



Exterior de la cúpula / Exterior of the dome

Investigar para restaurar. La iglesia de las Escuelas Pías, Valencia (España)

Researching for conservation. The Escuelas Pías Church, Valencia (Spain)

Alba Soler-Estrela¹, Luis Cortés Meseguer², Rafael Soler-Verdú³

1. Universitat Jaume I; 2. Universidad Politécnica de Valencia; 3. Dr. Arquitecto

Palabras clave: Patrimonio arquitectónico, metodología de restauración, cúpula, neoclásico, plan director

Keywords: Architectural heritage, restoration methodology, dome, neoclassical, master plan

La iglesia de las Escuelas Pías destaca por las excepcionales dimensiones de su cúpula, de 24,5 m de diámetro interior. En el momento actual se enfrenta a problemas de conservación, que obligan a determinar las causas de la patología y propongan medidas correctoras. Analizados los documentos y el estudio histórico-arquitectónico, se ha procedido a una exhaustiva toma de datos que ha permitido no solo la definición geométrica, sino también constructiva de su estado actual. A partir de la evaluación inicial se proponen estudios específicos centrados en el comportamiento estructural y en la caracterización de materiales y técnicas constructivas. Como resultado se ha elaborado una propuesta de fases de intervención para su conservación y restauración integral, así como un plan de investigación para avanzar en el conocimiento técnico de su arquitectura.

The Escuelas Pías Church of Valencia stands out for the exceptional features and dimensions of its dome with an internal diameter of 24.5m. Today, it faces conservation problems, which make it necessary to determine the causes of the pathology and proposes corrective measures. Following analysis of documents and a historical-architectural study, an exhaustive data collection was completed, allowing the geometric and condition of the existing constructed fabric to be recorded. Based on the initial evaluation, specific studies are proposed, in this case the focus is on structural behaviour, the definition of the techniques and the materials of the classicist architecture of the Escuelas Pías Church. As a result a proposal is made for the intervention phases necessary for the adequate conservation and integral restoration, together with a research plan to advance the knowledge of its architecture.

*Texto original: castellano. Traducción al inglés: Mark Duffy.

*Original text: Spanish. English translation: Mark Duffy.

1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura clasicista de la iglesia escolapia, levantada en el último tercio del siglo XVIII, guarda notables paralelismos compositivos con el Panteón de Agripa y con el templo de Minerva Médica, por su planta centralizada articulada en diez exedras que soportan un gran espacio abovedado. Protagonista en el ámbito del clasicismo valenciano (Bérchez 1983), supone la plasmación arquitectónica de los ideales académicos, culminando el camino iniciado por el círculo ilustrado de Tomás Vicente Tosca (1651-1723).

La iglesia se conforma como una colosal rotonda de planta central, acotada entre un círculo interior de 24,5 m y otro exterior de 31 m de diámetro, en el que se inscribe un icoságono ligeramente irregular, que a su vez define las trazas exteriores de las fábricas hasta el arranque de la cúpula (fig. 1).

Su alzado interior se desarrolla en tres cuerpos (fig. 2). El primero consta de diez espacios radiales. La superficie mural que constituye el frente de las capillas se articula según el motivo serliano, con arcos de medio punto sobre entablamento de orden dórico, al que se superpone un orden mayor, corintio, con pilastras pareadas. El segundo cuerpo, de menor altura que el primero, genera tribunas entre los machones. Mantiene el ritmo vertical de las pilastras del primer cuerpo, pero cambia radicalmente la composición de sus intercolumnios, generando un falseado de la estructura real al sugerir una pantalla adintelada. El tercer cuerpo, sobre el que se voltea la cúpula, sigue guardando una proporción y distribución similares a las del Panteón, con diez ventanas rectangulares que gravitan sobre las tribunas del piso inferior.

1. INTRODUCTION

The classicist architecture of the Piarist church, built in the last third of the 18th century, has notable compositional parallels with the Pantheon of Agrippa and the Minerva Medica, due to its centralized plan articulated in ten exedras, which supports a large, vaulted space. Within the study of Valencian classicism (Bérchez 1983), the great protagonism of the temple stands out, which supposes the architectural expression of academic ideals, culminating with the path initiated by the enlightened circle of Tomás Vicente Tosca.

The Church is a colossal rotunda with a centralized geometric plan, bounded between an inner circle of 24.5 m and an external one of 31 m in which a slightly irregular icosagon is inscribed, which defines the exterior traces of the masonry, until the start of the dome (fig. 1).

Inner elevation is developed as three bodies (fig. 2). The first consists of ten radial spaces. The wall surface that forms the front of the chapels is articulated according to the Serlian motif, with semi-circular arches on an entablature of the Doric order, to which a larger, Corinthian order is superimposed, with paired pilasters. The second body, lower than the first, generates stands between the spaces left by the buttresses. It maintains the vertical rhythm of the pilasters of the first body, but radically changes the composition of its intercolumniations, generating a



2

2. Interior de la Iglesia
2. Interior of the Church

IMÁGENES / IMAGES

Salvo indicación contraria, todas las fotos del artículo pertenecen a los autores / Unless otherwise indicated, all images in the article belong to the authors

De la cornisa del último cuerpo, a 21 m de altura, arranca interiormente la cúpula, con una geometría aproximadamente semiesférica, en realidad un elipsoide de revolución. En su intradós se refleja la composición del alzado en diez sectores, marcados por nervios pareados. Exteriormente, los paramentos del icoságono se sobre elevan, rodeando el arranque de la cúpula interior a modo de tambor, que a su vez se retranquea superiormente dando paso a un anillo circular, sobre cuya cornisa arranca el revestimiento de tejas. Estas son vidriadas en azul, salvo las de las dobles limatesas en blanco, que dividen la cubierta en diez sectores en correspondencia con el interior. En la parte superior se dispone una linterna.

En la actualidad la iglesia presenta edificaciones anexas, muchas de ellas vinculadas al propio colegio, sobre las que emergen la parte superior del tambor y la gran cúpula con linterna. Siguiendo la alineación de la calle se erige la fachada principal, desarrollada horizontalmente en dos cuerpos, con diez pilastras. El primer cuerpo, de orden jónico, se remata con frontón triangular central, mientras que el segundo es de orden corintio. En la parte derecha se alza la torre-campanario.

2. ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

El estudio realizado se engloba dentro de las líneas de investigación sobre patrimonio arquitectónico centradas en la conservación. La importancia del conocimiento previo a las intervenciones se puso de manifiesto desde

distortion of the real structure through this lintel screen. The third body, after which the dome is turned over, continues to keep a proportion and distribution like that of the Pantheon, with ten rectangular windows that bear on the tribunes of the lower floor.

Beginning with the cornice of the first /second body, the dome starts to rise inside to a height of 21m, the geometry is hemispherical with an ellipsoidal revolution. In the intrados the composition is reflected in ten sectors, marked by paired ribs. On the outside, the faces of the icosagon rise, surrounding the start of the inner dome like a drum, which gives way to a circular ring, the tile covering begins above the cornice. The tiles have a blue glazed finish and is divided into ten sectors by bands of white hips. The lantern is developed above.

Today the church has a number of annexed buildings, many of them are part of the school itself, on which the upper part of the drum and the large dome with its lantern emerge. The main façade of the Escuelas Pías Church of Valencia is aligned with the street Carniceros and is developed horizontally with two bodies and ten pilasters. The first body is of the Ionic order and is completed with a central triangular pediment. The second body is of the Corinthian order. The bell tower rises to the right of the second body / Corinthian order.

las primeras cartas internacionales (Di Biase 2015). Esta idea ha ido evolucionando hasta llegar a un depurado nivel de especialización (Carta del Rilievo Architettonico 2000) (ICOMOS 2003). En casos relevantes del patrimonio arquitectónico queda establecida la necesidad de redactar estudios previos y planes directores que permitan definir de manera adecuada y coordinada el proceso de restauración de los bienes (Bosch et al. 2020).

El convento-colegio Escuelas Pías fue declarado Bien de Interés Cultural (BIC) en 1982. El proceso de investigación arquitectónica se inicia en 1993, con la redacción del Plan Director¹, realizado de acuerdo con una exhaustiva metodología de estudios previos para la restauración (Soler Verdú 2012). Este plan recopila los estudios documentales existentes e incorpora una toma de datos, un levantamiento planimétrico y un análisis arquitectónico. Profundiza en el conocimiento constructivo, y describe el estado actual con especial detalle en las manifestaciones patológicas. Se dedica un apartado específico al estudio constructivo-estructural de la cúpula. A raíz de este documento se llevaron a cabo las determinaciones del proyecto de adecuación de la fachada y la cripta, así como algunas pequeñas actuaciones de emergencia en la torre-campanario y en la linterna de la cúpula.

El comienzo de las obras de restauración de la iglesia está previsto para 2022. Asimismo, se ha abierto un proceso de elaboración de estudios y proyectos que revisarán y profundizarán los estudios anteriores^{2,3}.

2. BACKGROUND AND METHODOLOGY

The completed study falls within the specialist area of architectural heritage research, especially those focused on conservation. The importance of knowledge prior to making interventions to historic buildings is stated in the first international letters by Di Biase (Di Biase 2015). This process has evolved to become a focused specialization in conservation (Carta del Rilievo Architettonico 2000) (ICOMOS 2003). In relevant cases of architectural heritage, it is important to reference prior studies and Master Plans, which allow the restoration process to be clearly defined (Bosch et al. 2020).

Our case study the Escuelas Pías Church of Valencia, has been an Asset of Cultural Interest (BIC) since 1982. The architectural research process began in 1993, with the drafting of the Master Plan¹. This work was completed in accordance with an extensive methodology from previous restoration case studies (Soler Verdú 2012). This document compiles the existing documentary studies, incorporates a data collection file/ report, a planimetric survey and architectural analysis. The constructional study describes the current condition of the existing fabric in detail whilst describing the pathological manifestations. Within the masterplan there is a specific section dedicated to the monographic study of the structural and innovative construction methods used to create the dome. Because of this document, the project to

3. ESTUDIOS REALIZADOS

3.1. Recopilación de fuentes documentales

No se han encontrado capitulaciones, contratos, ni libros de fábrica referentes al proceso constructivo. La única fuente documental monográfica es debida a un cronista del siglo XIX (Zacarés 1849), que detalla los orígenes del colegio y la iglesia, y de la que puede extraerse una buena aproximación a las fases de construcción. De manera resumida, se conoce que las obras se iniciaron en marzo de 1767, bajo los auspicios del arzobispo Mayoral. Los planos iniciales serían trazados por José Puchol, y posteriormente rectificadas por Antonio Gilabert. A finales de 1768 se habrían ejecutado la cimentación y los machones del primer cuerpo. Por entonces, en la ciudad de Valencia se generó cierta alarma respecto a la seguridad de la cúpula a construir, debido a sus excepcionales dimensiones y la novedad que representaba. Así es como la Real Academia de San Carlos decide actuar: en enero de 1770 se solicita *que los Directores de Arquitectura Vicente Gascó, Antonio Gilabert y Juan Bautista Mínguez redacten un dictamen sobre la cuestión*. Lamentablemente no se ha logrado encontrar este documento de inapreciable valor técnico. Según cuenta Zacarés, las obras se reanudaron en noviembre de 1770 y finalizaron en tan solo tres meses, en enero de 1771. La inauguración consta en abril de 1773, momento en que estarían finalizados los acabados decorativos del interior.

refurbish the facade and the crypt was completed, and some small essential emergency actions to the bell tower and the lantern of the dome.

The restoration of the church will begin in 2022. Numerous studies and projects are open for review and there is the potential to expand the depth of knowledge gained from the previous studies^{2,3}.

3. CONDUCTED STUDIES

3.1. Collection of desk studies

To date no capitulations, contracts, or masonry books regarding the construction was found at the site of the Escuelas Pías Church. The only monographic documentary source is due to a 19th century chronicler (Zacarés 1849), who details the origins of the school and the church and from which a good approximation for the dates of the construction phases of the church. In summary, it is known that the works began in March 1767, under the auspices of Archbishop Mayoral. The initial plan was designed by José Puchol, and the later works by Antonio Gilabert. In late 1768 the foundation and the piers of the first body was completed. In the city of Valencia, there were concerns regarding the structural security of the dome, due to its exceptional dimensions and the novelty it represented. The Royal Academy of San Carlos decided to act in early 1770. The Royal Academy invited that the Architecture Directors Vicente Gascó, Antonio Gilabert and Juan Bautista Mínguez to draft an opinion on the structural stability of the dome. Unfortunately, this potentially invaluable technical document has not

Por otra parte, se conservan fuentes documentales gráficas, las láminas de la Real Academia de San Carlos, de dos diseños de cúpula referentes a las Escuelas Pías. Son planos que difieren de la rotonda realmente construida, pero que suponen una inestimable aproximación a las intenciones iniciales del proyecto.

3.2. Toma de datos y levantamiento de planos

El proceso de levantamiento de planos dio comienzo con el Plan Director mediante una toma de datos que combinó los croquis y toma de medidas con un completo apoyo topográfico. El resultado comprendió una serie de planos que reflejan la definición geométrica de la iglesia, y muestran la complejidad de su arquitectura clasicista, así como las principales manifestaciones patológicas de la cúpula. Posteriormente los trabajos de recogida de datos han continuado para profundizar en la definición de los detalles constructivos y del estado de conservación. Para ello se han utilizado escáner láser y fotogrametría (Rodríguez & Gil 2020), así como fotografías con vuelo dron con las que mejorar la definición de las zonas de difícil acceso y detectar posibles desviaciones respecto a una geometría ideal.

Deben ponerse en valor las ventajas de las nuevas técnicas de toma de datos y el material gráfico que generan, pero sin perder de vista la importancia del dibujo de líneas, que supone un análisis y selección intencional de la

been discovered. According to this document, the works restarted in late 1770 and finished in just three months, January 1771. The inauguration of the church took place in April 1773, at this time the important decorative finishes to the interior of the church were completed.

There are graphic documentary sources, in the form of plates at the Royal Academy of BBAA. There are two dome designs referring to the Pious Schools. The architectural designs differ from the final rotunda form of the Escuelas Pías Church, however, the plates do provide an approximation and insight into the architect's initial design intentions.

3.2. Data collection and drawing of plans

The process of drawing plans begins with the Master Plan, through a data collection that combined the sketches and taking / recording of measurements together with a complete topographic survey. The result is a series of plans that allow the viewer to understand and engage with, the geometric definition of the Church, the complexity of its classicist architecture, and the main pathological manifestations and damage to the dome. The data collection creates an improved understanding of the construction details and the condition of the existing built fabric. Laser scanning and photogrammetry are used to record the building (Rodríguez, Gil 2020). Aerial drone photographs provide an understanding and recording of areas that are difficult to access, due to the complexity of the building's geometry.

información (Almagro 2019). Dadas las características geométricas de la iglesia que nos ocupa, su representación gráfica no deja de ser compleja (figs. 3, 4).

3.3. Definición constructiva, materiales y acabados

La gran cúpula se eleva sobre un cuerpo cilíndrico formado por diez grandes machones de más de 3 m de espesor, que se adaptan a la geometría de las distintas plantas. La fábrica de ladrillo es la técnica predominante en los muros, compuestos por dos hojas y un relleno interno de hormigón de cal, tipo *opus caementicium*. El exterior se perfila con ladrillos aplanillados que moldean las cornisas y demás motivos de gusto clasicista. Se aprecian en algunas zonas restos de pintura, en su mayoría desaparecida.

Desde el punto de vista constructivo, la cúpula responde a un tipo extendido por un amplio ámbito del mediterráneo español (Soler 2006). Se materializa con tan solo una hoja de ladrillo de pie y medio (fig. 5), sobre una transición escalonada en la que se observan arcos que conducen las cargas hacia los machones. Fuentes documentales atestiguan la utilización de anillos y barras metálicas, pero cuya situación y características concretas solo podrán definirse en el momento de la intervención.

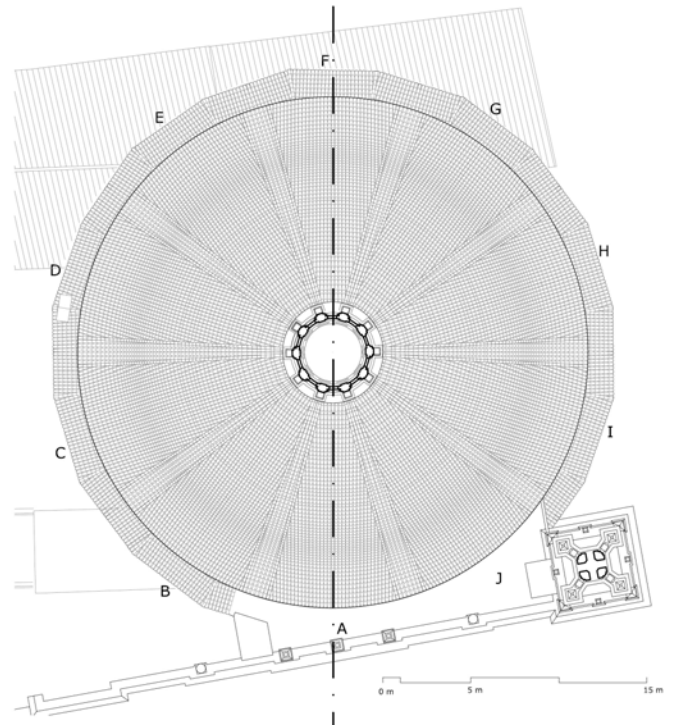
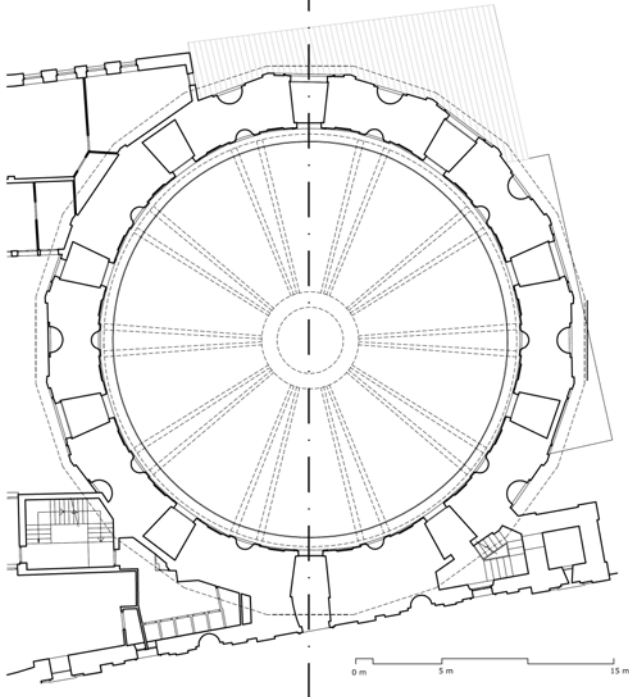
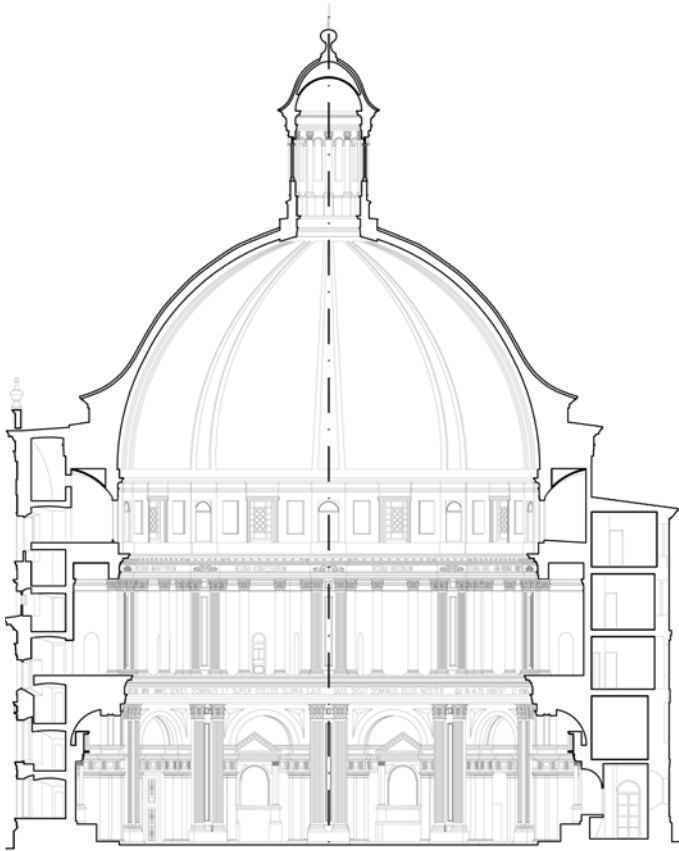
The advantages provided by new methods of collecting data and the material they generate has immense value to any conservation project, however the importance of creating drawings should not be underestimated as the process involves, analysis and the selection of specific detailed information (Almagro 2019). Given the geometry and characteristics of the church, the representation of the building is complex (figs. 3, 4).

3.3. Constructive definition, materials, and finishes

The large dome rises on a cylindrical body, configured by ten large buttresses over 3m thick, which adapt to the geometry of the different floors. Brickwork is the predominant construction material and technique, forming two external layers / skins with an infill of lime concrete. The type of lime concrete *opus caementicium*. The exterior is created with flattened bricks that give shape to the cornices and classicist motifs. Traces of paint can be seen in some areas of the interior, however most of the paintwork is missing. The dome is the most remarkable element of the church. This type of dome design appears over a large area of the Spanish Mediterranean (Soler 2006). The external envelope has a thickness of one foot and a half brick (45 cm.) (fig. 5) and is corbelled to create concentric arches that transfer the structural loads towards the buttresses. Documentary sources indicate the use of metal rings and bars, there will be an opportunity to investigate and record these features and their characteristics whilst on site.

3. Planos de sección vertical y planta del tercer nivel
3. Plans of vertical section and plan of the third level

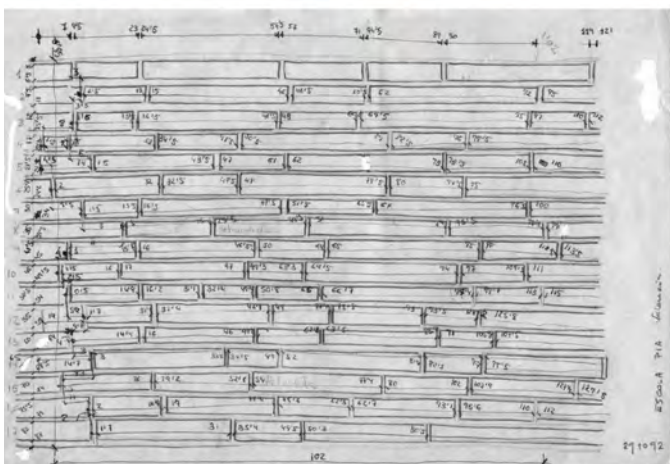
4. Planos de fachada y cubierta
4. Facade and roof plans



3

4

5



El exterior de la cúpula se resuelve con diez faldones de teja árabe vidriada en azul, tomada con un mortero pobre de arena y cal sobre el extradós de la cúpula. En las zonas de mayor pendiente, las tejas llevan una perforación para anclarse mediante un clavo oculto en la zona de solape.

Si la cúpula representa el elemento más destacable técnicamente, el gran valor artístico de esta iglesia se manifiesta en el interior (fig. 6), donde se incorporan columnas y revestimientos de mármol, y una rica variedad de acabados a base de estucos, pinturas y dorados de alta calidad. Además, el conocimiento de la materialidad en su estado actual ostenta un gran valor documental por ser testimonio del repertorio de oficios y técnicas del siglo XVIII, algunos en proceso de desaparición.

3.4. Estado de conservación y patología

La principal manifestación patológica puede apreciarse en el intradós de la cúpula, visiblemente agrietada. Las grietas siguen la dirección aproximadamente vertical de los meridianos, y tienen mayor intensidad en los dos tercios inferiores de la cúpula, descendiendo interiormente hacia la cornisa y cuerpo inferior. Aparecen especialmente en tres de los diez sectores y se manifiestan también en el exterior, afectando a las fábricas de ladrillo del anillo y tambor (fig. 7). Además, en el intradós de la cúpula, se observan otras grietas de menor importancia y numerosas fisuras, así como desconchados, humedades y pequeños desprendimientos. Al exterior, el revestimiento de teja que recubre la cúpula presenta importantes deficiencias:

The exterior of the dome is finished with ten blue-glazed arabic tile sectors, sealed at the joints with a sand and lime mortar over the exterior of the dome. In the steepest areas of the dome, in the hidden part of the overlap, each tile is anchored with a nail.

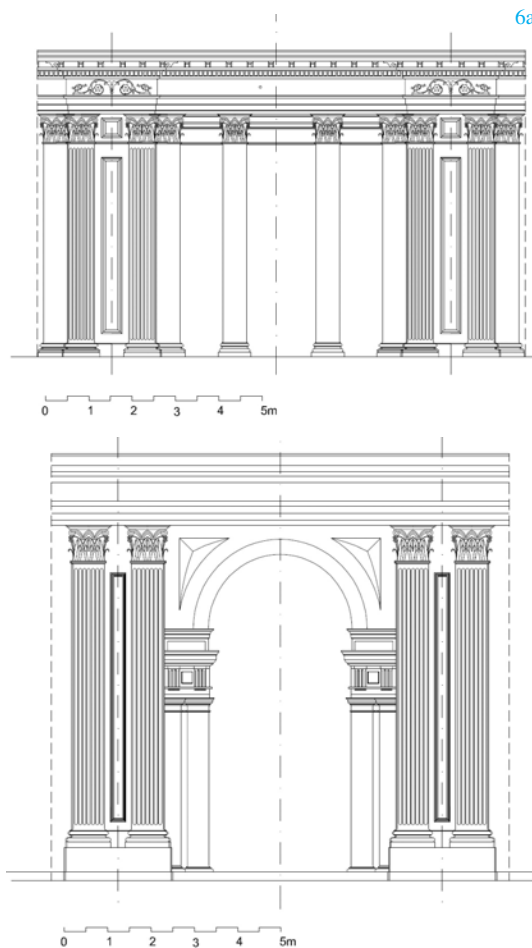
The most significant classicist architectural elements are, within the interior of the Escuelas Pías Church (fig. 6). Columns and marble cladding create a detailed interior; However, the rich palette of material finishes to the interior is supported by the interior use of quality stucco, paint, and gilding. The material understanding and condition of the existing historic building has an important documentary value for conservation projects of this type. The project at Escuelas Pías Church has the potential to be an important case study for other buildings of this type. The innovative use of materials in the Escuelas Pías Church, provides testimony to the repertoire of trades and techniques in use in the 18th century. Sadly, these trades and techniques are in danger of being lost to the construction industry forever.

3.4. Conservation status and pathology

The main pathological manifestation of damage and decay is evident in the intrados of the dome, they are showing signs of cracking. The cracks follow the vertical direction of the meridians and appear to be more intense in the lower two thirds of the dome, descending internally towards the cornice and lower

5. Análisis *in situ* de la cúpula, 1998

5. *In situ* analysis of the dome, 1998



6a

tejas rotas, sueltas o desaparecidas, pérdida del revestimiento en las tejas vidriadas, ausencia o mal estado de los canalones. Esto supone un serio peligro de desprendimiento y caída de tejas, y está provocando infiltraciones y vertido libre de aguas a las zonas colindantes. Para comprender mejor el estado de conservación de esta cúpula es conveniente conocer los puntos críticos y patología de otros casos similares (Soler 2015, 2016). La linterna tiene en la actualidad los vanos cegados, impidiendo la función que le es propia de iluminar el interior. Está ligeramente inclinada, aunque de ello no se han derivado patología hasta el momento (fig. 9).

En cuanto al interior del templo, las grietas de la cúpula, como ya se ha explicado, descienden por los muros, causando pequeños desprendimientos en los revestimientos. Se observan también humedades en algunas zonas. Elementos concretos, como las barandillas, presentan problemas de fijación. El conjunto de acabados y ornamentación están afectados por la falta de mantenimiento y, en algunos puntos, por intervenciones impropias. También necesitan ser revisados los pavimentos y el acceso a la cripta.

3.5. Evaluación del comportamiento estructural de la cúpula

Las singulares características de la cúpula y la presencia de acusadas grietas aconsejan la evaluación del comportamiento estructural, a llevar a cabo con la metodología siguiente^{4, 5}:

body. They appear most obviously in three of the ten sectors and are also visible outside. The structural damage to the church has resulted in cracking to the ring and drum brick factories (fig. 7). The intrados of the dome, display minor cracks and many fissures, as well as chipping, instances of water ingress, dampness, and small delamination's.

On the exterior of the dome, the tiling that covers the dome has considerable damage, including broken, loose, missing tiles and the breakdown of the glazed coating to the tiles. This creates the potentially dangerous situation of falling roof tiles. Gutters are missing or in poor condition. The roof also has issues in terms of water ingress, and the free discharge of water to the surrounding building plots and public areas. The openings in the lantern are currently infilled, thereby preventing their important function of providing natural light to the interior of the church. The lantern is slightly leaning from the vertical axis, without showing any associated pathology (fig. 9). To understand the current condition of the dome of the Escuelas Pías Church, it is important to consider case studies of similar buildings with equivalent critical technical situations and pathology (Soler 2015, Soler 2016). On examination of the interior of the temple, the cracks previously referred to on the exterior of the dome also appear on the interior of the church. The cracking is causing small delamination's to the internal wall finishes. There is evidence of dampness in parts of the building which will require further investigation. Damage

6. Detalle de los órdenes clásicos del primer y segundo cuerpo

6. Detail of the classical orders of the first and second body

- Análisis de la estabilidad global de la cúpula. Se aplica el procedimiento clásico de la estática gráfica, con la finalidad de comprobar si el polígono de fuerzas discurre por el tercio central del espesor de la calota, introduciendo para ello fuerzas virtuales siempre que produzcan tracciones de valor admisible. Teniendo en cuenta las grietas meridianas en la cúpula, el método se aplica a una serie de arcos ficticios, hipótesis más desfavorable. En este caso, la resultante de las fuerzas gravitatorias pasa por el tercio central y, por tanto, la cúpula se considera estable (fig. 8).

- Comprobación de las tensiones de membrana y de flexión de lámina mediante la modelización de la cúpula por elementos finitos bajo dos hipótesis de cargas: una, combinando acciones gravitatorias y de viento, y otra, introduciendo acciones de tipo térmico (fig. 8). Asimismo, se ha realizado la comprobación por elementos finitos de las tensiones de membrana que se producen en la cúpula fisurada a través de la modelización del cuadro fisurativo, mediante la discontinuidad de la malla de los elementos finitos en los puntos en los que están situadas las fisuras.

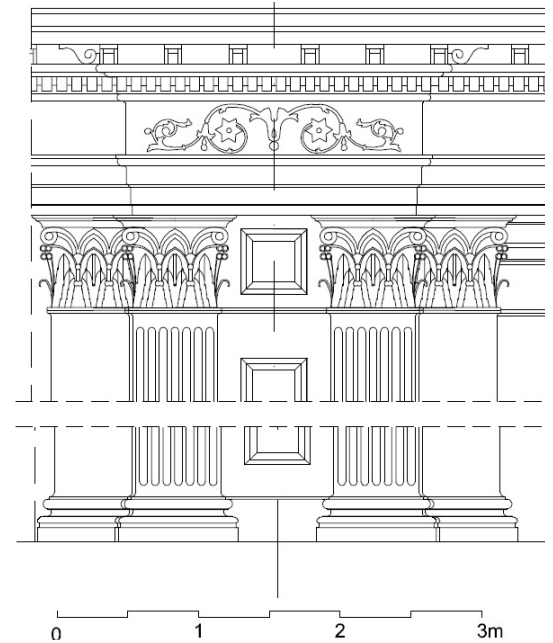
- Obtención de resultados y conclusiones. En lo referente a estabilidad y deformaciones, el comportamiento de la cúpula no presenta problemas para las hipótesis de cargas estudiadas. En lo que se refiere a los estados tensionales, se observa que las hipótesis de acciones gravitatorias, incluida la acción del viento, dan lugar a valores máximos de tensiones, tanto de

is also visible to decorative internal elements such as railings within the church, fastenings and fixings have come undone and require replacement. The quality of the internal finishes and classicist ornamentation requires repair due to the lack of maintenance over a prolonged period. There are areas in the building that have received improper interventions that are not sensitive to the original design. The exterior pavements and access to the crypt require a general overhaul and refurbishment.

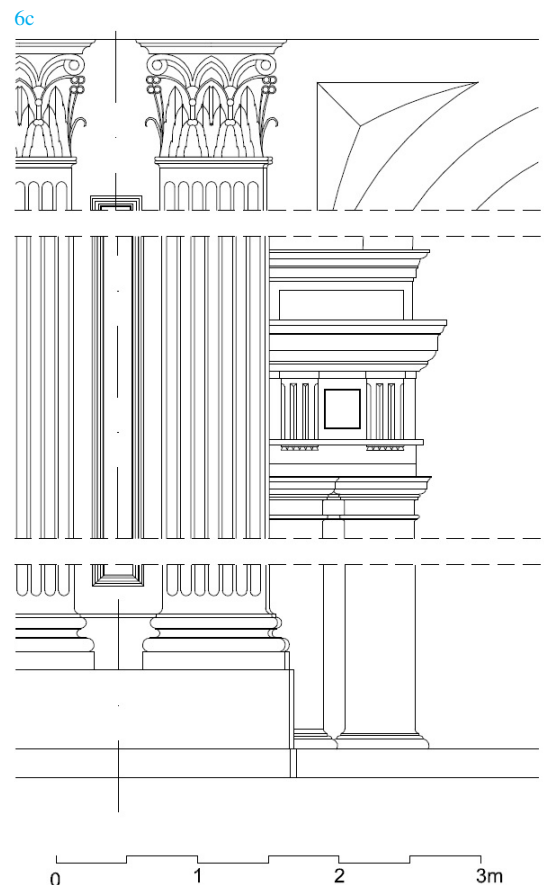
3.5. Evaluation of the structural behavior of the dome

Due to the unique characteristics of the dome of Escuelas Pías Church, and the appearance of potentially structural cracking, a complete structural analysis was completed to evaluate the domes current structural condition. The analysis has been conducted using the following methodology^{4,5}:

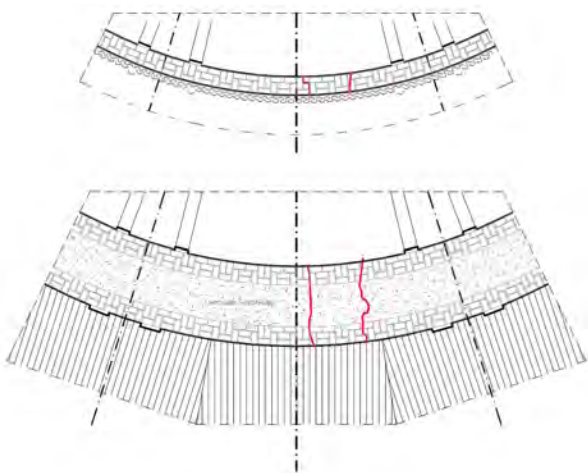
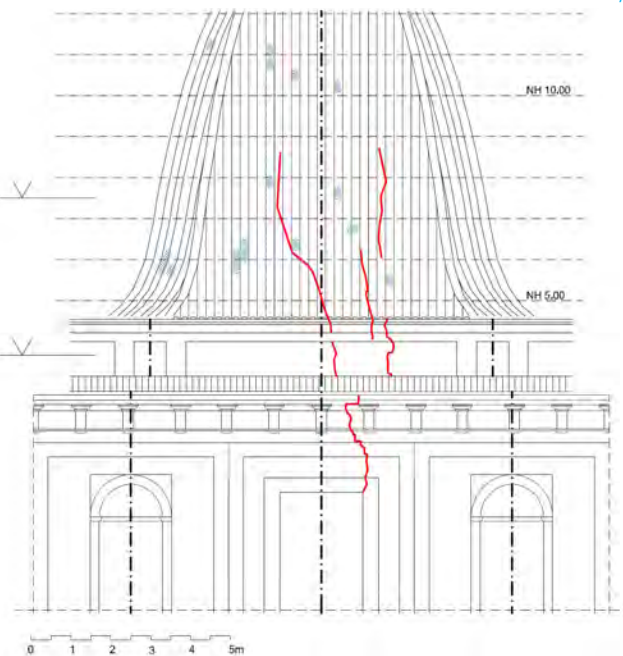
- Analysis of the global stability of the dome. The classic procedure of graphical statics is applied to the building, to check if the force polygon runs through the central third of the thickness of the shell, introducing virtual forces whenever they produce tractions of admissible value. Considering the meridian cracks in the dome, the method is applied to a series of fictitious arcs, the most unfavorable hypothesis, in this case the resultant of the gravitational forces passes through the central third and therefore the dome is considered stable (fig. 8).



6b



6c



7 tracción como de compresión, que no resultan demasiado importantes. Por el contrario, las hipótesis correspondientes a las acciones térmicas proporcionan valores importantes de las tensiones máximas, tanto de tracción como de compresión. Por otra parte, las sollicitaciones de tracción y compresión se alternan en función de que el incremento térmico sea positivo o negativo, lo que produce un fenómeno adicional de fatiga sobre el material resistente. En consecuencia, el agrietamiento de la cúpula responde fundamentalmente a los efectos de las variaciones térmicas, y además se ve afectado por las acciones reológicas debido a las grandes dimensiones de la cúpula. La colocación de una instrumentación automática en el intradós de las grietas de uno de los sectores permitió conocer sus variaciones durante un periodo anual. Las lesiones son dinámicas, las grietas sufren un proceso de abertura y cierre debido al gradiente térmico.

4. ACTUACIONES PROPUESTAS

Las investigaciones efectuadas permiten establecer los criterios a adoptar en la restauración, que tendrán un carácter prioritario de conservación y mantenimiento, y de respeto a las soluciones originales.

La complejidad y el alcance de las intervenciones obliga a plantear una secuencia temporal a modo de fases de ejecución (fig. 10). La primera fase, de carácter urgente, debe solucionar los problemas causados por

- Checking of the membrane stresses and sheet bending by modeling the dome by finite elements. One hypothesis, considering both gravitational and wind actions, and another introducing thermal actions, obtaining the appropriate conclusions (fig. 8). In addition, the finite element verification of the membrane stresses that occur in the cracked dome is conducted, through the modeling of the cracking box by means of the discontinuity of the finite element mesh at the points where the cracks are located.

- Obtaining results and conclusions. Regarding stability and deformations, the behavior of the dome does not present problems for the load hypotheses studied. Regarding the stress state, it is observed that the hypotheses of gravitational actions, including the action of the wind, give rise to maximum values of tensions, both traction and compression, which are not so important. The hypotheses corresponding to the thermal actions provide essential important values relating to the maximum stresses, both in traction and compression. On the other hand, the tensile and compression stresses alternate depending on whether the thermal increase is positive or negative, which produces an additional phenomenon of fatigue on the resistant material. Consequently, the cracking of the dome responds fundamentally to the effects of thermal variations, where rheological actions

la entrada de aguas. A partir de ahí, se prevén tres fases sucesivas para acometer la restauración integral de la iglesia:

FASE 1. Ámbito exterior

- Revestimiento de tejas de la cúpula
- Remates, cornisas y coronación del tambor
- Calota estructural
- Linterna

FASE 2. Ámbito interior

2.1 Cúpula y linterna:

- Intradós de la cúpula: grietas, fisuras, humedades, desconchados
- Interior de la linterna
- Revestimiento y decoración del intradós

2.2 Cuerpos interiores:

- Grietas y fisuras
- Estucos y dorados de los paramentos
- Capillas
- Esculturas y bienes muebles
- Iluminación

2.3 Pavimentos y cripta

FASE 3. Fachada y torre-campanario

- Fachada a calle Carniceros
- Torre-campanario

due to the large dimensions of the dome also influence. The placement of an automatic instrumentation in the intrados of the cracks of one of the sectors allowed to know their variations during an annual period. The lesions are dynamic, the cracks undergo an opening and closing process due to the thermal gradient.

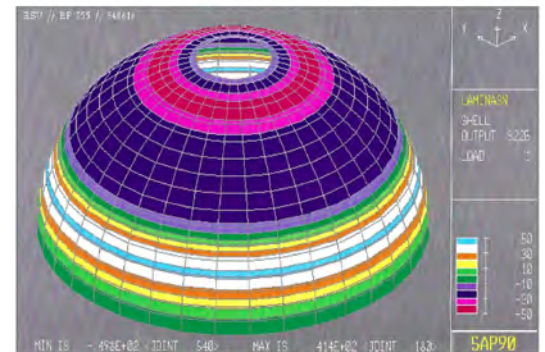
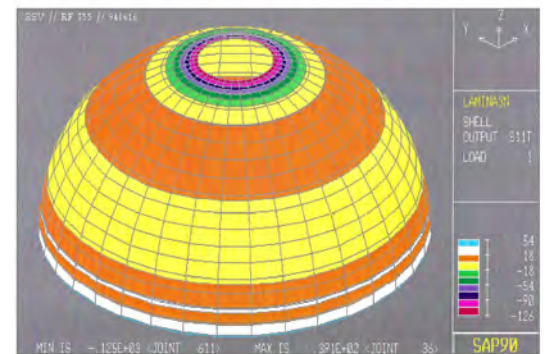
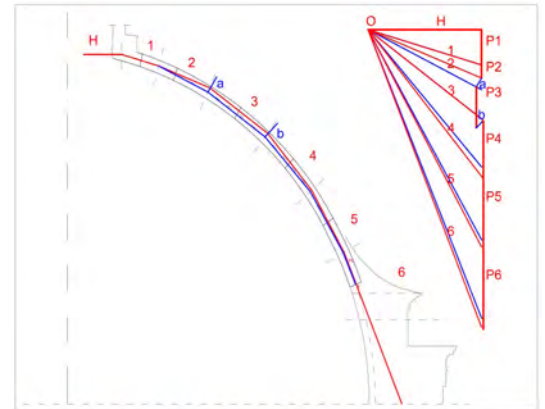
4. PROPOSED ACTIONS

The investigations conducted on the project were to establish an action plan for the restoration of the building. The plan will prioritise the principles of conservation, maintenance, and have respect for the original solutions.

Due to the complexity and scope of the interventions, it is proposed to complete the project in three phases. (fig. 10). The first phase, which contains tasks that require urgent attention. This phase must solve the problems caused by water ingress. The successive phases for the integral restoration of the church are as follows:

PHASE 1. External area

- Tile cladding of the dome.
- Finishes, cornices and crowning of the drum
- Structural shell.
- Flashlight.



8

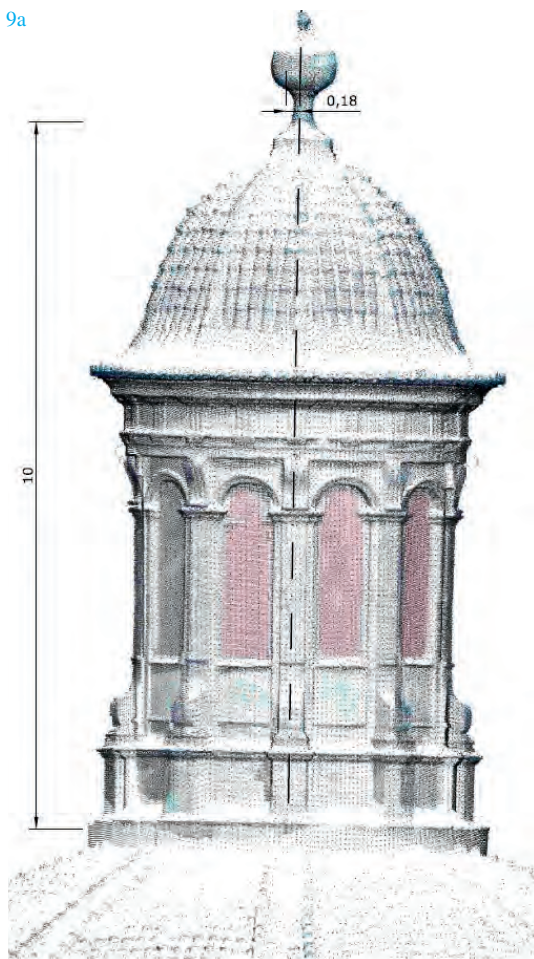
7. Estado agrietado de uno de los sectores. Fase 1, Proyecto de Ejecución, 2021

7. Cracked state of one of the sectors. Phase 1, Execution Project, 2021

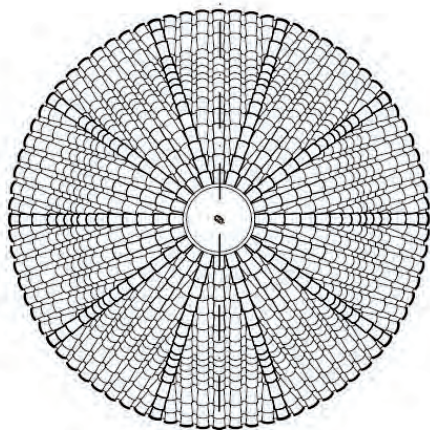
8. Método de comprobación de la estabilidad estructural con la estática gráfica y acciones gravitatorias y térmicas. Comprobación de las tensiones de membrana y de flexión de lámina mediante la modelización de la cúpula por elementos finitos

8. Method of checking structural stability with graphical statics and Gravitational and thermal actions. Checking the membrane and sheet bending stresses by modeling the dome by finite elements

9a



0 m 3 m



5. PLAN DE INVESTIGACIÓN

En paralelo a las fases de restauración se propone un plan de investigación para el avance del conocimiento del templo, centrado en las siguientes áreas:

- Definición constructiva y material: La ejecución de las obras es un momento único para alcanzar los puntos más inaccesibles. Se propone la realización de calas para la definición de técnicas, detalles constructivos, toma de muestras y caracterización de materiales.
- Inspección tecnológica de la cúpula: Con la finalidad de constatar el comportamiento real de la cúpula, especialmente en cuanto a la evolución de las lesiones, se propone instalar una instrumentación automática que permita registrar de forma continuada las variaciones métricas en fisuras y desplazamientos, así como los parámetros ambientales. Por otra parte, se utilizarán técnicas no destructivas de vanguardia para verificar la localización exacta y características de los refuerzos metálicos mencionados en las fuentes documentales (Zacarés 1849).

PHASE 2. Interior area

2.1 Dome and lantern:

- Inside of the dome: cracks, fissures, dampness, chipping.
- Interior of the lantern
- Soffit lining and decoration

2.2 Inner bodies:

- Cracks and fissures
- Stucco and gilding of the walls
- Chapels
- Sculptures and personal property
- Illumination

2.3 Pavement and crypt

PHASE 3. Facade and bell tower

Carniceros street facade

Bell tower

5. RESEARCH PLAN

In parallel to the restoration phases, a research plan is designed to capture the architectural and constructional knowledge of the temple.

- Construction and material definition:

The development of the works at the Escuelas Pías Church provides a unique opportunity to analyze and record the existing historic building. It is proposed to conduct testing, to investigate techniques, historic construction details, sampling, and the characterization of the building's materials.

6. CONCLUSIÓN

Se entiende la conservación y restauración del patrimonio arquitectónico como un proceso de investigación que comienza con los estudios preliminares y permite conocer las necesidades de intervención para la redacción de los proyectos que responderán a una problemática amplia.

La metodología propuesta tiene un notable precedente en la restauración de la cúpula del Vaticano por Giovanni Poleni en el siglo XVIII, como un proceso de anamnesis, diagnóstico y pronóstico (Bianco 2017). El método que aquí se aplica, evolucionado y revisado, viene a ser en esencia el mismo.

El desarrollo de las obras es un momento único para avanzar en el conocimiento completo del monumento, basado no solo en aspectos formales, sino también sobre la comprensión de los aspectos técnicos constructivos, dentro de un proceso que debe estar adecuadamente planificado. 🏗️

- Technological inspection of the dome:

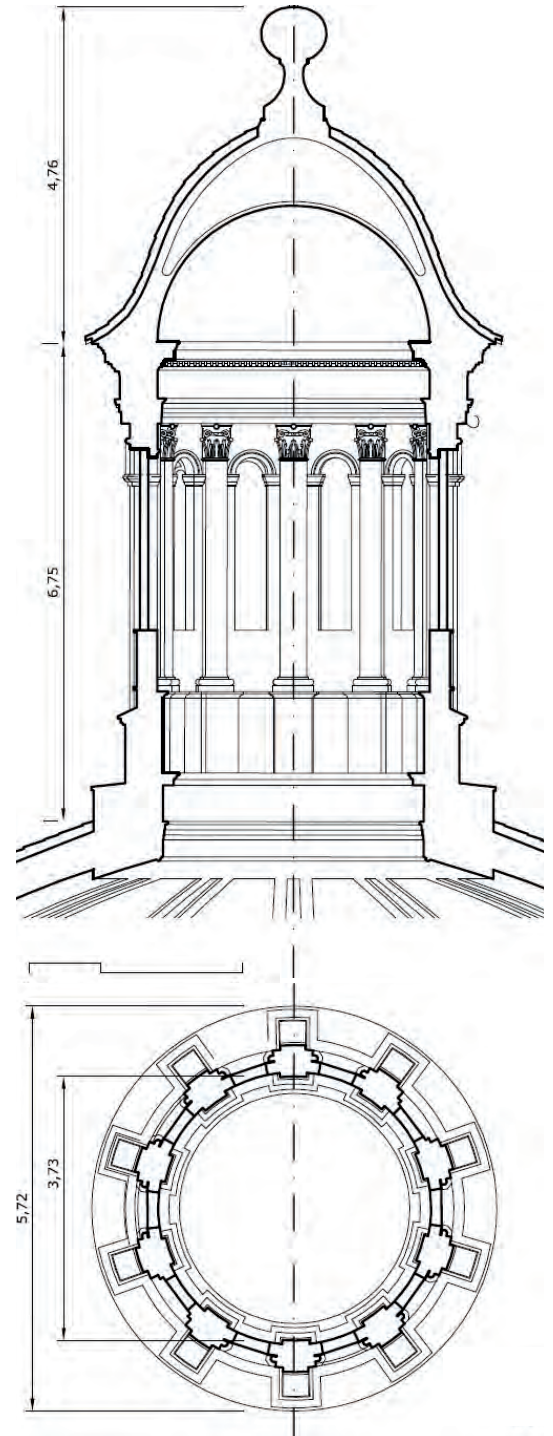
To verify the precise behavior of the dome, especially the evolution of the lesions. It is proposed to install an automatic instrumentation that will collect data and record variations continuously with reference to: cracks, displacements and environmental parameters. Non-destructive avant-garde techniques will also be employed to verify the exact location and characteristics of the metallic reinforcements, previously indicated in the documentary sources (Zacarés 1849).

6. CONCLUSION

The conservation and restoration of architectural heritage is a research process that begins with preliminary studies with the aim to understand the requirements of the proposed intervention to create projects that respond to a broad range of problems and conditions.

The proposed methodology refers to a notable precedent, the restoration of the Vatican dome, by Giovanni Poleni, in the 18th century, as a process of anamnesis, diagnosis and prognosis (Bianco 2017). The method that will be applied, evolved, and checked, for, Escuelas Pías Church is like that applied to the restoration of the Vatican dome.

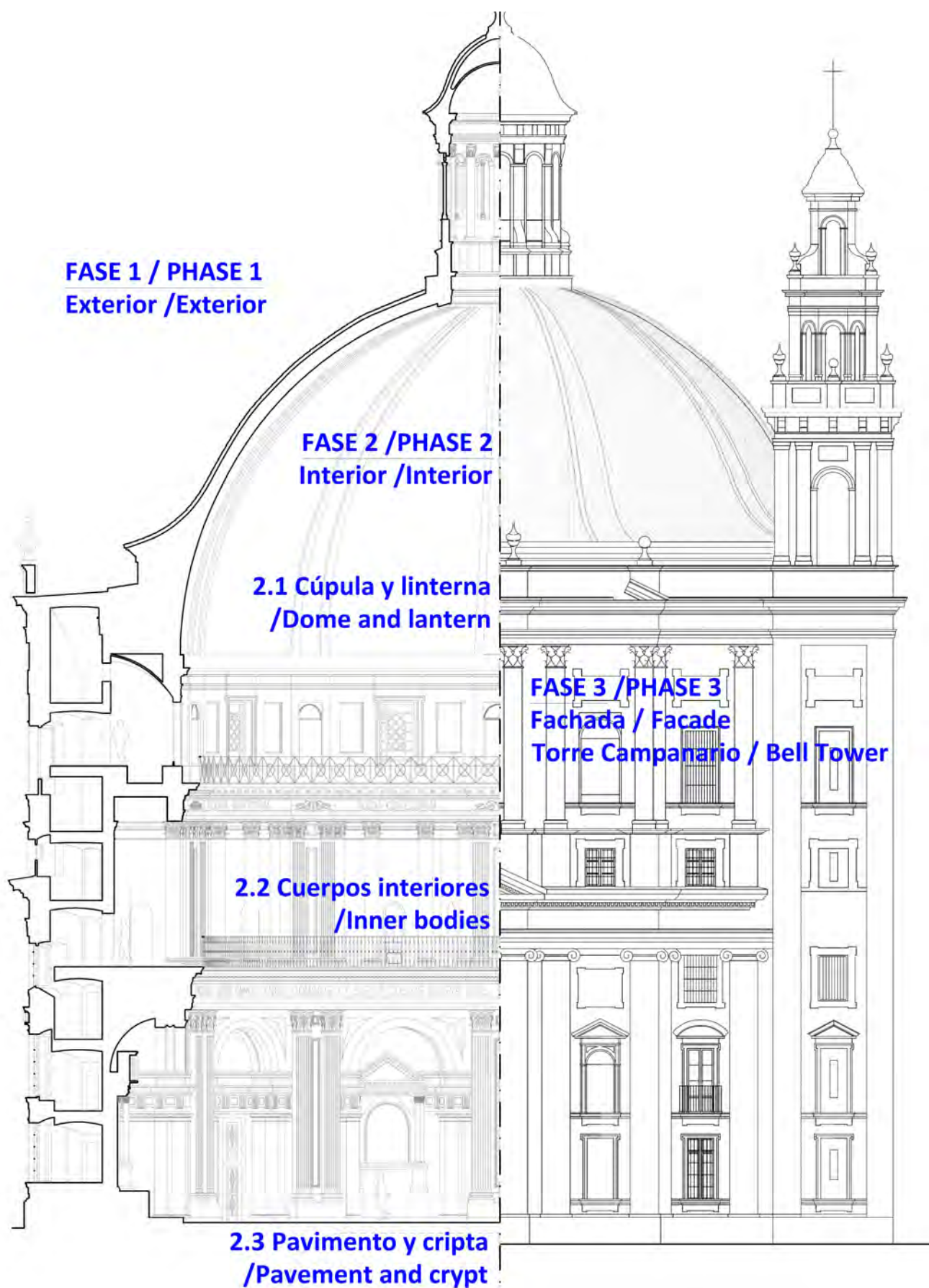
The development of the works is a unique opportunity to advance a more complete understanding of the monument, Escuelas Pías Church. The process is not based only on a formal approach, but through the understanding of the specific construction techniques, within a rigorously planned project. 🏗️



9b

9. Planos de la linterna. Fase 1, Proyecto Básico, 2016

9. Lantern plan. Phase 1, Basic Project, 2016



NOTAS / NOTES

1. PLAN DIRECTOR DE LA IGLESIA DE LAS ESCUELAS PÍAS. Arquitecto director: Rafael Soler Verdú. Colaboradores: J. M. Montesinos, P. Poquet, F. Fargueta, J. Mene, R. García, C. Lorca. 1993
2. PROYECTO BÁSICO DE RESTAURACIÓN DE LA CÚPULA DE LA IGLESIA DE LAS ESCUELAS PÍAS, VALENCIA: ÁMBITO EXTERIOR CUBIERTAS. Arquitecta: Alba Soler Estrela. 2016
3. PROYECTO DE EJECUCIÓN DE RESTAURACIÓN DE LA CÚPULA DE LA IGLESIA DE LAS ESCUELAS PÍAS, VALENCIA: ÁMBITO EXTERIOR CUBIERTAS. Arquitecto: Luis Cortés Meseguer. 2021
4. ESTUDIO ESTRUCTURAL DE LA CÚPULA DE LAS ESCUELAS PÍAS DE VALENCIA. F. Fargueta Cerdá, J. Mene Aparicio, R. Soler Verdú. 1993
5. DIAGNÓSTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA CÚPULA DE LAS ESCUELAS PÍAS DE VALENCIA. A. Martínez Boquera, A. Alonso Durá. 2003

10. Resumen de las fases de intervención propuestas
10. Summary of the proposed intervention phases

BIBLIOGRAFÍA / REFERENCES

- ALMAGRO GORBEA, A.: “Medio siglo documentando el patrimonio arquitectónico con fotogrametría”. *EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, n. 11. (2019) doi: <https://doi.org/10.4995/ege.2019.12863>.
- BÉRCHEZ GÓMEZ, J.: *Catálogo de Monumentos y Conjuntos de la Comunidad Valenciana*. Tomo II. Conselleria de Cultura, Educacion y Ciencia, Generalitat Valenciana, 1983.
- BIANCO, A.: “Italian technical literature in the field of architectural restoration: The case study of the *Historic Memories about the Vatican Church* by Giovanni Poleni”, *Studies in Conservation*, 62:5, 283-293, (2017) <https://doi.org/10.1080/00393630.2016.1148379>
- BOSCH, MIREIA *et al.*: “Plan Director de la Casa Batlló de Gaudí. Gestión y documentación”. *Loggia, Arquitectura & Restauración*, n. 33, p. 76-97, (2020). doi:<https://doi.org/10.4995/loggia.2020.14042>
- Carta del Rilievo Architettonico*. Castell Sant Angelo: Rome, Italy, 2000.
- DI BIASE, C.: “La Carta de Venecia: cincuenta años después”. *Loggia, Arquitectura & Restauración*, n. 27, p. 24-41, (2015). ISSN 1136-758X. doi:<https://doi.org/10.4995/loggia.2014.3947>
- ICOMOS *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico* (2003) https://www.icomos.org/charters/structures_sp.pdf
- RODRÍGUEZ-NAVARRO, P.; GIL-PIQUERAS, T.: “*New Contributions on the Escuelas Pías Dome in Valencia*” *Nexus Network Journal*. (2020) <https://doi.org/10.1007/s00004-020-00500-5>
- SOLER VERDÚ, R.: “Propuesta de metodología de estudios previos a la restauración”. En *Lecciones sobre conservación del patrimonio arquitectónico. Su razón de ser*. Universitat Politècnica de València. 2012.
- SOLER-VERDÚ, R., SOLER-ESTRELA, A.: “Tipología de cúpulas tabicadas. Geometría y construcción en la Valencia del siglo XVIII”. *Informes de la Construcción*, 67(538): e078 (2015), doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.180>
- SOLER-ESTRELA, A.; SOLER-VERDÚ, R.: “Restoration Techniques Applied to Tile Dome Conservation in the Western Mediterranean. Valencia, Spain” (2016). *International Journal of Architectural Heritage*, DOI: 10.1080/15583058.2015.1010127
- ZACARÉS, J.M.: “Antigüedades y bellezas de Valencia. Colegio Andresiano e Iglesia de las Escuelas Pías”. *Revista Edetana*, 1849.