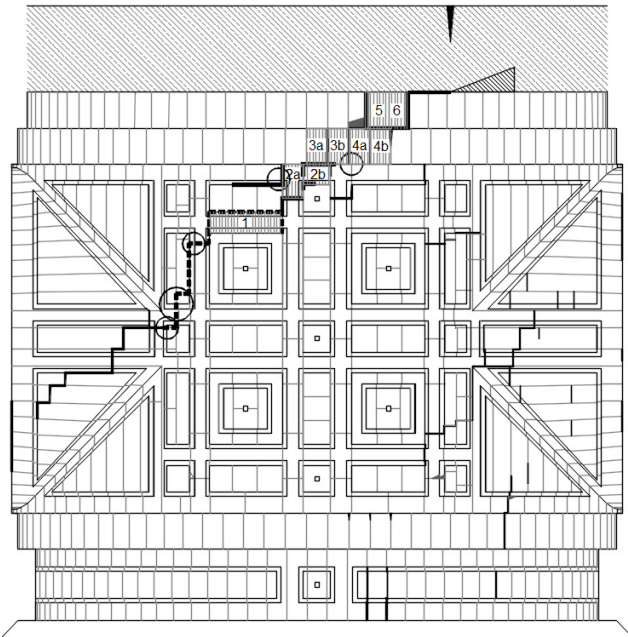


Figura 5. Plano de lesiones de la bóveda sobre la base de (3).

Lesiones de menor trascendencia son la apertura de juntas en un grupo de dovelas del luneto del lado de la epístola y tres dovelas con pequeñas pérdidas de masa de forma de tetraedro irregular. Más relevante es la pérdida de masa de la dovela contigua a la n^o 5 anterior. Todas estas lesiones se representaron sobre un plano de la bóveda (Figura 5), para evitar imprecisiones.

En la inspección del trasdós de la bóveda se comprobó que la única lesión visible es la correspondiente a la dovela descolgada, que por el trasdós se ve claramente hundida con respecto al resto.

Durante la obra se comprobó que había más dovelas con desplazamientos verticales, si bien de pequeña magnitud. La reparación se limitó a aquellas con mayores descuelgues, superiores a 25 mm. También se midieron los desplazamientos entre piezas contiguas de la cornisa exterior: 13.5-14 cm en el plano del muro (Figura 6) y 6.5-7 cm perpendicularmente.



Figura 6. Fases de la reparación de la cornisa exterior: estado inicial, picado y completado.

2.2. Evolución de las lesiones: referencias históricas

Para conocer la evolución de las lesiones se revisó la documentación escrita y fotográfica a la que se tuvo acceso. En mi memoria la grieta de la bóveda está 'desde siempre' (desde principios de los años 1970). En las imágenes de las que disponía como

consecuencia los estudios realizados (13, 14) y otras circunstancias personales, fechadas en los años 1991, 1997, 2005 y 2008, la grieta aparece rellena de mortero de cemento y en las más recientes –digitales y con mejor resolución- también se aprecian las dovelas movidas, que, parecen corresponder a la misma situación previa a las obras, aunque es imposible indicar si se ha producido algún pequeño movimiento. Las fotos aportadas por la DXPC fechadas en 2007 ratificaron la conclusión anterior. Posteriormente la dirección del colegio aportó una fotografía de los años 1920/30 (Figura 7) que resultó determinante, por cuanto se identifica la grieta diagonal y se aprecian nítidamente las dovelas descolgadas visibles entre los escudos del retablo, en una situación totalmente análoga a la actual.

En la búsqueda de datos sobre la evolución de las lesiones se revisó la monitorización del edificio (y en particular la iglesia) realizada entre 1991 y 1996 por Euroconsult. Si bien en el presbiterio se colocaron dos fisurómetros en la mitad inferior de los muros y dos inclinómetros en las pilastras de la cúpula, no se colocó ningún elemento de seguimiento en la bóveda, quizás por considerarla estabilizada. Comparando los registros gráficos, los resultados de los fisurómetros del presbiterio se corresponden con las variaciones de temperatura del templo recogidas por los termopares, con la excepción de un único resultado anómalo, descartado por un posible fallo en la captación.



Figura 7. Estado del Altar Mayor en 1920-30 (cortesía del Colegio).

En lo tocante a las referencias escritas, Guerra (8) describía la situación de la bóveda de esta forma

En la bóveda del presbiterio varios sillares aparecen descolgados de su posición. En el testero del presbiterio hay una gran grieta vertical, atribuida al terremoto [de Lisboa], que

pudo haber causado el movimiento de la bóveda. En los años ochenta se realizaron intervenciones importantes en las cubiertas que pudieran haberle afectado.

También en (3) Guerra realiza una descripción similar incluyendo la grieta y señala el terremoto de Lisboa (1755) como causa generalmente admitida (p.261 y ss). Posteriormente (12) corrobora descripción y causa (T1 p.16).

Siguiendo a Cotarelo (4), en (3) se recoge otro terremoto en 1778 y se expresa la duda sobre si el agrietamiento fue debido al terremoto de Lisboa o a éste. Lamentablemente dicho terremoto no ha sido identificado en el catálogo sísmico (15).

Pese a la atribución de las lesiones al terremoto de Lisboa, su análisis arroja algunas discordancias. Por una parte, la grieta de la bóveda sigue las juntas entre piezas, característica que se suele producir en las grietas de apertura lenta, como las de asiento. Además, su trazado es perpendicular a las lesiones que presenta la cúpula y que sí corresponden con las esperables por ondas sísmicas longitudinales (la distancia entre Lisboa y Monforte invita a descartar los efectos de otro tipo de ondas sísmicas) provenientes desde el sur. Evidentemente no se puede indagar sobre los efectos sobre las fábricas del edificio del segundo terremoto citado al no haber podido localizarlo.

Estas síntesis se complementan con la realizada por Pérez de los Cobos en 1915 (11), quien, refiriéndose a la iglesia señala ((3), pp. 39-40):

- La bóveda de la iglesia «tiene marcado el movimiento de abrirse que indudablemente fue asiento de construcción».
- La cúpula tiene cuatro grietas radiales «de mala naturaleza».
- La bóveda del presbiterio «tiene dovelas bastante movidas».
- Describe la grieta de la parte posterior de la iglesia en toda su altura. Valora que «aunque no es de gran cuidado por su dirección conviene cerrar con hierro [...]»
- Recoge el testimonio de que todos esos movimientos «han estado siempre» y busca su origen en la cimentación «para impedir que sigan sus movimientos, que como los del edificio no cabe duda que son debidos a no haberse esmerado mucho con la cimentación».

Quizás lo más relevante de esta referencia es la manifestación de las lesiones han estado desde siempre, lo que amplía a más de un siglo la situación deformada de la bóveda. Y atribuye los daños apreciados a la cimentación y no a la acción sísmica. Geológicamente, la naturaleza del subsuelo de Monforte de Lemos es arcillosa, con arcillas del terciario y del cuaternario, debido al carácter de fosa tectónica de la depresión de Lemos. El edificio está situado en las inmediaciones del río Cabe, por lo que cabría pensar en un asiento por consolidación de arcillas, aunque no se dispone de ningún estudio geotécnico que avale esta posibilidad. La hipótesis contradice la obligación de apoyar los cimientos en la roca fijada por la condición nº 1 (7).

3. LA REPARACIÓN DE LA BÓVEDA

3.1. Principios de intervención

La existencia del edificio prueba su estabilidad: 'La mera existencia de una estructura de fábrica es prueba suficiente de que dicha estructura es totalmente segura'.

'Si una estructura existente muestra signos de distorsiones y agrietamientos, pero no de deformaciones en curso, esta estructura deformada es totalmente segura. La mera presencia de antiguas grietas no es, en sí misma, alarmante; es más, [...] es lógico esperar que se produzcan ciertos agrietamientos cuando una estructura de fábrica se ha adaptado a su entorno'

Jacques Heyman (16)

Resulta obvio que una estructura que se ha mantenido en pie durante más de cuatrocientos años y ha soportado situaciones accidentales (sismos, incendios) sin colapsar es segura, si bien resulta complicado cuantificar numéricamente esa seguridad.

Un relleno adecuado con una geometría estable (aún deformada y agrietada) conlleva la no intervención (principio de la mínima intervención). Es evidente que la bóveda del altar mayor se encuentra deformada y agrietada; y también cuenta con un relleno estable y que el uso se mantiene inalterado. Por tanto, sólo la existencia de movimientos activos obligaría a la toma de medidas de estabilización geométrica.

La actuación se ha planteado siguiendo los principios que rigen actualmente el mundo de la intervención en el patrimonio arquitectónico, que derivan de la Carta de Venecia de 1964 (17) y, coinciden básicamente con lo expuesto en el Artículo 44 de la ley del Patrimonio Cultural de Galicia (18). Se pueden sintetizar como la salvaguarda de los valores culturales del bien y su conservación; el respeto por sus características esenciales y por los aspectos que los definen; la aplicación del criterio de mínima intervención; la conservación de las contribuciones de todas las épocas existentes; la utilización de técnicas y materiales tradicionales; la compatibilidad de los materiales y técnicas empleados en la intervención; el evitar las adiciones miméticas; la reversibilidad de las acciones; la compatibilidad del uso con la conservación de los valores del bien y la prohibición de emplear técnicas y materiales agresivos con las pátinas y con los materiales originales.

Referidos a la estructura, estos principios se interpretan siguiendo a Warren (19), tratando de que la estructura desempeñe su función original tal y como fue concebida, dando prioridad a la reparación como método de actuación, aunque a veces suponga volver a una situación no satisfactoria para los estándares contemporáneos.

Pompeu (20) señala que no siempre es posible seguir todos estos principios al mismo tiempo, porque, a veces, entran en conflicto entre sí. Por ejemplo, el logro de seguridad estructural, muy a menudo, entra en conflicto con el respeto al valor cultural del edificio. Otro caso es la reversibilidad de la reparación de grietas en elementos de mampostería, que para ser resuelta adecuadamente no será reversible, situación que se da reiteradamente en este caso.

En cada caso específico, será necesario el compromiso sujeto al sentido común entre estos principios. Quizás, en lugar de principios, sea más apropiado considerarlos, simplemente, como términos de referencia para las intervenciones.

En lo tocante a la aplicación de las disposiciones normativas, ICOMOS (21) señala que la aplicación de éstas debe ser limitada en las estructuras del patrimonio arquitectónico. El ingeniero italiano Giorgio Croci (22) señala que el principio

de mínima intervención lleva a admitir niveles de seguridad inferiores a los supuestos, así como la necesidad de retrasar cualquier decisión hasta contar con estudios concretos. Este aspecto se relaciona con lo que señala el Ámbito de aplicación del Código Técnico de la Edificación (23), que, si bien obliga a su consideración en los edificios existentes, permite emplear soluciones alternativas que no alcancen los estándares normativos cuando su aplicación sea incompatible con la naturaleza de la intervención o con el grado de protección del edificio.

3.2. Comprobaciones

La preocupación por no omitir alguna causa que pudiese resultar en una acción lesiva para el edificio llevó a investigar el origen de la grieta diagonal de la bóveda, subrayada además por el relleno de mortero de cemento aplicado en 1958.

Holzer (24) incluye en su estudio las bóvedas de cañón con lunetos. Identifica tres patrones de falla, asociados en todos los casos a la deformación provocada por la respuesta estructural ante la luz principal, de tal forma que en planta las grietas que se forman son paralelas al eje de la nave. La posición de estas grietas depende de la efectividad de los enlaces entre el cañón principal y los lunetos frente a la del enlace lunetos-muro lateral: si es mayor la primera, las grietas se desplazarán hacia el arranque del cañón y si lo es la segunda las grietas aparecerán próximas al vértice de encuentro entre el cañón principal y los lunetos. Lamentablemente ninguno de ellos explica el patrón de agrietamiento diagonal que muestra la bóveda que nos ocupa. Guerra (3) analizó la seguridad de las bóvedas de la nave y de la sacristía, verificando su estabilidad. Estudia las bóvedas de acuerdo con los patrones de agrietamiento para bóvedas con lunetos asociados a grietas longitudinales.

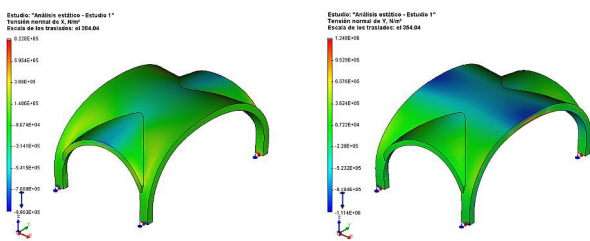


Figura 8. Modelo de control de EF. Autofem Analysis.

Como verificación se realizó un modelo de elementos finitos 3D de la bóveda del altar mayor sometida a la aceleración de la gravedad desarrollado con el programa Autofem Analysis (25) que corroboró las afirmaciones de la teoría (Figura 8), pero no fueron concluyentes en lo tocante al origen de la grieta. En el modelo se emplearon elementos finitos de tipo tetraedro cuadrado. Ante la imposibilidad de realizar los ensayos necesarios para la caracterización del material, como datos mecánicos para la sillería de granito se emplearon los siguientes, usuales en estudios del mismo tipo (26): Módulo elástico, E : 18510 N/mm²; Coeficiente de Poisson: 0.15; Densidad 2800 kg/m³; Límite de tracción 1.5 N/mm²; Límite de compresión: 60 N/mm².

En un sentido amplio, se pueden entender las bóvedas de cañón con lunetos como una situación intermedia entre las bóvedas de cañón y las bóvedas de arista: de hecho, en múltiples bóvedas por arista romanas las aristas no llegan a concurrir en un punto, dándosele continuidad a uno de los cilindros

y aproximándose a lo que sería una bóveda con lunetos en los que los radios de los cilindros intersecantes fuesen casi iguales (27).

De ahí que se revisasen los patrones de agrietamiento de bóvedas por arista, pero tampoco las fuentes revisadas arrojaron luz sobre patrones de agrietamiento similares al que nos ocupa (28) (29). Los patrones de agrietamiento diagonales aparecen en los no muy numerosos estudios de bóvedas vinculados con asientos (o asientos con giro) de la edificación, tanto en bóvedas de cañón (30-32) como en bóvedas aristadas (33). Sin embargo, ni las referencias bibliográficas disponibles ni los modelos de cálculo desarrollados han permitido establecer con certeza la causa de las lesiones apreciadas.

3.3. Sistema de reparación

La reparación buscó recuperar el comportamiento resistente por forma de la bóveda, para lo que resultó necesario elevar las dovelas descolgadas hasta su altura original y recuperar el campo de compresiones que fijaban su posición. La idea es sencilla: basta empujar las dovelas desde su parte inferior con un gato una vez descarnadas las juntas, pero tiene tres dificultades: la altura a la que hay que realizarlo (16 m del suelo); una ejecución que no dañe la bóveda incluso si algo no fuese bien y el cómo empujar las dovelas situadas encima del retablo mayor, pieza escultórica de gran valor del Patrimonio Cultural de Galicia.

Se planteó así la construcción de una plataforma de trabajo a 14 m de altura sobre la que ubicar los gatos de izado. Esta plataforma habrá de tener una capacidad portante suficiente como para soportar las cargas de los gatos y también el peso de la bóveda y del apuntalamiento en caso de algo no fuese bien: una bóveda de 30 cm de sillería de granito con un peso específico de 28 kN/m³ –usual en los granitos de la comunidad– pesa 8,40 kN por metro cuadrado de superficie de bóveda (840 kg/m²); la curvatura de ésta y los rellenos aproximaban el valor a 1 t/m² de superficie en planta a lo que se suma el empuje de los gatos y el peso del apuntalamiento. Además, el apuntalamiento tenía que ser suficiente para resistir estas cargas, resultaba admisible que una vez construida la plataforma ésta resultase insuficiente, como se aprendió de la reparación realizada durante la década de 1990 en la escalera principal del Colegio (34). Todo ello desembocó en una impactante estructura provisional (Figura 9).

Dado que algunas de las grietas y dovelas afectadas estaban sobre y tras el retablo, surgió la necesidad de desmontar los escudos de remate para tener espacio suficiente para acometer los trabajos. Si bien la idea fue finalmente fue aceptada por la Dirección General del Patrimonio Cultural de la Xunta de Galicia, se impusieron dos condiciones: los escudos se almacenarían completos y embalados en cajones de madera que se mantendrían en la plataforma y su desmontaje se tendría que realizar con una plataforma situada al nivel de la cornisa del retablo para minimizar los riesgos. Esta segunda condición obligó a prever dos niveles de trabajo, el de desmontaje de los escudos y uno superior para el izado de las dovelas. Y la primera implicó una considerable ocupación de la superficie de la plataforma.

La solución final consistió en una plataforma a cota de desmontaje sobre la que se dispusieron sendas vigas en dirección transversal a la nave que servían de apoyo y elevaban la cota

de las vigas transversales que, volando sobre el retablo, se apoyaban en cajas realizadas ad hoc en el muro de mampostería existente. Resultó así una plataforma con una especie de altillo en el fondo (Figura 10).



Figura 9. Plataforma de trabajo y estructura de soporte (cortesía S. Pereira).

El apoyo sobre el muro resultó obligado por la distancia a salvar, correspondiente al espesor del retablo y el espacio que existe tras él (casi un metro desde el borde de la plataforma), y por las cargas derivadas del empuje de las dovelas.

El conjunto se montó en dos fases, en la primera se montó la plataforma base, realizándose a continuación el desmontaje y acopio de los escudos de los retablos, operación tras la cual se inició la segunda fase con la construcción del segundo nivel.

Llegar a la solución estructural final no fue sencillo: se consiguió con la segunda empresa que estudió el problema, INCYE, y se estuvo perfeccionando hasta comenzar el montaje, adoptando para el apuntalado de la bóveda un sistema con piezas quebradas atornilladas que denominaban ‘cerchas’. Como todas las piezas debían ser movidas a mano, se emplearon vigas de aluminio para reducir el peso.

Trasladar las cargas hasta el nivel del suelo del presbiterio era sólo una parte del problema: bajo éste existe una bóveda de cañón de mampostería de esquisto con claves de sillería de granito cuyo comportamiento ante las cargas puntuales de



Figura 10. Formación del nivel superior de la plataforma de trabajo.

los apoyos de la cimbra anterior era dudoso. Por ello se decidió apuntalar también esta bóveda para conducir las cargas que pudieran producirse hasta su apoyo en el suelo. Si bien inicialmente se contempló una solución de apuntalamiento convencional, se aceptó una propuesta específica de la empresa de apuntalamiento por las ventajas constructivas que implicaba.

Quedaba todavía un problema por resolver: garantizar que el piso de la capilla mayor era competente para transmitir las cargas de la cimbra superior al apuntalamiento inferior. Se trata de un sistema de bóveda de cañón de mampostería con rellenos y un pavimento de losas de granito. La duda provenía de que las ‘Condiciones...’ (9) prescribían el empleo de ánforas cerámicas para aligerar los rellenos de los senos, solución constructiva usual en la zona mediterránea pero extraña en estos pagos, y que constituiría un problema para los apoyos de la cimbra. Por ello se realizó una serie de calas en la capilla mayor, levantando el pavimento y el relleno hasta alcanzar el trasdós de la bóveda. El relleno encontrado resultó perfectamente competente y las calas aportaron un premio inesperado, informando sobre una ampliación del presbiterio cuya ejecución no consta en los registros del edificio ni ha podido ser datada: los registros fotográficos más antiguos a los que se tuvo acceso, (Figura 7) y p. 263b de (5), muestran el presbiterio ya ampliado. Durante la realización de las calas se levantó una losa que cierra una trampilla construida a la altura de la clave que permitió medir el espesor de la bóveda en ese punto (54 cm) y disfrutar de una visual diagonal de toda la altura del edificio, desde el semisótano hasta el cupulino de la linterna.

Todas las dovelas recolocadas se sitúan en la parte del cañón central de la bóveda. Su aseguramiento se realizó –cuando hizo falta– intercalando en primer lugar cuñas de pizarra en el sentido de la curvatura del cañón, solución común en las sillerías renacentistas y visible en varios puntos del edificio. Se fija así la dovela en su posición y se posibilita la retirada de los gatos. A continuación, cuando el espesor de la grieta lo demanda, se acuña en la dirección transversal, pero buscando únicamente el cierre de éstas. Tras ello se rellenan las juntas desde el trasdós con mortero de cal hidráulica, reservando un espacio en el intradós para el empleo de un mortero de cal de acabado entonado cromáticamente. Las dovelas del borde se izan por parejas venciendo el rozamiento con las contiguas, debido a su trabajo como arco (Figura 11).



Figura 11. Preparación para el empuje de las dovelas del arco de cierre de la bóveda.

Con carácter previo a las operaciones de recolocación de las dovelas se procedió al lañado de la cara interior de la grieta existente tras el retablo. La reparación se limitó a la parte accesible tras el desmontaje de los escudos. Si bien estaba previsto realizar un cosido con barras embutidas en el espesor del muro, colocando varillas de fibra de vidrio sobre una base de mortero de cal relleno de las juntas (35), la dureza de al-

gunas de las piezas que componen la mampostería mixta del muro, especialmente las de cuarzo y algunas cuarcitas, obligaron a realizar un lañado con grapas formadas por varillas de acero inoxidable roscadas $\varnothing 10$ en forma de U y 70 cm de longitud, fijadas con epoxi a los mampuestos de mayor tamaño. Posteriormente se inyectó la grieta con mortero de cal hidráulica (36). La reparación se completó reponiendo el revoque de cal que había sido eliminado antes de iniciar el trabajo.

Para eliminar las infiltraciones por cubierta al espacio del trasdós de la bóveda se procedió a la sustitución del material de cobertura colocado a principios de los 90. Se empleó teja curva de dimensiones similares a la existente, pero en este caso sobre placas de fibrocemento soportado por rastreles de castaño con aislamiento de lana de roca para disminuir el riesgo de condensaciones y remates perimetrales de cinc. Para ejecutar estos trabajos se instaló un andamio de 24 m de altura cuyo montaje obligó al levantado del piso y cubierta del paso entre claustros, (Figura 12).

Este andamio permitió además el cosido de la grieta vertical que recorre el muro por el exterior y del hueco que separa el encuentro entre el muro de cierre del presbiterio (fin. XVI – ppos. XVII) y el de la antigua antesacristía (fin. XVII) con el objetivo de evitar daños por impacto en posibles sacudidas sísmicas. En ambos casos el cosido se realizó con varillas de fibra de vidrio $\varnothing 10$ y 100 cm de longitud. Antes de iniciar la intervención la grieta vertical fue revisada con un pachómetro en busca del cosido metálico indicado por Pérez de los Cobos, pero al no aparecer éste se ejecutó el anteriormente descrito.

También permitió recuperar las ventanas de los cañones de ambas torres campanario: faltaban sendas ventanas en cada torre, lo que permitía la entrada y anidamiento de palomas con los problemas derivados de sus excrementos, y las tres ventanas superiores de la torre sur estaban cegadas, lo que dificultaba la renovación de aire obligándolo a salir por la torre norte tras recorrer el espacio bajo cubierta sobre el trasdós de la bóveda. Las ventanas colocadas permiten una ligera ventilación continua –facilitando la evacuación del aire caliente que asciende desde el presbiterio– al tiempo que impiden el acceso a las aves y mejoran el aspecto del edificio. A mayores el andamio se aprovechó para realizar pequeñas correcciones en los huecos (reponer una pieza perdida, sustituir otra con una apreciable pérdida de masa, contornear un hueco ocultando ladrillos colocados en la década de 1920...).



Figura 12. Sistema de andamios situado en la fachada hacia el río Cabe..



Figura 13. Sistema de registro instalado.

Se ha señalado que no se intentó corregir el desplazamiento horizontal que presenta una parte de la bóveda y que provocó la grieta del muro testero. Esta decisión se tomó en aplicación de los principios de intervención expuestos ante las pruebas de la ausencia de movimientos, así como por lo inasumible que resultaba cualquier intervención aseguradora. Además, permite al ojo experto leer la historia de la construcción. De todas formas, es cierto que la intervención de recolocación de las dovelas implicó ciertas alteraciones en el estado tensional de la bóveda, que se supusieron pequeñas por la forma de ejecución (manual). La intervención se completó con la instalación en el trasdós de la bóveda de un sistema de fisurómetros con registro de temperatura y humedad como mecanismo de control y de alerta sobre posibles movimientos indeseados, verificando así el éxito de la reparación y de la estabilización de la solución (Figura 13).

3.4. Ejecución de las obras

La obra tuvo un arranque complicado: se adjudicó en el segundo concurso celebrado a la empresa Rehabita Gestión SL en un precio casi idéntico al importe de licitación del primero; los problemas de suministro derivados de la pandemia retrasaron su ejecución... pero desde el punto de vista de las previsiones técnicas todo salió perfectamente, volviendo innecesarias ciertas medidas previstas, lo que liberó fondos para abordar algunas reparaciones no consideradas inicialmente, como la sustitución de la bola que corona el campanario sur, reventada por un rayo, y la recolocación de la cruz que la remata. De esta recolocación se hizo eco toda la prensa local.

El levantado de la cubierta del paso entre claustros dejó a la vista los arranques de sendos arcos rematando las pilastras adosadas al muro situadas simétricamente respecto al eje del templo. Dichos arranques forzaron ajustes en la cubierta de esta zona y sugieren nuevas hipótesis sobre lo que pudo ser la traza del edificio en esta zona: tanto Martínez (6) como Vázquez (10) señalan que el Colegio tendría tres patios (pp. 14 y 509 respectivamente), como establece la Condición 35 (9), al tercero de los cuales podrían corresponder los elementos encontrados.

El levantado del piso del cuerpo de conexión permitió corroborar (se había detectado durante los trabajos comprobación del levantamiento) la existencia de un volumen pétreo de unos 2,40 m de grueso que ocupa todo el ancho del pasaje de

conexión y que muere al nivel del piso. Este machón está realizado con una mampostería de piezas grandes muy diferente a la que compone el muro de cierre del edificio al que no está enlazado, y tampoco guarda relación con el resto de fábricas que cierran el pasadizo. El informe arqueológico se limita a señalar que podría corresponder a un elemento de cimentación o contrafuerte. La hipótesis del contrafuerte afirmaría la hipótesis de asiento como causa de las lesiones esbozada anteriormente.

4. CONCLUSIONES

- La intervención se desarrolla sobre una bóveda de cañón con lunetos de sillería de granito construida a principios del siglo XVII, deformada por la propia construcción y por la actuación de acciones accidentales (sismo y/o asiento), agrietada y con algunas piezas muy desplazadas.
- La documentación escrita y fotográfica muestra que la situación de la bóveda desde al menos 1920/30 es básicamente la misma.
- Las lesiones mecánicas de la bóveda originadas por las acciones accidentales están hoy estabilizadas, si bien no se ha podido determinar su causa de forma fehaciente.
- De acuerdo con el principio de mínima intervención, se opta por una actuación de reparación de recuperación de la forma corrigiendo los desplazamientos verticales de las dovelas más descolgadas y cosiendo el muro del testero.
- Aunque la reparación se realiza con sistemas tradicionales (recolocación de piezas, lañado, empleo de morteros de cal) se emplean herramientas contemporáneas, de las cuales destaca el sistema de cimbrado por la altura a la que se realizan estos trabajos, las cargas a transmitir, el valor artístico del retablo adyacente y las condiciones de seguridad en el trabajo actuales, con un monto económico considerable.
- La reparación se remata con la colocación de un sistema de registro de movimientos cuyos datos permitirán verificar el éxito de la intervención y tomar las medidas oportunas en caso de necesidad.
- El desarrollo de la obra aportó nuevos datos que resultan relevantes para la historia de la construcción del edificio.

FINANCIACION/FUNDING

Actuación financiada en un 80% con fondos FEDER

REFERENCIAS / REFERENCES

- (1) Decreto 41/2021, de 25 de febrero (2021). Por el que se declara bien de interés cultural el colegio de Nuestra Señora de la Antigua en Monforte de Lemos (Lugo). Diario Oficial de Galicia, núm. 49, de 12 de marzo de 2021, pp. 14365 a 14387. Recuperado de https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2021/20210312/AnuncioG0598-030321-0002_es.pdf
- (2) Huerta, S. (2004). *Arcos, bóvedas y cúpulas: geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 193-201.
- (3) Guerra Pestont, R.A. (2012). *Bóvedas y contrarresto del Colegio de Nuestra Señora de la Antigua de Monforte de Lemos: Geometría, construcción y mecánica* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <http://oa.upm.es/14702/>
- (4) Cotarelo Valedor, A. (1945-1946). *El Cardenal Don Rodrigo de Castro y su fundación en Monforte de Lemos*. 2 vols. Madrid: Magisterio Español.
- (5) Hermida Balado, M. (1969). *Lemos: pequeña historia de un lugar con mucha historia*. Madrid: Fenix.
- (6) Martínez González, E. (2000). *Colegio de Ntra. Sra. de la Antigua (Monforte de Lemos)*. León: Everest
- (7) Ruiz, A., Resta, V. (1592). *Condiciones para la construcción del Colegio de Monforte de Lemos*. Archivo del Colegio de Monforte, legajo 2, n°2. Transcrito en (3) y (4).
- (8) Guerra Pestonit, R.A. (2005). La bóveda del presbiterio de la iglesia del Colegio del Cardenal Monforte de Lemos. En S. Huerta (Ed.), *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (pp. 571-580). Madrid: Juan de Herrera. Recuperado de http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC4_055.pdf

- (9) Tolosa, J. de y Ruiz, A. (1598). *Tasación de lo obrado y condiciones para la prosecución de las obras*. Archivo del Colegio de Monforte, legajo 2, n^o 4. Transcrito en (3) y (4).
- (10) Vázquez Rodríguez-Sueiro, G. ([1972] 1990). *Historia de Monforte y su tierra de Lemos*. León: Evergráficas S.A.
- (11) Pérez de los Cobos, F. (1915). *Memoria-Proyecto de Obras a Ejecutar en el Colegio Nuestra Señora de la Antigua*. Mayo 1915. Archivo del Colegio de Monforte, código 59A07.
- (12) Guerra, R., Serrano, L., Lago, M. (2017). Colegio de Nuestra Señora de la Antigua – Monforte de Lemos. Documentación para la Declaración de Bien de Interés Cultural, p. 26. Subdirección Xeral de Conservación e Restauración de Bens Culturais. Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria. Xunta de Galicia. Resumida en (1).
- (13) Freire Tellado, M. (1994). La Construcción Renacentista: los Trazados de Montea bajo la Escalera de los Escolapios de Monforte de Lemos. *Lucus*, 142, 59-65. Lugo: Excma. Diputación Provincial.
- (14) Freire Tellado, M. (1998). Los trazados de montea de factura renacentista del edificio de los Escolapios de Monforte de Lemos (Lugo). En F. Bores, J. Fernández, S. Huerta y E. Rabasa (Eds.), *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (pp. 173-180). Madrid: Instituto Juan de Herrera-CEHOPU-CEDEX-Universidad de Coruña-Sociedad Española de Historia de la Construcción. Recuperado de http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC2_025.pdf
- (15) Martínez Solares, J.M., Mezcuá Rodríguez, J. (2002). Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. - 1900). Monografía n^o 18. Madrid: Ministerio de Fomento. Recuperado de <http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/SIS-Catalogo-hasta-1900.pdf>
- (16) Heyman, J. (1977). The Restoration of Masonry: Structural Principles. *Architectural Review* 20. Versión española 16. La restauración de fábricas: principios estructurales en J. Heyman (1995) *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica* (p. 241). Madrid: CEHOPU-Instituto Juan de Herrera-CEDEX.
- (17) Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios (Carta de Venecia de 1964). II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos, Venecia 1964. Recuperado de https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/venice_sp.pdf
- (18) Ley 5/2016, de 4 de mayo (2016). Del patrimonio cultural de Galicia. Diario Oficial de Galicia, núm. 92, de 16 de mayo de 2016, pp. 18576 a 18689. Recuperado de https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2016/20160516/Anuncio-C3Bo-110516-0001_es.pdf
- (19) Warren, J. (2004). Conservation of structure in historic buildings. *Journal of Architectural Conservation*, 10(2), 39-49. <https://doi.org/10.1080/13556207.2004.10784916>. Versión española: Restaurar la estructura en la arquitectura histórica (2012). *Loggia* 24-25, pp. 58-63. <https://doi.org/10.4995/loggia.2012.2998>
- (20) Pompeu Santos, S. (coord). (2010). Guide for the structural rehabilitation of heritage buildings. CIB W023 Commission. Recuperado de <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB18446.pdf>
- (21) International Council on Monuments and Sites, ICOMOS. (2003) International Scientific Committee on the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage, ISCARSAH. Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico. Recuperado de <https://iscarsah.files.wordpress.com/2014/11/iscarsah-principles-espagnol.pdf>
- (22) Croci, G. (1998). *The conservation and structural restoration of Architectural Heritage*. Advances in Architecture Series. Southampton- Boston: Computational Mechanics Publications.
- (23) RD 314/2006, de 17 de marzo (2006). Por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, núm. 74, de 28 de marzo de 2006, pp. 11816 a 11831. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-5515-consolidado.pdf>
- (24) Holzer, S.M. (2013). Numerical arch and vault analysis. *Journal of Heritage Conservation* 34, 7-17. Recuperado de http://suw.biblos.pk.edu.pl/resources/i3/i9/i1/i6/i5/r39165/HolzerS_NumericalArch.pdf
- (25) AutoFEM Analysis. Estructural Finite Element Analysis for AutoCAD. Recuperado de <https://autofem.com/es/>
- (26) Estévez, J., Martín, E., Suárez, F. (2016). Informe sobre la problemática estructural de la Escalera Abacial del Monasterio de San Martín Pinario. Grupo de Estructuras Arquitectónicas. Universidade da Coruña.
- (27) Ortega Andrade, F. (1993). *Historia de la Construcción. Libro 2^o. Romana y Peleocristiana* (pp. 125-6). ETSA Las Palmas de Gran Canaria.
- (28) Heyman, J. (1983). Chronic defects in masonry vaults: Sabouret's Cracks. *Monuments* 26. Versión española '19. Defectos crónicos de las bóvedas de fábrica: las grietas de Sabouret' en J. Heyman (1995) *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica* (pp. 265-272). Madrid: CEHOPU-Instituto Juan de Herrera-CEDEX.
- (29) Fortea Luna, M., López Bernal, V. (2000) Patología de bóvedas de doble curvatura. En A. Graciani, S. Huerta, E. Rabasa y M. Tabales (Eds.) *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, U. Sevilla, Junta Andalucía, COAAT Granada, CEHOPU. Recuperado de http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC3_036.pdf
- (30) Roselli, F., Alforno, M., Venuti, F., Bertetto, A.M. (2022). Static behaviour of in scale masonry vaults under imposed settlement of the supports. En Lancellotta, Viggiani, Flora, de Silva & Mele (Eds), *Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites III* (pp. 521-529) <https://doi.org/10.1201/9781003308867-37>
- (31) D'Altri, A.M., De Miranda, S., Castellazzi, G., Sarhosis, V., Hudson, J., Theodossopoulos, D. (2019). Historic barrel vaults undergoing differential settlements. *International Journal of Architectural Heritage*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1596332>
- (32) Navarreño, A., Criado, E. (dtors) (2012). Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la red de carreteras del estado. Madrid: Ministerio de Fomento. Recuperado de https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0870250.pdf
- (33) Moragues, J., Torres, B., Calderón, P., Adam, J., Pellicer, T. (2018). Estudio experimental sobre una bóveda tabicada de crucería a escala real sometida a asiento vertical en uno de sus apoyos. En *REHABEND 2018. Construction Pathology*,

Rehabilitation Technology and Heritage Management (7th REHABEND Congress). Cáceres: GTED-UC Universidad de Cantabria – Universidad de Extremadura.

- (34) Tecnocontrolli SRL (G. Carluccio, S. de Vito, G. Croci, consultor estructural). (1997). *Proyecto de Refuerzo de la Escalera Principal [del Colegio del Cardenal en Monforte de Lemos]*. Roma. Consellería de Cultura. Xunta de Galicia.
- (35) Almerich-Chulia, A., Moreno-Puchalt, J., Alonso-Dura, A., Llopis-Pulido, V. (2019). New and old materials in the architectural heritage. Case study: Behaviour of glass fiber reinforced lime based concrete. *International Journal of Structural and Civil Engineering Research*, 8(3), 196-203. Recuperado de <https://doi.org/10.18178/ijscer.8.3.196-203>
- (36) Fundación Catedral Santa María (Ed.). (2012). *La inyección de cales en la consolidación de fábricas. Investigación aplicada. Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz*. Vitoria-Gasteiz. Recuperado de <https://www.catedralvitoria.eus/data/galerias/17-LaInyeccionDeCales.pdf>