

La Catedral de La Laguna: Una obra pionera en el uso del hormigón armado en España, 1904-1913

La Laguna Cathedral: a Pioneer Work in the Use of Reinforced Concrete in Spain, 1904-1913

Hugo A. Ventura Rodríguez^{*a}, Vicente Mirallave Izquierdo^b, Nelson Flores Medina^c

^a Prof. Escuela de Arquitectura de Las Palmas, Departamento de Construcción Arquitectónica.

^b Prof. Dr. Escuela de Arquitectura de las Palmas, Departamento de Arte, Ciudad y Territorio.

^c Prof. Dr. Escuela de Arquitectura de las Palmas, Departamento de Construcción Arquitectónica.
Grupo de investigación Tides-Urscapes. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

Recibido el 5 de junio de 2019; aceptado el 8 de marzo de 2020

RESUMEN

En el año 1904 comienza el proceso para reconstruir la Catedral de La Laguna. La falta de arquitectos con conocimientos de la técnica del cemento armado obligó al Cabildo Catedralicio a contratar a un ingeniero militar. El teniente Rodrigo-Vallabriga asume el reto de proyectar y construir un templo en cemento armado, convirtiéndose en el pionero del hormigón en Canarias. La catedral se pudo hacer en un tiempo récord, solo ocho años. La escasez de recubrimientos, una inadecuada puesta en obra y un incorrecto mantenimiento obligaron a su demolición al siglo de su construcción. Esta obra pionera abrió el camino al hormigón armado en Canarias.

©2022 Hormigón y Acero, la revista de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE). Publicado por Cinter Divulgación Técnica S.L. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

PALABRAS CLAVE: Sostenibilidad, madera estructural, cerchas metálicas, vigas de hormigón, MIVES, cubiertas.

ABSTRACT

In 1904 begins the process to rebuild the Cathedral of La Laguna. The lack of architects with enough knowledge of the reinforced cement technique forced the Cathedral Council to hire a military engineer. Lieutenant Rodrigo-Vallabriga takes on the challenge of designing and building a temple in reinforced concrete, becoming the pioneer of this technique in the Canary Islands. The cathedral could be done in record time, only eight years. The shortages of coating thicknesses, an inadequate concrete work and an incorrect maintenance forced its demolition a century after finished. This pioneering work opened the way to reinforced concrete in the Canary Islands.

©2022 Hormigón y Acero, the journal of the Spanish Association of Structural Engineering (ACHE). Published by Cinter Divulgación Técnica S.L. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0) License

KEYWORDS: Sustainability, structural timber, steel trusses, concrete girders, MIVES, roofs.

1. INTRODUCCIÓN

En noviembre de 1904 el teniente de ingenieros José Ángel Rodrigo-Vallabriga y Brito, recibe el encargo de construir una catedral sobre la antigua iglesia de Nuestra Señora de los Remedios de La Laguna, Tenerife. Desde 1900, cuando se incorpora a su destino en Las Palmas, su actividad como técnico y

contratista de obras de “cemento armado” en la isla de Gran Canaria le había procurado un prestigio tal, que el obispo de la Diócesis de Tenerife, Rey Redondo le encarga el proyecto y la construcción de la Catedral. La obra se concluye en un plazo muy ajustado, finalizándose en el verano de 1913 a pesar de las grandes dificultades económicas con las que tuvo que ser ejecutada [1].

* Persona de contacto / Corresponding author:

Correo-e / e-mail: hugo.ventura@ulpgc.es (Hugo Alberto Ventura Rodríguez).



Figura 1. Interior de la Catedral de La Laguna. Fototeca del Patrimonio Histórico. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Autor Passaporte, Antonio, año 1931.

El templo, declarado BIC en el año 1983, tuvo que ser cerrado en el año 2002, noventa años después de su finalización. Graves problemas de corrosión de las armaduras de las cubiertas, estaban ocasionando peligrosas caídas de trozos de recubrimientos al interior de la iglesia [2]. El Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja realizó desde 1999 hasta 2008 un importante estudio sobre el estado de conservación de la estructura y sus materiales, que se concretó en un total de ocho informes que nos han permitido conocer datos significativos de los materiales utilizados y de la manera de construir esta estructura, sin duda pionera en el uso del hormigón armado en España. El estado de la cubierta, finalmente, aconsejó la demolición parcial, afectando esta a la totalidad de las cubiertas y las cabezas de las columnas, por ser las zonas más afectadas por la degradación. La demolición comenzó en diciembre de 2009.

Afortunadamente, algunos restos de la demolición no se han perdido: seis de los capiteles de las columnas de las naves, los capiteles de las columnas del crucero junto con los capiteles de algunas de las columnas de la girola así como algunos tramos de arcos se han conservado. Este hecho ha permitido a los autores de este artículo realizar tomas de datos de la geometría de las distintas piezas: columnas y arcos, así como determinar la posición y diámetro de las armaduras y extraer probetas testigos del hormigón y de los aceros, testigos que se han ensayado en laboratorio. Parte de estos resultados se incluyen en este artículo.

2.

LA IMPORTANCIA DE LA OBRA EN EL CONTEXTO DEL HORMIGÓN ARMADO EN ESPAÑA

El empleo del hormigón armado en España arranca con un cierto retraso en relación al resto de Europa, introduciéndose fundamentalmente con las patentes de Monier y Hennebique, la primera en Cataluña y la segunda en el norte de la península.

Las primeras obras con estructura de hormigón fueron depósitos de aguas: el depósito de Puigverd de 1893, de Francesc Maciá y Llussa (1859-1933), ingeniero militar formado en la Academia de Guadalajara, el depósito de Aguas de Llanes de José Ribera, de 1899 y fabricas de cereales (Ayala en Badajoz de Ribera de 1899 o la Ceres en Bilbao de 1900). Obras de referencia, tales como la Cárcel Modelo de Oviedo de José Ribera (1898 o la Alhondiga de Bilbao (1906) [3] son coetáneas con la Catedral de La Laguna.

El templo catedral de la Laguna fue la primera catedral del mundo en construirse en este material, el propio ingeniero con motivo de la finalización de las obras, en un artículo publicado en La Gaceta de Tenerife, el 21 de agosto de 1913, escribe: "... en honor a la verdad debemos decir que es la primera Catedral de hormigón armado construida, la que en menos tiempo ha visto su terminación y la más barata del mundo".

El ingeniero no utilizó las posibilidades expresivas del hormigón visto tal como la entendemos hoy en día. Al proyectar la catedral con criterios de diseño más próximo al estilo gótico, aprovechó la capacidad del hormigón de "amoldarse" a la forma requerida, para simular de este modo, una solución tradicional de cantería, en la que el hormigón imita la piedra tradicional y las nervaduras en columnas, arcos y bóvedas habituales en ese estilo arquitectónico.

Coetánea con el templo de la Laguna, pero de menores dimensiones, la primera iglesia de cemento armado, según todas las referencias estudiadas, fue San Jean de Montmartre del arquitecto Anatole de Baudot, discípulo de Viollet-Le-Duc, el cual colaboró con el ingeniero Cottancin, gran precursor en el uso del hormigón armado. La iglesia finalizó su construcción en 1904. La estructura es una combinación de muros y pilares de ladrillo armado y bóvedas nervadas de hormigón. [4]

3.

LA RAZÓN DE LA NUEVA CATEDRAL

Siete años antes del encargo a Vallabriga, en 1897, el templo original fue cerrado al culto debido a la precaria situación en la que se encontraba la edificación. La cúpula de piedra construida en 1752, llevaba casi un siglo dañando las columnas que la sustentaban, las cuales presentaban desplomes y grietas muy importantes [1].

En 1904, el Coronel de Ingenieros Ángel María Rosell y Laserre propone a la Diócesis construir la catedral en un nuevo material: el cemento armado, esta solución permite reducir notablemente el presupuesto y disminuir el tiempo de ejecución del templo. Rosell junto con, los también ingenieros militares, Juan Ramón Sena y José Espejo Fernández realizan varias propuestas, siendo finalmente Sena el designado para redactar un proyecto para el templo en hormigón armado [1].

Con los planos de Sena aceptados, surge un imprevisto: no existen en la isla de Tenerife empresas especializadas capaces de ejecutar esa obra de hormigón. A través del Coronel Rosell el provisor Luis Palahí entra en contacto con una empresa constructora radicada en Madrid: Sociedad de Aplicaciones de la Ingeniería, cuyo director era el también ingeniero Militar Eduardo Gallego Ramos, gran especialista y gran divulgador del hormigón armado a través de sus publicaciones en la conocida revista "La Construcción Moderna" de la que fue codirector [5].

4. JOSÉ RODRIGO-VALLABRIGA Y BRITO

Tras la fallida negociación con la empresa Sociedad de Aplicaciones de la Ingeniería, el coronel Rosell le propone al provisor Palahí una alternativa: el teniente Rodrigo Vallabriga, un militar afincado en la isla de Gran Canaria conocido de Rosell y que tenía gran experiencia en obras de hormigón. [1]

Vallabriga nacido en Cuba en el año 1876, debido al destino militar de su padre, se formó en la Academia de Ingenieros de Guadalajara, donde se licencia como teniente en el año 1899 [7], al igual que Eduardo Gallego Ramos o Francisc Maciá. En 1900 se incorpora a la Compañía Regional de Zapadores con sede en Las Palmas, ciudad donde residía su familia, compatibilizando sus responsabilidades castrenses con una importante actividad como constructor privado, actividad que le procuró una notable fama de especialista en obras hormigón.

La figura de Vallabriga posibilitaba no solo resolver el proyecto técnico sino también asumir la construcción de la obra, pues el militar contaba con una contrata de obreros especializada en cemento armado, cuya taller de la calle Castillo 14 de la ciudad de Las Palmas estaba situado a escasos 200 metros de la Catedral, obra que probablemente sirvió de modelo para el desarrollo del nuevo proyecto.

En noviembre de 1904 Palahí envía el proyecto del ingeniero Sena a Las Palmas. En apenas dos meses, el cinco de enero de 1905 Vallabriga entrega en Tenerife los primeros planos, que son aprobados y se le firma el contrato [1].

5. EL INFORME DEL PROYECTO: DATOS DE LA ESTRUCTURA

En febrero de 1905, el provisor de la Catedral Don Luis Palahí tiene que solicitar el preceptivo informe técnico para la realización de la obra al arquitecto diocesano Laureano Arroyo [5]. Arroyo (1848-1910), arquitecto catalán que llega a Gran Canaria en 1888, conocía perfectamente a Vallabriga, con el que había coincidido en diversas obras en la ciudad de Las Palmas, Arroyo como arquitecto y Vallabriga como contratista.

El informe, enviado el 1 de abril de 1905, es negativo en todos los términos, indicando Arroyo que Vallabriga como ingeniero no tiene competencias profesionales en esta tipo de proyectos, criticando el estilo del templo, al que Vallabriga

denomina románico-gótico, considerando Arroyo que debiera haberse adoptado el estilo modernista dominante en esa época, y finalmente valorando la estructura como inestable y falta de resistencia, haciendo referencia a la sección de las columnas que sustentan la cúpula y el crucero, de las que dice: "...a simple vista, la sección transversal produce el ánimo de que al cimborrio se la van a doblar las piernas", no entendiendo Arroyo que la sección de las mismas fuera igual en las columnas de las naves que en las del crucero que debían recibir el peso de la cúpula [5].

5.1 La contestación de Vallabriga

La contestación de Rodrigo-Vallabriga de agosto de 1905 aporta valiosos datos relativos a los criterios de cálculo y cargas consideradas, justificando pormenorizadamente su proyecto con números para desmontar las críticas del arquitecto Arroyo:

- Comprobación de un arco: el ingeniero justifica el dimensionado de un arco toral de una nave lateral, considerando una luz o vano de arco de 8.4 metros, si bien, explica que en posterior levantamiento la luz se ha quedado en 7.50 metros. Considera una carga de 400 kg/m² y a partir este dato, estima una carga lineal de 1.800 kg/m sobre el arco, obteniendo las solicitaciones mediante la aplicación el polígono funicular de fuerza. Los esfuerzos principales obtenidos, con valores en Kg y metros, en cinco secciones (medio arco) son las siguientes:

TABLA 1. Solicitaciones arco toral según Vallabriga

SECCION 1	MOMENTO	COMPRESIÓN	CORTANTE
1	5.240	920	900
2	4.416	1.550	2.350
3	1.840	3.000	3.500
4	2.760	5.000	3.800
5	9.200	7.250	950

La sección 1 es la clave del arco y la sección 5 el apoyo, sección que Vallabriga considera empotrada en la columna.

Para el dimensionado de la sección de hormigón armado utiliza el método de Wilhelm Ritter, sustituyendo el área de aceros por su equivalente en hormigón, teniendo en cuenta un coeficiente de homogenización de 20 (relación entre módulos de deformación del acero al hormigón). Las tensiones de trabajo o admisibles consideradas por Vallabriga para los arcos fueron:

Hormigón...38 a 40 kg/cm²

Acero...14 kg/mm²

Hierro...12 kg/mm²

La sección del arco toral considerada es de canto 35 y ancho 15 cm, y la arma con 6ø25, tres en cara superior y 3 en cara inferior. Considera un recubrimiento mecánico de 25 mm, lo que representa un recubrimiento geométrico de 12.5 mm. En la ejecución la sección paso a ancho 30 cm.

Comprueba la sección 2, en la que existe un momento flector de 4.416 kgxm y un esfuerzo axil de compresión de 1.550 kg. Los resultados obtenidos son:

- Tensión de trabajo en la fibra de hormigón más comprimida 37,8 kg/cm².
- Tensión de trabajo de las armaduras 10,7 kg/mm².

Apunta Vallabriga : “no tenemos en cuenta la extensión (tracción) en el hormigón para mayor seguridad, aunque Ritter y los autores modernos no la desprecian”.

Para la comprobación de una de las columnas, estima que las de las naves reciben un axil de 54 toneladas, y considerando que la columna tiene una sección de 1 m² aproximadamente, la tensión resultante es de 5.4 kg/cm². Justifica Vallabriga que había considerado una tensión de trabajo de 25 kg/cm². Comenta el ingeniero: “el hormigón de buen cemento es capaz de resistir sin deformarse hasta más de 200 kg/cm². Luego estas columnas... pueden resistir hasta 200 toneladas”.

Este dato de la resistencia del hormigón nos indica que para fijar la tensión admisible partió de una resistencia de 200 kg/m² y utilizó un coeficiente de seguridad de 8 para los pilares y de 5 para las vigas. Para los aceros y considerando que se trataba de acero de 2200 kg/cm², establece una seguridad de 1.6, inferior a 2, valor utilizado por las primeras normas españolas de hormigón (EH-39).

Para las columnas del crucero, considera Vallabriga una sollicitación de 120 toneladas, lo que resulta una tensión de trabajo de 12 kg/cm². Añade Vallabriga: “siendo tan considerable la sección de hormigón en las columnas, el papel del hierro de las armaduras no es de resistencia”.

El ingeniero en un artículo publicado en la Gaceta de Tenerife el 21 de agosto de 1913 con motivo de la inauguración escribe: “Me ha sido impuesto un diámetro exagerado en las cuatro columnas que sostienen la cúpula. El recuerdo de la catástrofe del tercer deposito de Madrid y la relativa novedad del cemento armado en La laguna, contribuyeron a que no me fuera admitido mi proyecto de columnas más delgadas y hoy su excesiva masa, privará a muchos fieles establecidos en las naves laterales contemplar las ceremonias religiosas en el altar mayor”.

Para solventar el problema de las competencias profesionales advertido por Arroyo, se convence al arquitecto valli-soletano afinado en Tenerife Mariano Estanga y Arias Girón (1867-1937) para que asuma la dirección de las obras y se busca la firma de un arquitecto de fuera para el proyecto. Se consigue que el arquitecto madrileño Mariano Belmás Estrada (1850-1916), conocido por su participación en el proyecto de la Ciudad Lineal de Madrid, director de La Gaceta de Obras Públicas, Senador del Reino y miembro de la Junta consultiva de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, firmara el proyecto del templo.

6. DESARROLLO DE LA OBRA

La obra comienza el 6 de septiembre de 1905 con el replanteo de la pared exterior [8]. Vallabriga trae su equipo de obreros de Gran Canaria ante la falta de trabadores que conocieran esta nueva técnica. [1]. Un escultor, José Bustamente, permanece siempre en obra para ejecutar los vaciados y otros elementos decorativos [2].



Figura 2. Interior de la Catedral de La Laguna. Nave central. Fototeca del Patrimonio Histórico. Autor Passaporte, Antonio, año 1931.

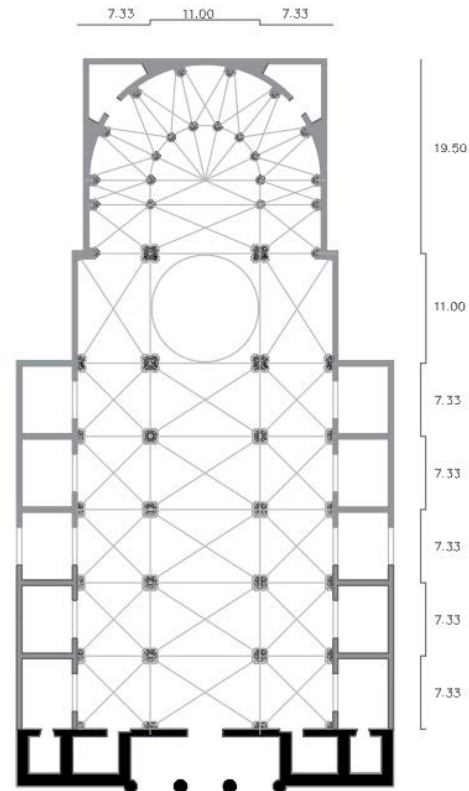


Figura 3. Planta del templo. Autor Hugo Ventura Rodríguez.

A finales de 1906 Vallabriga trabaja en la modificación del proyecto para reconstruir la capilla mayor, demoliendo la antigua capilla. Un deambulatorio semicircular proyectado como prolongación de las naves laterales, conforman el ábside y conforman el presbiterio con el altar mayor [1].

El cierre de la cúpula y con ello la finalización de la estructura se produce el 8 de julio de 1911, esto es 6 años después del comienzo de obra, finalizándose el templo en su totalidad en enero de 1913, si bien la inauguración oficial se realizó en septiembre de ese año. La obra alcanzó un presupuesto de unas 450.000 pts. [1]

7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

La catedral, presenta unas dimensiones de 25.50 de ancho en las tres naves, las laterales de 7.33 metros y la central de 11 metros más dos cuerpos de capillas a cada lado, con anchos de cinco metros.

Las naves tienen cubiertas con bóvedas de crucería, esto es cúpulas esféricas seccionadas por los arcos torales que parten de las columnas. Las losas de hormigón armado se ejecutaron con espesores de 10-12 centímetros con una capa de armado central [3]. Los arcos torales y los arcos diagonales tienen secciones de 30 x 30 cm. La nave central tiene una altura de 17,50 metros (proporción $\approx \phi \times 11$) y las naves laterales de 16 metros. Sobre las cuatro columnas del crucero, se eleva el cimborrio ejecutado con un muro de hormigón en masa de 30 centímetros, reforzado con pilastras armadas resaltadas de 35x25. La cúpula semiesférica, y sin óculo, alcanza una altura de 31.50 metros con un diámetro interior de 10 metros.



Figura 4. Moldes prefabricados para las columnas. Dibujo de Hugo Ventura Rodríguez.

Las columnas, de diez metros de alto se ejecutaron con moldes de cemento armado ejecutados a pie de obra. Probablemente, la misma técnica que se realizaba en la época para la realización de maceteros y otras piezas prefabricadas de hormigón. Los moldes de 40 centímetros de alto y diez centímetros de espesor, armados, eran usados como encofrados perdidos. Las juntas horizontales entre moldes y el color del hormigón, le confirieron a la estructura la apariencia de una tradicional sillería de piedra: el molde perdido consta de dos capas: una exterior de 3 o 4 cm ejecutada con un mortero muy seco de color más oscuro, probablemente proyectado,

que asemeja a la piedra basáltica y el resto un hormigón vertido. Las columnas de las naves tienen un ancho total de 105 cm. y las del crucero de 130 cm, las de la girola, circulares, tienen 65 centímetros de diámetro. Todas disponen de nervaduras de trazo vertical que le confieren una cierta “apariencia neogótica” al interior del templo.

Igualmente los arcos presentan una primera capa del mismo mortero seco, aquí no hay juntas, que se proyecta previamente contra el molde, posiblemente metálico dado la forma tan precisa de la sección de los arcos. Al igual que en los pilares, en los arcos no se dispusieron estribos ni ningún otro tipo de atado vertical, por esta razón las armaduras longitudinales carecen de una posición precisa en sección.

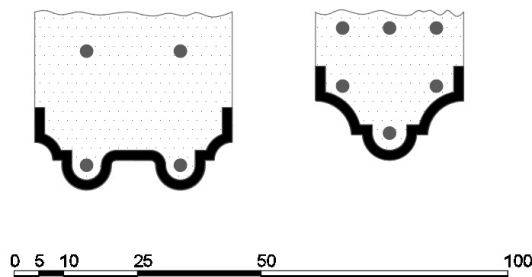


Figura 5. Detalle de arcos y nervios. Dibujo de Hugo Ventura Rodríguez.

En la imagen a la izquierda el arco toral y a la derecha el arco diagonal de las cúpulas de las naves. Las armaduras son diámetros 25 mm en ambas secciones, la disposición de las mismas, se obtuvo a partir de los capiteles situados en un parque de la ciudad de La Laguna.

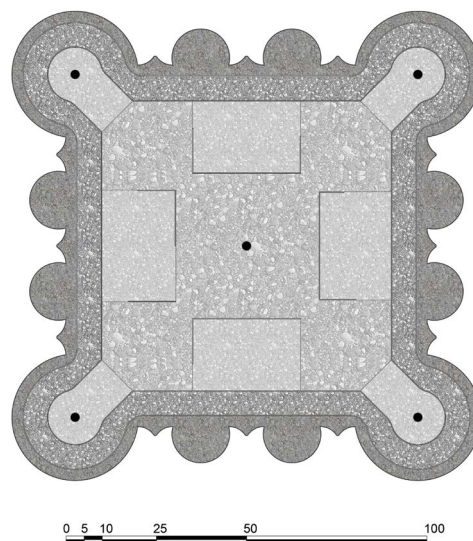


Figura 6. Detalle sección columna crucero Hugo Ventura Rodríguez.

En la imagen anterior una sección de la columna del crucero con un ancho total de 130 cm. La posición y el número de armados, diámetros de 25 mm es la real. De color más oscuro, las dos capas que conforman el molde prefabricado con un espesor de 10 cm. Interiormente el núcleo de hormigón con un solo diámetro de 25 mm.

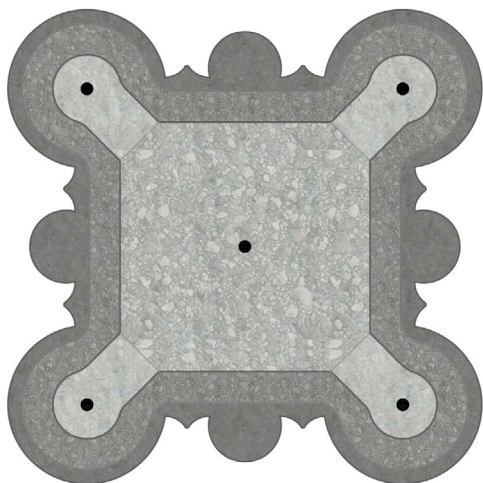


Figura 7. Detalle sección columna nave. Dibujo de Hugo Ventura Rodríguez.

El interior de la nervadura de las esquinas se rellenaba en una segunda fase posterior al hormigonado del núcleo central. Igualmente se aprecia, tanto en el dibujo de la columna del crucero, como en la fotografía inferior, cuatro rectángulos que también se hormigonaban en una segunda fase con mortero bastardo, incluso con ladrillos o maderas. Probablemente, se dispusieron elementos metálicos que hacían la función de guía para el aplomado de los moldes, al tiempo que podrían evitar empujes excesivos del hormigón fresco sobre los moldes. En la siguiente imagen, detalle del molde perdido con los dos materiales que conforman su sección.



Figura 8. Detalle de la moldura prefabricada, columna de crucero. Restos de la Catedral. Fotografía de Hugo Ventura Rodríguez.



Figura 9. Detalle de columna y capitel del crucero. Restos de la Catedral. Autor Hugo Ventura Rodríguez.

La fotografía de la [figura 10](#) refleja el estado de la obra en el año 1908. La imagen está tomada desde la nave principal hacia la capilla mayor. En este momento se habían ejecutado ya la totalidad de las columnas de las naves. Se ejecutaron primero los arcos torales de las naves previamente a las bóvedas de crucería.

Igualmente se puede observar los moldes o encofrados perdidos de hormigón armado ejecutados en el suelo y preparados para las columnas del crucero, dos semi-moldes por columna. Se aprecia que están ejecutadas todas las columnas de la girola. Se está construyendo el encofrado para las bóvedas de crucería de las naves. Los muros de cerramiento se construyeron con fábrica.

8. INVESTIGACIÓN Y ESTUDIO DE LOS MATERIALES DE LA CATEDRAL DE LA LAGUNA REALIZADA POR EL INSTITUTO EDUARDO TORROJA

El Instituto Eduardo Torroja realizó un importante estudio del estado de la estructura y de sus materiales entre 1998 y 2008. Como conclusiones más destacadas, se puede resaltar que los distintos hormigones y morteros utilizados ofrecen una cierta homogeneidad analizados por elementos: columnas, arcos, nervios o bóvedas.

Las resistencias de los hormigones obtenidos por el ITEcc según el elemento estructural son:

TABLA 1.
Resistencias

Elemento	Resistencia en MPa
Nervios y arcos	3 a 5
Columnas	8 a 20
Bóvedas	8 a 24,8
Arranque nerv.	20

La corrosión de la armadura motivada por la entrada de agua desde las cubiertas afectaron fundamentalmente a arcos, nervios, capiteles y zonas más bajas de las bóvedas. Los hormigones de las bóvedas se elaboraron con mezclas de cal y cemento portland. En los morteros y en los micro hormigones se encontraron grasas utilizadas como aditivos para mejorar sus propiedades: estas grasas eran probablemente de cerdo, una técnica tradicional para los morteros de cal utilizada en las islas.

9. ESTUDIO DE LOS MATERIALES DE LA CATEDRAL A PARTIR DE LOS RESTOS DE CAPITELERÍA RECUPERADOS DE LA DEMOLICIÓN

La conservación de algunos de los restos de los capiteles y arcos procedentes de la demolición ha permitido realizar un levantamiento de la geometría de estas piezas, de sus armados, tanto en posición como en diámetros y extraer testigos de los



Figura 10. Construcción del templo, año 1908. Fotografía del libro *La Catedral de La Laguna, Arte Religión y Sociedad*. Darias Príncipe, Alberto.

mismos para proceder a su ensayo. Esta última tarea fue realizada por un laboratorio acreditado. Se extrajeron seis testigos de hormigón y dos testigos de armaduras. De los testigos de hormigón obtenidos se realizaron bandas extensométricas para determinar resistencia y módulos de deformación longitudinal y transversal, además de ensayos de porosidad, determinación contenido en cloruros, densidad y carbonatación.



Figura 11. Testigos de hormigón extraídos de los restos del Seminario Diocesano. Fotografía del autor.

Los resultados de los testigos nos indican, en relación a la resistencia una gran variabilidad de los mismos. Los testigos de

la columna de crucero 1 dan valores de resistencia muy bajos y distintos de la columna de crucero 2. La diferente resistencia entre columnas podría justificarse por una dosificación distinta y por tanto poco controlada: distintas relación agua cemento o cantidad de cemento en cada amasada. La diferente resistencia en testigos de la misma columna, por lo tanto con la misma dosificación dada la proximidad de la localización de testigos, podría deberse a una diferente compactación, criterio que podría refrendarse con los valores de densidad muy bajos, o por el contrario alta porosidad.

10. CONCLUSIONES GENERALES

La catedral de La Laguna fue sin duda una obra pionera del hormigón armado en España y supuso la iniciación de esta tecnología en el ámbito de Canarias.

La obra supuso un reto técnico importante, con la dificultad añadida que pudo suponer la lejanía de las islas al continente y por la falta de recursos económicos disponibles, para los que el ingeniero militar procuro una adecuada optimización de los medios disponibles resaltando la utilización de moldes prefabricados para las columnas que permitían conseguir un acabado adecuado, desechando sin gran coste las piezas mal

TABLA 2.
Resultados de los ensayos restos de la Catedral

Testigo	1	2	3	5	6
Elemento	Arco total Crucero	Pilar crucero 1	Pilar crucero 1	Pilar crucero 2	Pilar crucero 2
Diámetro (mm)	95	95	95	95	70
Longitud (mm)	190	155	192	179	132
Sección (mm ²)	7088	7088	7088	7088	3864
Resistencia MPa	15,73	11,08	12,53	22,47	25,81
Densidad seca kN/m ³	20,14	19,18	18,90	23,73	22,51
Absorción (%)	2,69	4,76	4,54	0,92	1,32
Porosidad (%)	5,57	9,60	9,02	2,20	2,99
Humedad (%) ambiente	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Contenido cloruros (% peso hormigón)	0,10	0,12	0,09	0,09	0,11

ejecutadas antes de su colocación en obra, al tiempo que economizaban la utilización de encofrados y cimbras.

La falta de control en los recubrimientos, utilización de mezclas de cal y cementos portland en los hormigones, y una inadecuada compactación durante la ejecución, lo que ocasiono hormigones muy porosos, tuvieron como consecuencia un hormigón de una calidad baja, suficiente desde el punto de vista resistente, pero insuficiente desde el punto de vista de la durabilidad. El clima húmedo de la Laguna y un incorrecto mantenimiento, con la utilización de yesos para reparar los trozos de recubrimiento que se iban desprendiendo por corrosión, aceleraron el proceso de degradación.

La situación de deterioro obligo a la demolición de las cubiertas y los capiteles, si bien las columnas y muros originales se han conservado y están preparados para soportar la nueva cubierta, una réplica exacta de la cubierta original, pero esta vez construida con hormigones de mayor calidad armada con armaduras de fibra de carbono y reforzadas con fibra de vidrio.

Referencias

- [1] Darias, A., Purriños, T. (1997) *Arte, religión y sociedad en Canarias. La catedral de La Laguna*. Ayuntamiento de La Laguna, 1997.
- [2] Márquez Zarate, J.M. (2005) La Catedral de la Laguna, modelos de actuación. Revista *Ars Sacra* nº 33.
- [3] Burgos Núñez, A., *Los orígenes del Hormigón Armado en España*. Madrid, Ministerio de Fomento. Cedex-Cehopu.
- [4] Frampton, K. (1999) *Estudio sobre la cultura tectónica*. Madrid, Akal, pp 60-61
- [5] Archivo Histórico Diocesano de Tenerife. Legajos de la Catedral.
- [6] Dorrengo, F., Luxan, M.P., Tanner, P., Fernández, V. Investigación y estudio del estado de conservación de la Catedral de La Laguna. Compendio de Investigación.
- [7] Cuadernos: *In memoriam* José Rodrigo Vallabriga. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Varios Autores.
- [8] Rodríguez Moure, J. (1914) *Datos históricos del templo Catedral de Tenerife*. Santa Cruz de Tenerife. Librería y Tipografía Católica.