

LA FORMA DE LA ARQUITECTURA DESDE EL AÑO 1000 A.C. HASTA FINALES DEL SIGLO X

Francisco Javier González Pérez
ETSAB – Universitat Politècnica de Catalunya
fco.javier.gonzalez@upc.edu

Directores de la tesis doctoral:

Antonio Millán Gómez, ETSAB – Universitat Politècnica de Catalunya
Josep Giner i Olcina, ETSAB – Universitat Politècnica de Catalunya

Palabras clave: error de medición, cinta métrica, distanciómetro láser, nivel y plomo, grafómetro, estación total, restitución fotogramétrica.

Resumen:

El objeto de nuestra investigación sobre el patrimonio construido es comprender la unidad o unidades de medida utilizadas en la traza de edificios religiosos, desde mil años antes de Cristo hasta finales del siglo X, para llegar a entender que reglas fueron usadas en la concepción de la forma de estos edificios. Así, resulta imprescindible analizar la diferencia que pueda existir entre el modelo real y el teórico ensayado, y por tanto el proceso de obtención de datos.

Keywords: measurement error, measuring tape, distance meter, level, plumb bob, graphometer, total station, photogrammetric restitution.

Abstract:

The aim of our research about built heritage is to understand the unit or units of measurement used in the trace of religious buildings, from a thousand years before Christ until the end of the 10th century, to understand what rules were used in the conception to shape of these buildings. Thus, it is essential to analyze the difference that may exist between the real and the theoretical model tested, and therefore the process of data obtaining.

1. INTRODUCCIÓN

«Aquel hombre con aspecto de bronce llevaba en la mano un cordel de lino y una caña de medir, de seis codos de los de un codo y un palmo, es decir, de siete palmos, o de un pie y tres cuartos» (Ez. 40,5). Así, el Antiguo Testamento describe el templo de la visión de Ezequiel (Ez. 41) refiriendo la dimensión de cada una de ambas piezas del edificio, el Santo, un espacio rectangular de 20 por 40 codos, y el Sanctasanctórum, de planta cuadrada y de 20 por 20 codos. Y, no sólo esto, sino que dice también la equivalencia de este codo.

A partir de la lectura del texto surge indudablemente una pregunta, la de cómo de cuidadosa fue la medición realizada, es decir, cómo después de comprobar una primera distancia de seis codos con la caña procedía a disponerse de nuevo y a continuación dicha caña, no resulta disparatado pensar que hubiera podido haber algún error de medición, de no ser una visión. La caña de medir, además, debía de estar subdividida en partes, ni veinte ni cuarenta son múltiplos de seis.

López Vilar replanteaba la basílica septentrional de Sant Fructuós de Tarragona – tanto la basílica como el atrio- dentro de una cuadrícula de 10 por 10 pies –de 0,2957 m, el pie romano más prestigioso y extendido-, es decir, de 1 por 1 pértica, advirtiendo que para ello la ubicación propuesta en la cuadrícula para algunos muros no resultaba del todo perfecta respecto a la construcción, entre otros, el ancho de la nave meridional, atribuyendo dicha desviación a un error de ejecución (López Vilar 2006, 126-134) y (López Vilar 2006, vol. I Lámina 140).

Sin embargo, el presente texto no considerará esta hipótesis del error de ejecución, y pretende realizar una primera aproximación a la parte sobre «materiales y métodos» de nuestra tesis doctoral,¹ es decir, analizar el posible error que pueda producirse durante el proceso de medición de un edificio, a partir de una revisión del método de medición – métodos directos: cinta métrica, distanciómetro láser, plomo y nivel; métodos indirectos: grafómetro y estación total; y método fotogramétrico: restitución, estudiándose para ello ejemplos y estrategias de medición empleadas.

2. DISCUSIÓN

Según señalaba Giner i Olcina, «el requisito previo más importante para el estudio arquitectónico medieval es disponer de mediciones cuidadosas» (2012, 104). Así, antes de proceder a realizar una medición resulta imprescindible, y según la envergadura del edificio, establecer el método o métodos a utilizar y realizar un esquema que permita después relacionar todo el trabajo. Así, y entre otros: San Pedro –y retomando la idea inicial de la visión- mostró a Gunzo el proyecto de la iglesia, midiendo, y de manera proporcional, cada parte a partir de doblar una cuerda un número determinado de veces (Carruthers 2000, 226); Corbo, en *Il Santo Sepolcro di Gerusalemme*, redibujaba una serie de plantas de la excavación a partir de subdividir el edificio en una cuadrícula, y que después relaciona a partir de un esquema de triangulaciones (Corbo 1981, Tabla 2).

¹ El artículo ha sido realizado en el ámbito de la tesis doctoral sobre el conjunto monumental de San Pedro de Terrassa.

A través de métodos directos fue realizada la toma de datos del capitel 5 de Sant Miquel de Terrassa²:

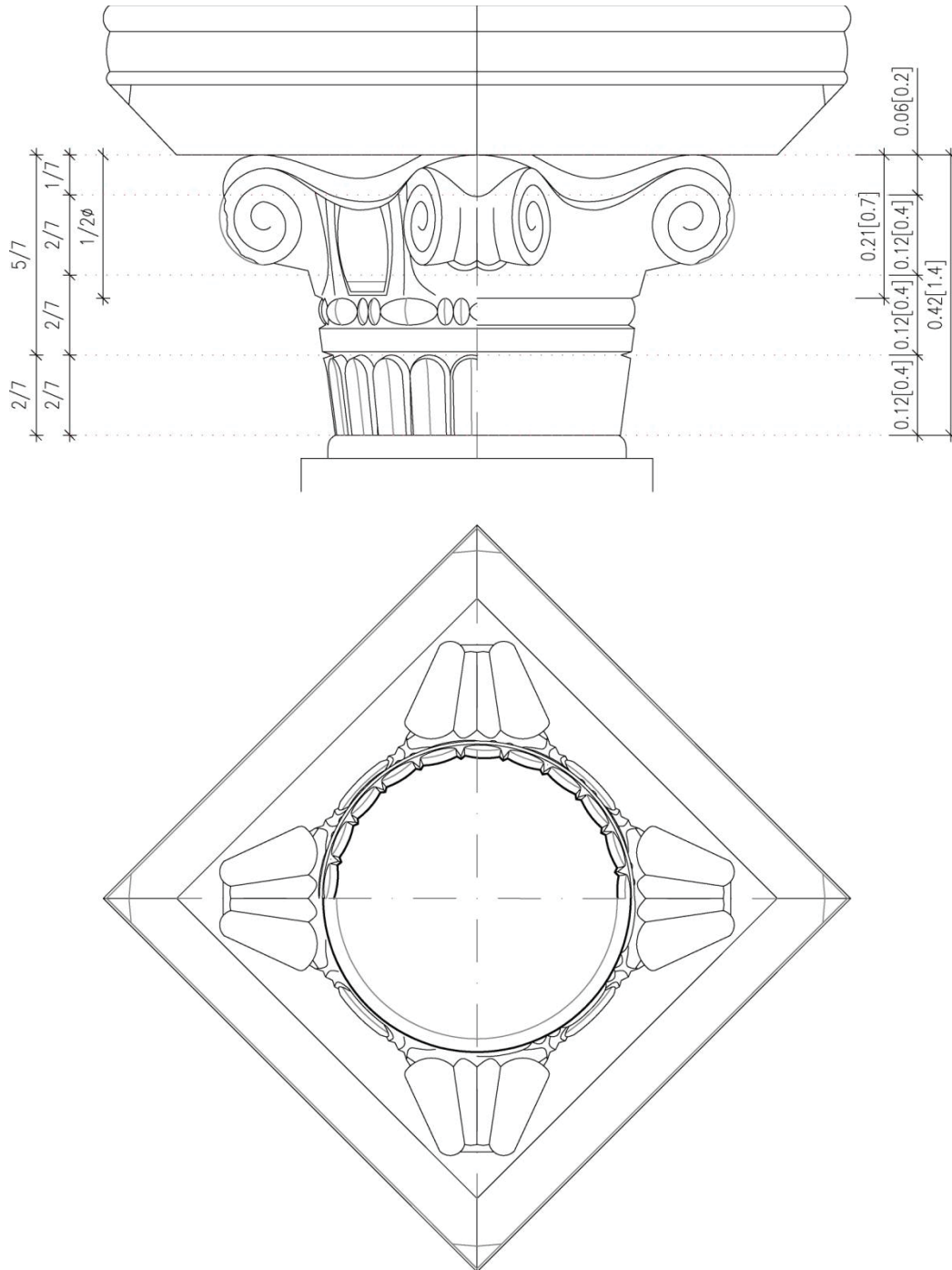
«Se ha dibujado el capitel 5 (Figura 1), midiéndose con toda la exactitud que ha sido posible, desde la altura total de la pieza –del sumoscapo de la columna hasta la parte inferior de la imposta-, pasando por la longitud de la circunferencia del astrágalo, la de la base del capitel y la del anillo intermedio, hasta aquellas partes más pequeñas – como las dimensiones parciales de cada motivo escultórico o la curvatura de la parte final de las hojas-. A partir de una sucesión de plomos colocados en la parte superior de la imposta, ha podido obtenerse una serie de puntos que han permitido dibujar el perfil del volumen troncocónico del capitel, la curvatura cóncava del ábaco y el vuelo, en la diagonal del capitel, de la voluta. Obteniéndose igualmente un dibujo de la decoración de una voluta, a partir de la medición de una serie de puntos del recorrido exterior y más interior de la espiral de la misma, y sacándose varias plantillas de los bálteos y/o delimitaciones de la voluta [...].

Así pues, el capitel 5 dispone en el nivel inferior de una corona de hojas, interpretada del orden corintio –no dispone ya del nivel intermedio, reduciéndose la doble renglera de hojas de los capiteles corintios a una sola-, y rematándose en la parte superior por un equino –separado por un astrágalo formado por un collarín y un anillo- decorado con una ova central surmontada por volutas angulares, sobreponiendo de este modo a la primera corona de hojas del capitel corintio un capitel angular de orden jónico. El capitel corintio prescrito por Vitruvio disponía de una proporción de 2/7 partes de la altura para cada una de las tres coronas y de 1/7 parte para el ábaco. Y el capitel jónico disponía de una altura de 1/2 del diámetro del imoscapo. El capitel 5 de San Miguel de Égara dispone de una proporción 2/7 partes para la corona inferior y de 5/7 partes para la corona superior –ábaco incluido-, y de una altura –desde la parte superior del collarín hasta la base de la imposta- de 1/2 del diámetro de la base del capitel.

El interés del capitel 5 reside en la interpretación realizada de *De Architectura*. El arquitecto explora las posibilidades compositivas ofrecidas por una base o primer nivel inferior de hojas de orden corintio o canales de columna, resuelta a partir de un volumen cilíndrico, y una parte superior en la que substituye en una sola zona ambas coronas del *épannelage* corintio –el nivel intermedio de hojas de acanto y el superior destinado a caulícolos-, por un capitel angular de orden jónico. Si en los modelos más “ortodoxos” de capiteles de orden compuesto puede observarse la imbricación de aquellos tres niveles descritos para el orden corintio por Vitruvio, en el capitel 5 – similar solución compositiva encontraba Éliane Vergnolle en los capiteles corintios de Saint-Benoît-sor-Loire- el tratamiento del volumen responde a la yuxtaposición de dos esquemas horizontales». (González 2016, 54-59).

² «El capitel 5 está situado en el ángulo noroeste, y presenta un estado de conservación medio, bastante erosionado sobre todo en la zona de las volutas. De forma troncocónica invertida, dispone de un diámetro en el astrágalo de 0,447m, y una altura total de 0,455m. La mitad inferior, separada de la parte superior por un collar de perlas –que sigue el diseño de un astrágalo de orden jónico- con un anillo inferior, dispone en la base del capitel de otro astrágalo con una geometría de medio bocel, y una franja central de hojas muy rudimentarias. La mitad superior, dispone de un kyma con una ova central y dos tallos que surgen a ambos lados de ésta, rematado en la parte superior por un canal, que enrollándose en cada ángulo configura la voluta. La voluta dispone de una decoración simplificada marcada sobre una superficie sensiblemente plana. Y el ábaco, cóncavo y moldurado, disponía en la parte central posiblemente de una flor, de la que aún puede encontrarse la traza» (González 2016, 54-59).

Aquí, el dibujo del capitel fue realizado a partir de medidas comprobadas sobre la mitad de la cara del capitel de la parte izquierda de la vista sur-norte mirando a oeste. El resto del volumen del capitel fue dibujado asimilándose a dicha cara, debiéndose advertir que el dibujo del capitel no responde a un volumen troncocónico perfecto.



CAPITELL 5

1M

|

|

0 0.25 0.50 0.75 1 PIE 0.2957M
| | | | | E 1/10

Figura 1. Trazado de los órdenes de Vitruvio sobre el capitel del ángulo noroeste del interior de Sant Miquel de Terrassa. Las cotas entre corchetes están dadas en pies romanos de 0,2957m. (Figura del autor).

El artículo *L'arqueologia arquitectònica de Puig i Cadafalch a l'edifici funerari de Sant Pere de Terrassa*, –texto inédito pendiente de publicación- presentado dentro del ámbito del congreso *Puig i Cadafalch. Arquitecte de Catalunya*, realizaba una primera aproximación a la planta del ábside de Sant Pere, primero a partir de algunas medidas identificadas en un croquis realizado por Puig i Cadafalch y después a partir del uso de la estación total:

«[...] dentro del Fons 737 de l'Arxiu Nacional de Catalunya, perteneciente a Josep Puig i Cadafalch, en la unidad 711-II *Llibretes de dibuixos de Josep Puig i Cadafalch, d'edificis, detalls arquitectònics i objectes d'art*, y dentro de la caja 133, hay una pequeña libreta bajo el título *Notas*, con tapas de color granate, y hojas cuadrículadas amarillentas, en la que Puig y Cadafalch dibujó pequeños esbozos y croquis [...]»

Entre ellos:

«[...] un pequeño croquis a lápiz, con medidas, de la planta del ábside [de Sant Pere]. Y que acota cada uno de los cuatro lados que definen el trapecio de la planta: 5,32 m para el lado oeste, y que corresponde con el ancho libre del arco triunfal; 4,11 m para los lados norte y sur, y 4,16 m para el lado este, y de los que de cada uno sobresale una absidiola; y 6,25 m como diagonales del trapecio. El lado norte del trapecio, además, replantea el trazado de la curva de la absidiola a partir –y de izquierda a derecha- de marcar sobre la cuerda que uniría los puntos del final de la curva, dos veces una distancia de 1 m, y en estos puntos comprueba la distancia perpendicular hasta llegar a la superficie del paramento que define la curva, 1,50 m y 1,83 m.

Así, se ha realizado un levantamiento preciso, en la medida que ha sido posible, del ábside, tomando medidas hasta diferentes puntos y resiguiendo el perímetro del arco triunfal y de los absidiales, de los nichos que nos permiten el paso de la planta trapezoidal a la circular de la cúpula, de la planta, y de la sección vertical por el eje longitudinal del ábside y por el eje perpendicular a la anchura de cada absidiola, tanto en el ámbito norte como en el sur.

Sobre el levantamiento de la planta se ha buscado encajar una geometría que nos permita resolverla. Se ha dibujado un círculo resiguiendo el trazado interior tanto de la absidiola norte como de la sur, ambos del mismo diámetro, se han unido los centros con un eje, desde los centros de estos círculos se han delineado dos ejes con un ángulo de 45º respecto el primero, y sobre el punto de unión de estos dos ejes se ha trazado otro círculo con el mismo diámetro que los dos primeros, encontrándose el trazado de una geometría que resuelve muy aproximadamente la planta del ábside y que resigue el irregular perímetro interior del ábside con mucha precisión –siendo el punto del paramento más alejado de esta geometría ideal, el punto más septentrional de la absidiola este-. El diámetro de estos tres círculos es de 4,1398 m, es decir, 4,14m» (González, 2017).

La sección horizontal de la planta inicialmente fue realizada a través de un grafómetro «empírico» de 400ª centesimales que dispone de un distanciómetro láser, para posteriormente, realizar una toma de datos completa, a partir de una estación total Trimble 5503. Advirtiéndose que a pesar de que la sección horizontal de la planta del grafómetro y de la estación total fue realizada a cotas sensiblemente diferentes, después de realizar el encaje, pudo comprobarse que la desviación no era representativa, comprobándose a través de la sección vertical obtenida con la estación total que era debida a un desplome de la fábrica y a la rugosidad propia del paramento vertical.

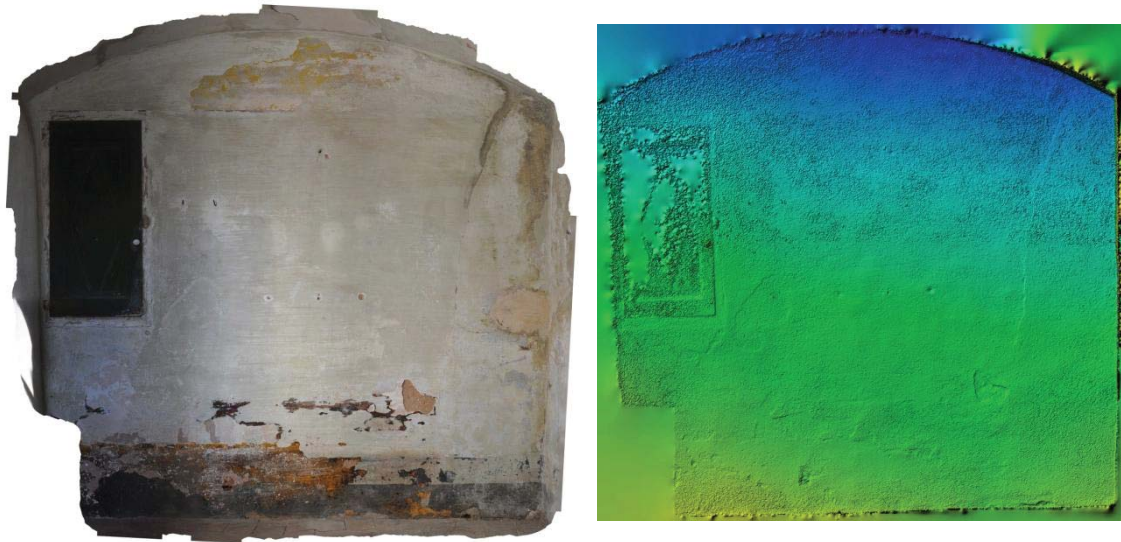
El mismo ejercicio realizado para la planta del ábside Sant Pere está realizándose para el interior de Sant Miquel, combinado el uso del grafómetro-distanciómetro y el de la estación total. A través de un grafómetro-distanciómetro dispuesto en la parte central del edificio, ha podido realizarse el levantamiento de la sección horizontal de la planta, y a través de la estación total, la toma de datos de la parte superior de la zona central del edificio, por encima de la línea de impostas de los capiteles. Antes, y en aquel momento a través de métodos directos, Giner i Olcina (2015) realizó el redibujo de la planta con la ayuda de estudiantes de *l'Escola d'Arquitectura de Sant Cugat*, trabajo en el que me permitieron participar, ocupándome del levantamiento por encima de la línea de impostas de capiteles. De la superposición de la planta de Giner i Olcina y la nuestra, y presentada dentro del ámbito del congreso *Puig i Cadafalch. Arquitecte de Catalunya*, puede concluirse que no existe prácticamente diferencia alguna. Sin embargo, no podemos realizar una conclusión definitiva, y por no haber finalizado aún el redibujo, de la diferencia que pueda existir entre ambas plantas del nivel por encima de la línea de impostas de capiteles.

La primera aproximación a la utilización de la restitución fotogramétrica ha sido realizada en un entorno fuera del ámbito de estudio de nuestra tesis, a modo de “prueba” y con el objeto de poder realizar una primera evaluación del sistema. El objeto elegido corresponde con el alzado de un paramento vertical, y en un espacio de reducidas dimensiones, del interior de un edificio,³ de geometría en planta sensiblemente rectangular y cubierto con una bóveda rebajada, presumiblemente resuelta a través de una *volta de maó de pla*. Durante el proceso de toma de datos fue realizado un croquis a partir de métodos directos, a través de trazar en la pared un nivel y comprobar cada 15 cm alturas, con el objeto de poder reconstruir el trazado del arco y el nivel del pavimento. Además fue realizado un reportaje fotográfico completo, especialmente una serie de nueve fotografías del alzado frontal realizadas con una cámara digital Nikon D90, con una óptica Zoom de 18-105 mm VR DX, que permitió realizar posteriormente la restitución fotogramétrica, y previamente instalando sobre el soporte puntos de control, con el objeto de comparar medidas entre el levantamiento realizado por métodos directos y la restitución fotogramétrica. Obteniéndose una imagen del paramento vertical, que aunque presenta algunas deformaciones en el punto de encuentro entre paramentos,⁴ conserva la relación ancho alto y define perfectamente el trazado del arco de la bóveda, estando comprendido el error entre cinco y diez milímetros respecto la medición realizada con métodos directos y que puede atribuirse, y seguro, a la inexperiencia en el empleo del método de restitución fotogramétrica. Señalar que el programa de restitución permite obtener una segunda imagen, un mapa hipsométrico del paramento vertical, una imagen del relieve con información sobre la forma y altura mediante el coloreado con tintas hipsométricas, es decir, la digitalización sobre el plano del alzado de todos aquellos desperfectos y patologías del paramento, desprendimientos del revestimiento y trazado de

³ Según catastro el edificio correspondería con una construcción de 1939, sin embargo, superponiendo el *Plano geométrico del término jurisdiccional de Palausolítá y Plegamans*, realizado por el Agrimensor asociado a la comisión de estadística Don Pedro Moreno y Ramirez, y de fecha 31 de diciembre de 1856, puede comprobarse que parte de dicha construcción ya debía existir.

⁴ Durante el proceso de obtención de imágenes la luz entraba a través de una ventada dispuesta en una posición opuesta a la del paramento, bañando la pared izquierda, motivo por el que pensamos que no hemos podido obtener completamente el alzado del paramento, faltando una parte en el límite inferior izquierdo.

grietas, y sobre todo, y muy importante, desplomes del paramento. Desplomes no comprobados inicialmente a través del método directo por no entenderse necesarios, sin embargo, y volviendo ahora a Sant Miquel de Terrassa, comprobados exhaustivamente con un plomo, y en el sentido longitudinal y transversal de la sección, con el objeto de poder dibujar cuidadosamente el alzado de la sección.



Figuras 2 y 3. Imágenes obtenidas a partir del método de restitución fotogramétrica.
(Figuras del autor).

3. CONCLUSIÓN

Señalar que cada método ofrece unas determinadas características respecto el resto que, y dependiendo de la toma de a datos a realizar, objeto y/o finalidad, accesibilidad, etc, deben aprovecharse, es decir, combinarse para obtener el modelo teórico más aproximado a la realidad. Aunque personalmente nosotros presentamos especial predilección por el método directo, «mido hasta el medio centímetro, tomo medidas diagonales redundantes y dibujo de dentro a fuera [...]». (Addis 2002, 71).

4. LISTA DE REFERENCIAS

Addis, J. (2002). *A Proposal for Constructing the Plan and Elevation of a Romanesque Church Using Three Measures*. En Wu, Nancy Y. *Ad Quadratum. The practical application of geometry in medieval architecture*. Aldershot: Ashgate. AVISTA studies in the history of medieval technology, science and art, 1.

Carruthers, M. (2000). *The Craft of Thought. Meditation, Rhetoric, and the Making of Images, 400-1200*. Cambridge: Cambridge University Press. Cambridge studies in medieval literatures 34.

Corbo, V. (1981). *Il Santo Sepolcro di Gerusalemme: Aspetti archeologici dalle origini al periodo crociato*. Jerusalem. Franciscan Printing.

Giner i Olcina, J. (2012). *El primer arquitecte a Sant Pere de Rodes. Projectar una església fa deu segles*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.
Disponible: <http://hdl.handle.net/10803/125009> [último acceso 18 de marzo de 201].

Giner i Olcina, J; et. al. (2015). *Església de Sant Miquel, Sant Pere de Terrassa*. Dibujo de Josep Giner. Composició I. Departament de Composició Arquitectònica. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Sant Cugat del Vallès. Disponible: <http://ocw.upc.edu/curs/290038-2013/Apunts> [último acceso 3 de octubre de 2015].

González Pérez, F. J., Millán-Gómez, A. y Giner i Olcina, J. (2016). *El orden de San Miguel de Égara*. Burgos: Congreso Euro-Americano Rehabend 2016, 24-27 Mayo, 2016.

González Pérez, F. J. y Millán-Gómez, A. (2017). *L'arqueologia arquitectònica de Puig i Cadafalch a l'edifici funerari de Sant Pere de Terrassa*. Inédito. Barcelona-Mataró: Congreso Puig i Cadafalch. Arquitecte de Catalunya 2017, 18-31 Octubre 2017.

López Vilar, J. (2006). *Les basíliques paleocristianes del suburbi occidental de Tàrraco. El complex septentrional i el complex martirial de Sant Fructuós*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili. Institut Català d'Arqueologia Clàssica.