

La cisterna del claustro de la catedral de Tarragona. Captación de aguas, ¿sistema de drenaje o pozo de hielo?

The cistern of the cloister of the Tarragona cathedral: a water collection, drainage system or ice well?

Sergio Coll-Pla¹, Josep Maria Puche Fontanilles², Jefferson Torres-Quezada³, Agustí Costa-Jover⁴, Jaume Roset Calzada⁵, Sergio Augusto Cáceres Peña⁶, M. Amparo Núñez-Andrés⁷, Felipe Buill Pozuelo⁸

Recibido: 04/02/2026

Aprobado: 21/05/2026

Publicado: 11/08/2026

RESUMEN

En este artículo se plantea la hipótesis del origen de la cisterna de la catedral de Tarragona que podría haber sido un pozo de hielo, relacionándose con el comercio histórico de hielo en el Camp de Tarragona. Sus características geométricas y su volumetría son compatibles con este uso, según estudios previos y documentación histórica. El artículo analiza esta estructura para determinar su cronología y sus posibles funciones buscando resolver esta incógnita tipológica. El escaneo láser y el análisis térmico son métodos clave utilizados para estudiar esta estructura. Investigaciones anteriores han utilizado tecnologías similares para comprender la función y la eficiencia energética de edificios históricos.

El estudio incluye el escaneo láser con un escáner Trimble TX5 para obtener datos geométricos, el uso de termografía infrarroja para analizar las condiciones térmico-ambientales, y la modelización térmica con el software Design Builder, permitiendo evaluar las propiedades técnicas de la cisterna y validar las hipótesis sobre su uso.

Palabras clave: pozos de hielo, catedral de Tarragona, cisterna, conservación del patrimonio, análisis térmico, Design Builder.

ABSTRACT

It is proposed that the cistern of the Cathedral of Tarragona may have functioned as an ice well, linked to the historical ice trade in the Camp de Tarragona region. Its geometric features and volumetry are consistent with this use, according to previous studies and historical documentation. The article analyzes this structure to determine its chronology and possible functions, seeking to resolve this typological uncertainty. Laser scanning and thermal analysis are key methods used to study this structure. Previous research has employed similar technologies to understand the function and energy efficiency of historic buildings.

The study includes laser scanning with a Trimble TX5 scanner to obtain geometric data, the use of infrared thermography to analyze thermal environmental conditions, and thermal modeling with Design Builder software, allowing the assessment of the cistern's technical properties and the validation of hypotheses regarding its use.

Keywords: ice wells, Tarragona Cathedral, cistern, heritage conservation, thermal analysis, Design Builder.

¹ Agregat Serra Hunter de la Universitat Rovira i Virgili. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4718-5810>

² Institut Català d'Arqueologia Clàssica. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8674-2966>

³ Universidad Católica de Cuenca, CONSISolab, School of Architecture. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1832-1369>

⁴ Agregat Serra Hunter de la Universitat Rovira i Virgili. Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6194-3243>

⁵ Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0548-5524>

⁶ Estudiante de maestría UNIR. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9551-4425>

⁷ Profesora catedrática laboral en la UPC. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2745-7759>

⁸ Profesor titular UPC. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9222-0072>

Cómo citar: Sergio Coll-Pla, Josep Maria Puche Fontanilles, Jefferson Torres-Quezada, Agustí Costa-Jover, Jaume Roset Calzada, Sergio Augusto Cáceres Peña, M. Amparo Núñez-Andrés, Felipe Buill Pozuelo (2026): La cisterna del claustro de la catedral de Tarragona. Captación de aguas, ¿sistema de drenaje o pozo de hielo? *Arqueología y Territorio Medieval*, 33, e10177. <https://doi.org/10.17561/aytm.v33.10177>



INTRODUCCIÓN

El comercio de hielo ha sido de gran importancia en el Camp de Tarragona a lo largo de la historia. El estudio de los convenios pertenecientes a las principales ciudades del Camp de Tarragona muestra que la ciudad de Reus recibió hielo procedente de los pozos de hielo de Prades y Vimbodí. La ciudad de Tarragona era propietaria de dos pozos de hielo (GRAU I PUJOL, 2010), y recibía hielo de Montblanc y Vilaverd, de pozos conocidos como de l'Estret (Vilaverd), Batlle Vell (Vilaverd), Vall de Lladrons (Montblanc) y La Pascuala (Montblanc). Asimismo, la ciudad de Cambrils recibió hielo de Mussara, Arbolí, La Febró, Susagna, Guixeres y Mas dels Frares.

El comercio de hielo se desarrolló en toda Europa; uno de los primeros pozos de hielo documentados en Inglaterra fue construido en Greenwich Park en 1619, el edificio se conformaba por una pared cilíndrica de mampostería de ladrillo. Entre 1625 y 1626 se construyó otro pozo en Hampton Court, el edificio era cilíndrico con 9,1 m de profundidad, 4,8 m de ancho y techado con una cubierta de madera. En 1660, otro fue construido en el parque superior del St. James (GILLESPIE, 2011).

En la península ibérica conocemos que se construyó en 1625 la Nevera de Franqueira en Galicia, esta era una edificación de 6,45 m de diámetro y 6,55 m de profundidad. Otra edificación que se estudia es el pozo de hielo de Vilariño-Fixo, concebido de forma troncocónica con 7,40 m de diámetro en boca, 6,65 m de diámetro en la base y 3,5 m de profundidad (SAMPEDRO FERNANDEZ, 1999). Existen más documentos con medidas de pozos de hielo: en el Archivo Municipal de Murcia se encuentra documentación que indica que en 1674 se firmó un proyecto de construcción con instrucciones para edificar un pozo de hielo cilíndrico de una sola capa con un techo inclinado (ECOPROYECTA ARQUITECTURA SOSTENIBLE SLP, 2019). En nuestra región el comercio del hielo se documenta desde el siglo XVI tal y como atestigua el pozo de hielo de Santa Coloma de Queralt, aunque la mayoría de los

pozos se construyen a partir del siglo XVIII. Se han documentado dos tipologías de edificación: una para conservar el hielo cerca del sitio de producción, y otra cerca del lugar de distribución (contexto urbano) (AYUSO VIVAR, 2010).

En lo referente a la catedral de Tarragona, tenemos diversas noticias sobre la existencia de un pozo de hielo, destacando la información recogida por Amigó en donde se menciona que, según el reverendo Salvador Ramon i Vinyes, en la catedral hay una cisterna en el claustro que recoge el hielo procedente de los pozos de la Mussara, Prades y Montblanc (AMIGÓ, 2002).

En el año 2020 se realiza un levantamiento fotogramétrico de la cisterna existente en el claustro de la catedral para averiguar sus características geométricas, debido a que se consideraba, *a priori*, que podría ser el pozo de hielo mencionado (COLL PLA *et al.*, 2022). El objetivo del estudio consistía en desarrollar un método que permitiera relacionar este espacio con un uso de conservación del hielo estudiando la transmitancia térmica de los cierres de esta edificación. Asimismo, se estudiará la volumetría y las relaciones físicas con otros elementos arquitectónicos para intentar determinar la cronología de su construcción.

Es conocida la existencia de una gran cisterna en el claustro de la catedral de Tarragona. Aparentemente sería una estructura ordinaria, habitual en los contextos catedralicios y monásticos, que recoge el agua pluvial para utilizarla tanto en el jardín del mismo claustro, como para el servicio de la comunidad monástica de la catedral.

Sin embargo, sus grandes dimensiones, así como su situación excéntrica, en uno de los ángulos del claustro, hacen que sea una estructura que se salga de la norma, y más, si se consideran las noticias encontradas en la documentación sobre la existencia de un pozo de hielo en ese claustro. Dado que no se ha encontrado ninguna otra estructura subterránea en el claustro, se ha llegado a proponer que esta cisterna sea el pozo de hielo del que

hablan los documentos. En este artículo se estudiará esta estructura, intentando situarla cronológicamente y analizando su posible función, considerando su hipotético uso tanto como pozo de hielo, depósito de agua o sistema de drenaje.

Sánchez Real, quien es quizás el primero en analizar históricamente esta cisterna, la ve claramente medieval (SÁNCHEZ REAL, 1969). Sin embargo, estudios posteriores como el de Álvarez Martínez o Macías (ÁLVAREZ MARTÍNEZ, NOHALES BASARRATE *et al.*, 2003; MACIAS, *et al.*, 2009; MACIAS SOLE, 2013) y el mismo Proyecto de Restauración de la Catedral (FIGUEROA, GAVALDÀ, 2007) no descartan que pueda ser una obra romana. No en vano, se localiza en el interior de lo que fue el témenos del templo de Augusto, con el que mantiene una concordancia perfecta en su alineación y podría ser perfectamente que formara parte de una infraestructura hidráulica asociada. Esta incertidumbre cronológica viene determinada por la carencia de datos documentales y arqueológicos. Si el proceso de construcción del claustro está bien determinado y fechado (PUCHE *et al.*, 2024; LIAÑO MARTINEZ, 2018; BOTO VARELA, 2016), no conocemos ninguna noticia que haga referencia a la cisterna.

En 2023, al realizar la exploración del interior de la cisterna, se observó que esta se apoyaba en la cimentación del muro del refectorio románico. Una prospección geofísica posterior,

realizada en el interior⁹ de la capilla del Santísimo, confirmaría esa impresión ya que no detecta ninguna evidencia de que la cisterna continuara en su interior. Esto permite postular, con cierta seguridad, que la cisterna se construyó cuando ya estaba alzado el refectorio románico. Al mismo tiempo, se puede determinar que la galería sur del claustro se construyó con posterioridad a la cisterna. De lo contrario, su construcción hubiera implicado necesariamente un desmontaje parcial de la galería del que no existe ninguna evidencia. La comparativa cronológica relativa nos indicaría que la construcción de la cisterna debería de situarse entre mediados del siglo XI, que es cuando se construye el refectorio románico, y finales del siglo XI e inicios del XII, momento de construcción de la galería del claustro (Figura 1).

ESTADO DEL ARTE

Sobre la documentación de la arquitectura a través del escaneo láser nos encontramos con muchos trabajos que le avalan, siendo la propia catedral de Tarragona uno de los monumentos donde más se ha aplicado esta metodología (PUCHE *et al.*, 2024). Trabajo que se complementará en este estudio incorporando la cisterna del claustro. Eisabegloo (EISABEGLOO *et al.*, 2016) comenta que se puede utilizar el programa Design Builder como un asistente de trabajo, citando a Baharvand, quien corrobora que este programa es adecuado para realizar

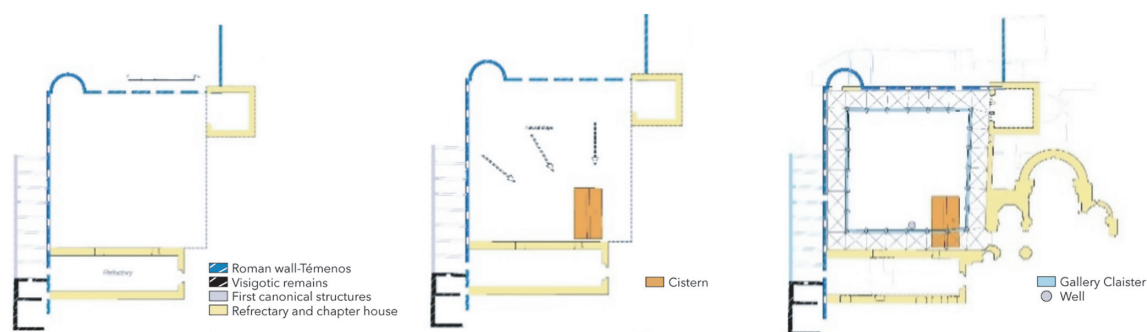


Figura 1. Evolución constructiva del claustro y la cisterna. Elaboración propia a partir de (Puche *et al.*, 2024).

⁹ Datos todavía no publicados. Agradecemos a Josep M. Macias y Andreu Muñoz por habernos dejado consultar los resultados de la prospección geofísica.

modelizaciones térmicas (BAHARVAND *et al.*, 2013). El mismo autor cita el trabajo de Cardinale, el cual comenta que existe una diferencia de 1 a 2 grados entre los cálculos de Design Builder y las medidas empíricas consignadas en el trabajo (CARDINALE *et al.*, 2013).

METODOLOGÍA

El objetivo a esclarecer se desarrolla a partir de una serie de pasos en los que se hará un levantamiento a partir del escaneo láser de la cisterna y se tomarán medidas térmicas que permitirán la modelización térmica de esta parte del edificio catedralicio. Los métodos de estudio no invasivos para el estudio térmico que se aplicarán se basarán en un primer estudio de análisis cuantitativo mediante termografía infrarroja y posterior modelizado a partir del *software* Design Builder (basado en *energy plus*). El procedimiento a seguir será el siguiente:

- Levantamiento mediante escaneo láser. La cisterna se levantará con un escáner láser Trimble TX5 con las siguientes propiedades: la unidad de medición de distancia tiene una ambigüedad de intervalo de 153,49 m (503,58 pies). Su rango operativo va desde 0,6 m hasta 120 m, tanto en interiores como en exteriores, siempre que haya baja luz ambiental y la medición se realice con incidencia normal sobre una superficie con un 90 % de reflectividad. La velocidad de medición puede alcanzar hasta 976.000 puntos por segundo. El error de medición es de ± 2 mm a distancias de 10 y 25 m, tanto en superficies con 90 % como con 10 % de reflectividad.
- Toma de datos térmicos. Los paramentos del edificio serán estudiados mediante termografía y el análisis de la temperatura superficial de la cisterna como objeto de análisis. Para poder desarrollar la monitorización de los cierres de la sala, se utilizará el siguiente instrumento: Flir Ex series E6, detector de infrarrojos de 43.200 (240×180) píxeles y un rango de temperatura ampliado de -20 °C a 550 °C (-4 °F a 1022 °F). También serán utilizados 5 sensores PCE-HT 71N Data Logger con un rango de medida de $-35/70$ °C / $-31/158$ °F / 0/100% H.r. con un error de $\pm 3\%$ H.r. (20/80%) y $\pm 5\%$ / ± 1 °C (33,8 °F) y una resolución de 0,5 % H.r. / 0,1 °C (32,18 °F). Para realizar el estudio de la temperatura ambiental se ubicarán los sensores suspendidos mediante una cuerda y ubicados a intervalos de 1 m desde el acceso de la cisterna.

- Modelización tridimensional en Design Building. Este método se basa en el cálculo de la transmitancia térmica estacionaria de un cierre convencional a través del peso y de la conductividad térmica de las distintas capas, así como de sus resistencias térmicas superficiales, siendo este uno de los criterios de cálculo teórico que utilizaremos. Las simulaciones se realizaron con el *software* Design Builder con el archivo climático EPW de Tarragona. La temperatura del suelo decrece al incrementarse la profundidad. Esta tiende a ser más constante a lo largo del año si la profundidad se incrementa. Después de una profundidad de 10 m, la temperatura se mantiene constante a $15,2$ °C. De acuerdo con Kim *et al.* (2025), la temperatura del suelo (T_s) a una profundidad de 4 m tiene un retraso de tres meses aproximadamente respecto a la temperatura del aire exterior. Aunque la temperatura media anual se mantiene al igual que la temperatura anual exterior, la oscilación anual se reduce a 5 °C.

RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO DE LA CISTERNA

La cisterna objeto de estudio se ubica en el ángulo sur oriental del claustro y se accede a ella por una pequeña boca de menos de 1 m de lado situada a pocos metros del ángulo sur oriental del jardín del claustro. En el año 2020 se llevó a cabo una primera exploración parcial en la que se realizó una fotogrametría del interior y se tomaron los primeros datos térmicos y de cota de agua (COLL PLA *et al.*, 2022). Durante esta exploración se constató que la cisterna estaba parcialmente llena de agua y, al mismo tiempo, se pudo comprobar que no existía ninguna comunicación con un pozo adyacente (Figura 2), pues la lámina de agua de su interior se situaba en una cota diferente.

En mayo de 2023, se vació la cisterna y se accedió físicamente a su interior. Esto permitió realizar un levantamiento con escáner láser, del que se han obtenido los datos métricos que se indicarán, y una exploración visual del interior de la estructura. La cisterna es de planta rectangular de 15,2 m de largo (de los cuales 4,8 m están debajo de la galería porticada y el resto en el jardín) y 8,15 m de ancha, con una superficie de unos 124 m².

Su interior está dividido por un muro de 0,90 m de espesor formado por 3 arcos, de unos

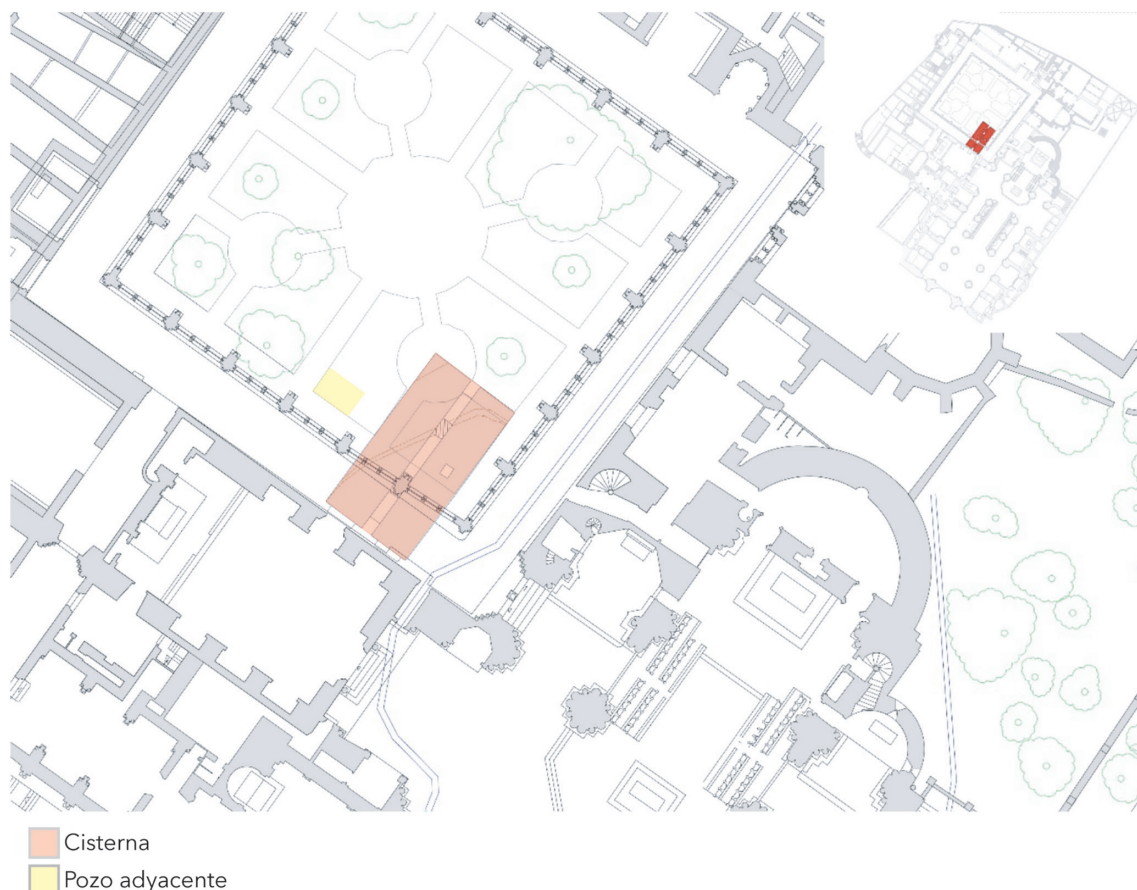


Figura 2. Contexto y ubicación de la cisterna del claustro de la catedral de Tarragona (2024). Elaboración propia a partir de (Puche et al., 2024).

2,6 m de luz a los extremos y 3,90 m en el arco de en medio, lo que crea dos naves o ámbitos diferenciados. La profundidad máxima es de unos 6,50 m. La nave occidental presenta un gran desnivel interior que parece seguir la inclinación normal del nivel geológico, de manera que la parte más elevada solo está a unos 0,70 m del techo. Se estima que tiene una capacidad de aproximadamente 600 m³. Estas dos naves están cubiertas por dos vueltas de medio punto (Figura 3).

Todo el interior presenta un revestimiento moderno de ladrillo y hormigón que impide ver el paramento original y no se puede confirmar que la inclinación de su interior se deba, de verdad, a un estrato geológico (Figura 4). Este revestimiento sirve para impermeabilizar la estructura. De hecho, hay noticias orales informando que, en períodos de fuerte lluvia,

cuando el nivel de agua en el interior de la cisterna aumentaba, se producían filtraciones en el interior de la catedral que provenían de la cisterna y que para evitarlo se decidió impermeabilizar su interior con un forro de obra.

Este mismo revestimiento impide establecer las medidas reales de la estructura, por lo que no se puede establecer la metrología en la que fue construida, dato que hubiera ayudado mucho a encuadrarla cronológicamente. A pesar de esta limitación se ha hecho la conversión de las medidas lineales en Cana y Palm de Destre, Cana y Palm de Barcelona y Peu Romà, que serían algunas de las unidades que se esperarían encontrar en esta construcción en función de la época en la que se debería haber construido. Las canas de Destre y de Barcelona son dos de las unidades de medida de época medieval que se han documentado

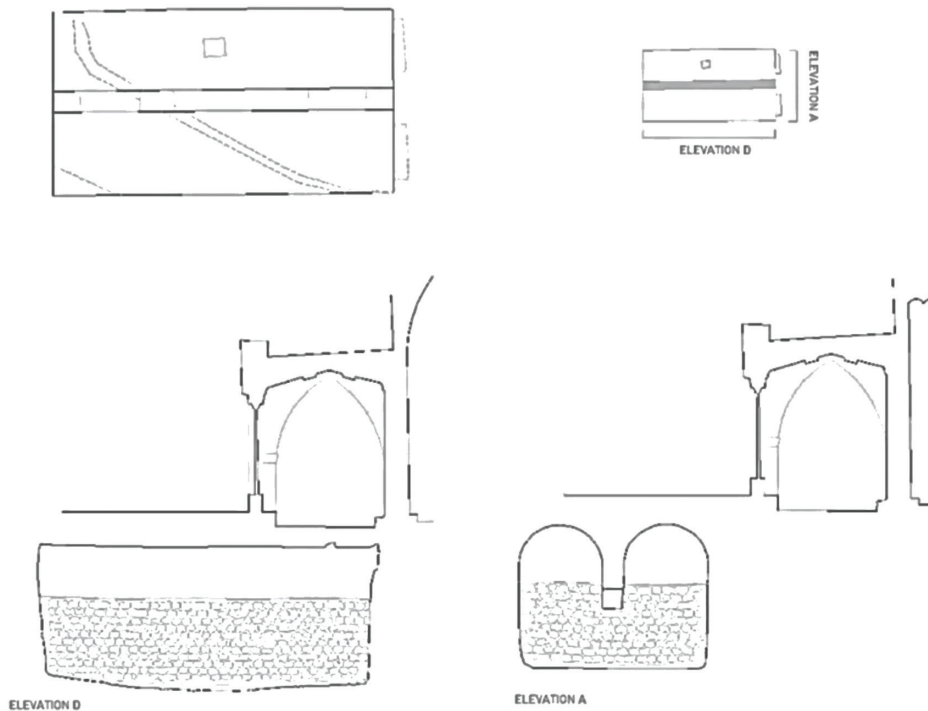


Figura 3. Levantamiento grafico de la cisterna de la catedral de Tarragona (2024).
Elaboración propia.



Figura 4. Interior de la cisterna con el revestimiento moderno.
Autoría propia.

en la catedral de Tarragona (PUCHE *et al.*, 2024: 14-15). La Cana de Destre es una unidad que se divide en 12 palmos y tiene un valor métrico incierto que va entre los 2,79 m y los 2,88 m, aunque se acepta como válido el valor promedio de 2,82 m (RIU, 1990). La Cana de Barcelona, por el contrario, se divide en 8 palmos y tendría una equivalencia a unos 1.555 m (TEIXIDÓ, 2008). El *Peu Romà* clásico, el *Pes Monetalis*, es la medida estándar utilizada en el imperio romano, desde época de Augusto, y que en la zona catalana se documenta hasta el siglo VIII (PUCHE, LÓPEZ, 2016). Tiene un valor métrico de 0,296 m (Tabla 1).

A pesar del elevado grado de incertidumbre debido a la existencia del revestimiento interno moderno, la Cana de Destre es la que da más coherencia y, a falta de mayor precisión, sería la que más posibilidades tenga de ser la unidad utilizada. Así, si se confirmara nuestra hipótesis, originalmente la cisterna podría medir 3 × 5,5 Canas de Destre (unos 8,5 m x 15,5 m aprox.) con naves con luz de 1,5 Canas de Destre (4,25 m aprox.) y arcos con luz interior de 1 y 2,5. Canas de Destre (2,82 m x 7,05 m aprox.).

No se observa ningún desagüe, lo que la convierte en una estancia estanca. De hecho, para poder acceder a ella se tuvo que extraer el agua de su interior con bombas hidráulicas. El pavimento, pese a estar cubierto por una gruesa capa de sedimentos hídricos, presentaba una doble inclinación de tal forma que la parte más honda coincidía con la vertical de la boca de entrada. Como detalle significativo se observaron trazas de entrada natural de cantidades significativas de agua en la

parte superior de la cisterna justo en el punto de contacto con el muro del antiguo refectorio. Esta entrada puntual generó un canal de escorrentía en el sedimento del interior de la cisterna. En superficie, en este mismo punto, se observan fuertes humedades en la parte baja del muro del refectorio que da a la galería del claustro, clara evidencia de una presencia constante de agua en esta zona (Figura 5). Tradicionalmente, siempre se ha considerado que la cisterna servía para recoger las aguas pluviales del claustro y zonas adyacentes. Esta área tiene unos 4.000 m², y si se considera que la pluviometría media actual de Tarragona es de unos 500 mm/m², según datos del SMC, podrían recogerse, en todo un año, cerca de 20.000 Hl.

RESULTADOS DE LA TOMA DE DATOS TÉRMICOS

Se han realizado fotografías térmicas en el suelo de la cisterna, en los muros y en las bóvedas, lugares donde se considera que pueden dar resultados significativos. Sobre las lecturas con cámara termográfica (Figura 6), la temperatura superficial más elevada se encuentra en los muros perimetrales de la cisterna, en estos la temperatura se encuentra en un rango de 11,3 °C a 12,9 °C, las bóvedas tienen una temperatura de 10,5 °C y los pilares una temperatura de 11,5 °C, esto queda especificado en las muestras.

Se observa en el estudio térmico ambiental que la temperatura mínima es de 14,7 °C y la máxima es de 15,2 °C, de forma estable a lo

Tabla 1. Valores de las medidas tomadas de la cisterna, según método.

	Metros	Cana Destre	Medida Teórica en Cana Destre	Cana Barcelona	Palmo Destre	Palmo Barcelona	Pie romano
Ancho	8,15	2,9	3	5,2	35,0	41,8	27,53
Largo	15,21	5,4	5,5	9,8	65,3	78,0	51,39
Ampl. Nau	3,6	1,3	1,5	2,3	15,5	18,5	12,16
Arc 1	2,66	1,0	1	1,7	11,4	13,6	8,99
Arc 2	3,9	1,4	1,5	2,5	16,7	20,0	13,18
Arc 3	2,6	0,9	1	1,7	11,2	13,3	8,78



Figura 5. Foto de las humedades en el exterior del muro del refectorio. Autoría Propia.

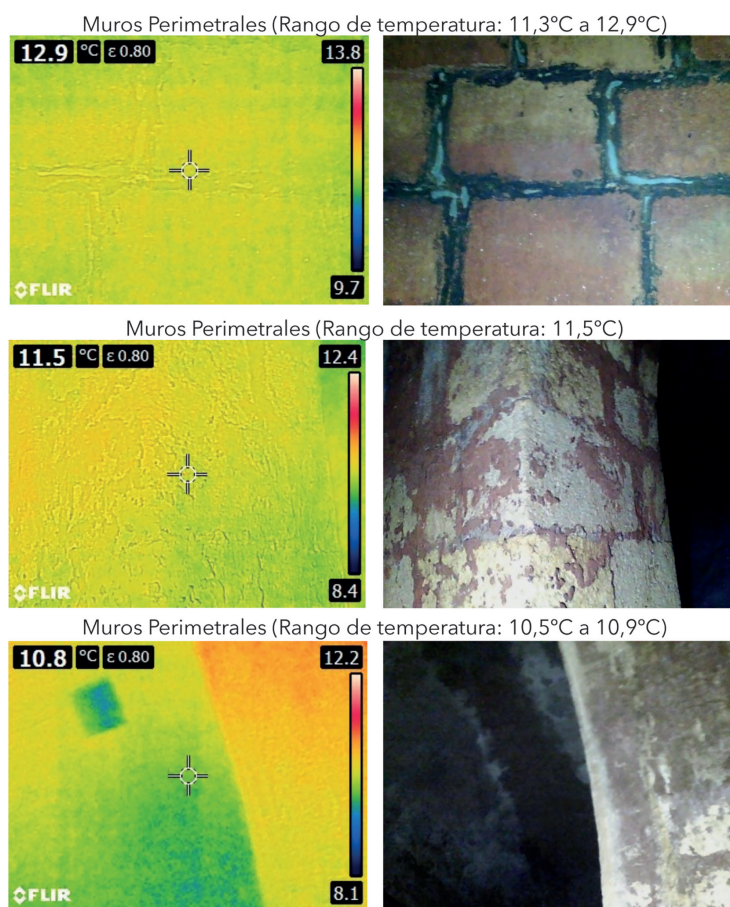


Figura 6. Valores de las lecturas de la cámara termográfica. Muros perimetrales (rango de temperatura: 10,8 °C a 12,9 °C). Autoría propia.

largo de toda la altura; también se observa que la humedad relativa mínima es de 94,8 % y la máxima es del 100 % manteniéndose estable a lo largo de toda la altura. Esto confiere un rango de temperatura de rocío de entre 14,0 °C y 15,2 °C, indicado en la Tabla 2.

RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN TÉRMICA

Los resultados del programa Design Builder indican que la estructura analizada se encuentra en una profundidad de entre 8 m (piso) y 2 m (bóveda) aproximadamente. Por las simulaciones digitales y la configuración de la Ts

(Temperatura superficial) se ha considerado una profundidad media de 4 m.

De acuerdo con esto y el archivo climático EPW, la temperatura del subsuelo para el cálculo se ha configurado entre 12,8 °C (abril) y 17,8 °C (octubre), tomando una temperatura media de 15,3 °C.

El modelo de simulación se ha simplificado a un volumen rectangular de 8,34 m x 15,5 m x 6,50 m de altura, con el fin de reducir las variables de modelización. El análisis cuantitativo (Figura 7) muestra los resultados en dos días de abril, en el mismo mes en el que se realizaron las medidas. En estos días la temperatura

Tabla 2. Resultados de los sensores térmicos en °C y en %. Elaboración propia.

	SENSOR 1	SENSOR 2	SENSOR 3	SENSOR 4	SENSOR 5
Temperatura (°C)					
Máx.	15,2	15,1	15,1	15,1	15,2
Mín.	14,8	14,8	14,8	14,7	14,8
Humedad relativa (%)					
Máx.	100	100	100	100	100
Mín.	94,8	97,2	97,3	95,7	97,9
Temperatura condensación (°C)					
Máx.	15,2	15,1	15,1	15,1	15,2
Mín.	14	14,4	14,4	14,1	14,5

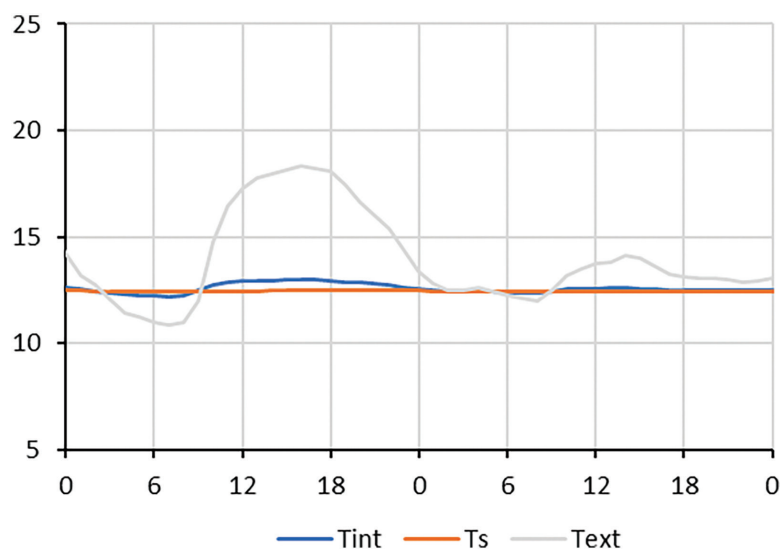


Figura 7. Temperatura media diaria, durante el mes de abril, aire interior, aire exterior y superficie interior. Elaboración propia con el uso de Design Builder.

del aire interior varía en el primer día de 12,41 °C a 12,97 °C, y en el segundo día de 12,43 °C a 12,6 °C. Es decir, la oscilación de la temperatura interior está entre 0,2 °C y 0,5 °C aproximadamente. Esta oscilación es bastante similar a las medidas tomadas *in situ*, sin embargo, la temperatura media de las simulaciones es menor a 2 °C. Por otra parte, la temperatura superficial de las paredes tiene una temperatura constante de 12,4 °C aproximadamente.

En la Figura 8 se muestran los resultados de la tendencia de la temperatura media diaria del aire interior, aire exterior y superficie interior durante todo el año. En consonancia con esta, la temperatura superficial interior va de 12,5 °C en abril a los 17,8 °C en octubre.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A través de técnicas como el escaneo láser y la termografía, se ha podido obtener el rango de temperaturas mínimas y máximas superficiales que presenta la cisterna junto con sus condiciones higrotérmicas, lo que nos permite definir su comportamiento térmico. Estos resultados indican que la zona donde la temperatura es más elevada es en los muros perimetrales, seguido de los pilares y la bóveda.

Sugiere que el interior puede mantenerse a una temperatura razonablemente constante y que la diferencia de temperatura se debe a la variabilidad de los materiales constructivos y su geometría. Como bien muestran los sensores térmicos, la cisterna permitiría la buena conservación de los alimentos o hielo. Esto se debe a la temperatura mínima que se mantiene de forma estable (14,7-15,1 °C), de la cisterna, y en particular a su capacidad de retener la humedad, alcanzando niveles cercanos a los 100 %. El análisis de todos estos datos se complementa con la modelización térmica de la cisterna, permitiendo estudiar la eficacia de los materiales y comprender la calidad y forma empleada de los mismos, para así poder definir si la cisterna en la catedral de Tarragona es más eficaz que la conservación de hielo en construcciones circundantes. Estos datos indicarían la viabilidad física de la conservación de hielo en el interior de la cisterna. Sin embargo, la forma del pavimento, que crea una cubeta interior de recogida de las aguas, la ausencia de cualquier estructura de drenaje que permita evacuar el agua provocada por la fusión del hielo y las reducidas dimensiones de la boca de entrada que limitarían mucho las operaciones de carga y recuperación del hielo, nos indicaría que es muy poco probable que sea el pozo mencionado en la documentación



Figura 8. Resultados de la tendencia de la temperatura media diaria durante el año; aire interior, el aire exterior y la superficie interior. Elaboración propia con el uso de Design Builder.

histórica. Descartada esta posibilidad debería considerarse la cisterna dentro del sistema de recogida y reaprovechamiento de aguas pluviales. De hecho, la existencia de cisternas en los claustros monacales, ya desde época románica, es una exigencia canónica. Sin embargo, hay dos elementos que hacen que se matice esta explicación. El primero es la anomalía de su excentricidad puesto que lo habitual en los conjuntos monásticos es que la cisterna se sitúe en medio del patio del claustro. El otro es la presencia de agua freática en la zona y las humedades detectadas en la galería sur, en concreto en el muro del antiguo refectorio.

A pesar de situarse en lo alto de una colina, se documenta la existencia de afloramientos de agua en toda esta zona. Es suficientemente conocida la “Fuente ascendente” que describe Hernández Sanahuja en la parte alta de Tarragona, en concreto en el número 6 de la Carrera Arc de St. Lorenzo, a unos 120 m de

nuestra cisterna y una cota más elevada, surgencia que, según este autor, fue uno de los motivos por los que los primitivos habitantes de Tarragona se situaron en lo alto de la colina de la ciudad (Figura 9) (HERNÁNDEZ SANAHUJA, 1867, en RUIZ DE ARBULO et al., 2015). Igualmente, no puede olvidarse la existencia de un pozo de agua en el mismo claustro que no tiene ninguna relación con la cisterna, tal y como ya se ha comentado anteriormente. Estos dos elementos indican la presencia de aguas subterráneas en la zona a pesar de ubicarse en la parte superior de una colina. También debe recordarse las humedades que se detectan en la parte inferior del muro de la galería del claustro que da a la capilla del Santísimo, el antiguo refectorio románico, justo en la vertical del punto donde se observa la entrada de aguas naturales (es decir, no canalizadas) en la cisterna. Recordemos que la cisterna está impermeabilizada y que, por tanto, estas humedades no pueden provenir de aquí.

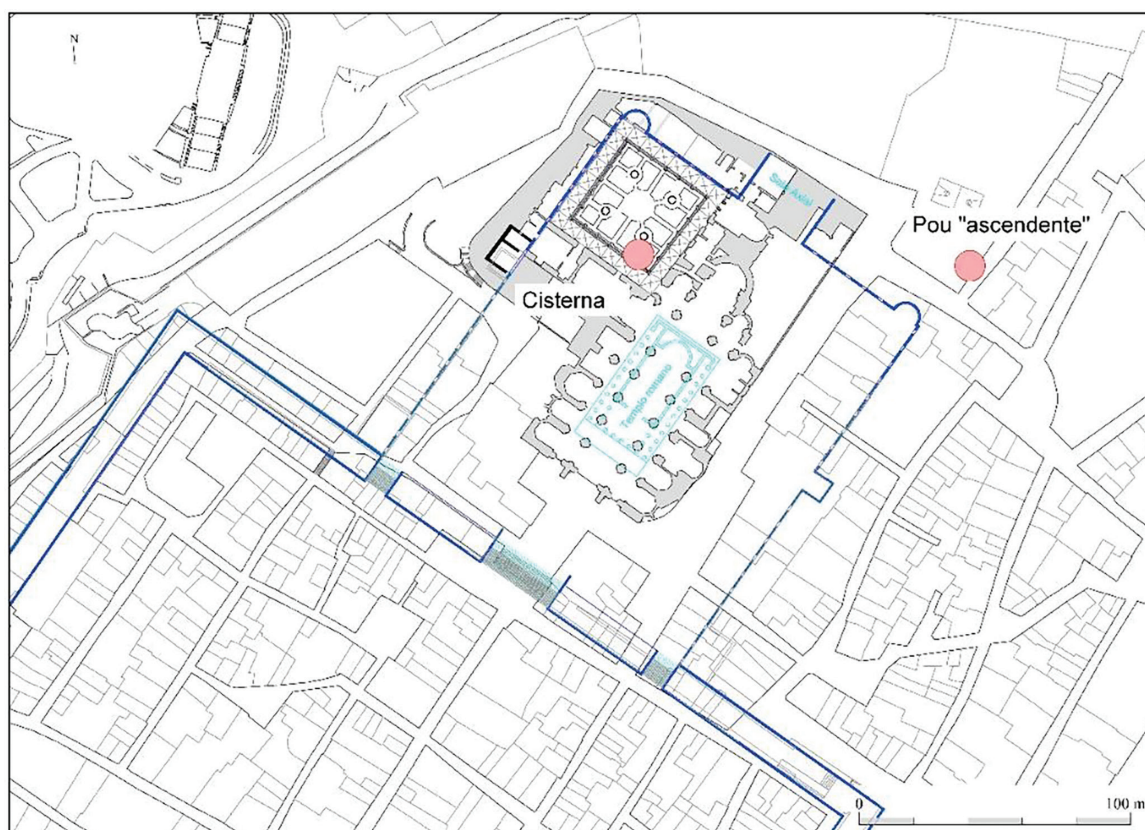


Figura 9. Situación de las surgencias de agua en la parte superior de la colina de Tarragona. Extraído de (Puche et al., 2024).

Todos estos elementos permiten plantear, a nivel hipotético, que la situación excéntrica de la cisterna pueda obedecer tanto a funciones de almacenamiento de agua como de drenaje de aguas freáticas para evitar las humedades en el refectorio. Podemos suponer que la construcción de los cimientos del muro norte del refectorio habría cortado el drenaje natural de las aguas subterráneas y, siendo conscientes de este hecho y para minimizar los efectos negativos que esto podría comportar, a la hora de construir la cisterna de recogida de aguas por el claustro se decidió hacerlo en el ángulo sur-oriente. Así, esta cisterna serviría para drenar las aguas subterráneas, al tiempo que recogía las aguas pluviales. Así también se explicaría el porqué del sobredimensionamiento de esta estructura.

El hecho de que con posterioridad al revestimiento moderno del interior de la cisterna aparecieran importantes humedades en el muro de refectorio reforzaría esta idea, pues su impermeabilización impide tanto que el agua de su interior se filtre hacia el exterior como que el agua del subsuelo se filtre hacia su interior.

AGRADECIMIENTOS

Se quiere agradecer la ayuda y el apoyo prestados por el Cabildo Catedralicio, el Museo Diocesano de Tarragona, a los bomberos del GRAE de Valls y a la EPSEB (Escola Politècnica Superior de l'Edificació de Barcelona).

FINANCIACIÓN

Esta investigación ha sido desarrollada dentro del proyecto de investigación “Excavacions en el conjunt monumental de la Catedral de Tarragona (III Fase)” CLT_2022_EXP_ARQ-001SOLC_00000160, dirigida por Josep Maria Macies.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ MARTÍNEZ, José María; NOGALES BASARRATE, Trinidad (2003): *Forum Coloniae Augustae Emeritae. Templo de Diana*. Mérida, 2 vols. Recuperado de <https://www.cultura.gob.es/>

mnromano/eu/dam/jcr:8734ccf3-c37e-4883-9f50-f6d6980a4c16/forum-catalogo-web-definitivo.pdf

AMIGÓ ANGLÉS, Ramon (2002): El tràfic amb el fred al camp de Tarragona (segles XVI-XIX). L'Abadia de Montserrat. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=121132>

AYUSO VIVAR, Pedro Antonio (2010): “Las rutas del frío: el antiguo comercio de la nieve y el hielo en la comarca de Litera”. LITTERA. Revista de estudios Literarios, 2, 29-54. Recuperado de <https://www.divulgameteo.es/fotos/meteoroteca/Rutas-del-frío.pdf>

BAHARVAND, Mohammad; HAMDAN, Ahmad Mohd; ABDUL, Majid Roshida (2013): “Design Builder Verification and Validation for Indoor Natural Ventilation”. *Journal of Basic and Applied Scientific Research (JBASR)*, 3(4), 8. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/280918236_DesignBuilder_Verification_and_Validation_for_Indoor_Natural_Ventilation

BOTO VARELA, Gerardo (2016): “Morphogenesis and Spatial Organization of Tarragona Cathedral (1150-1225)”, en V. Boto y J. E. A. Kroesen (eds.), *Romanesque Cathedrals in Mediterranean Europe: Architecture, Ritual and Urban Context*, pp. 85-105. Turnhout: Brepols Publishers. <https://doi.org/10.1484/M.AMA-EB.5.109561>

CARDINALE, Nicola; ROSPI, Gianluca; STEFANIZZI, Pietro (2013): “Energy and microclimatic performance of Mediterranean vernacular buildings: The Sassi district of Matera and the Trulli district of Alberobello”. *Building and Environment*, 59, 590-598. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/257172104_Energy_and_microclimatic_performance_of_Mediterranean_vernacular_buildings_The_Sassi_district_of_Matera_and_the_Trulli_district_of_Alberobello

COLL PLA, Sergio; COSTA JOVER, Agustí; PUCHE FONTANILLES, Josep Maria; FERNÁNDEZ PINO, Iván (2022): “El pou de gel de la catedral de Tarragona”. *Revista del Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Tarragona*. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/TAG/article/view/387878>

ECOPROYECTA ARQUITECTURA SOSTENIBLE SLP (2019): *Plan director de los pozos de la nieve Sierra Espuña 2019*. Murcia: Dirección General de Bienes Culturales, Consejería de Turismo y Cultura de la Región de Murcia. Recuperado de <https://ecoprojecta.es/plan-director-pozos-nieve/>

EISABEGLOO, Azan; HAGHSHEENAS, Mohammad; BORZOU, Ahmad. (2016): “Comparing the results of thermal simulation of Rasoulia House in Yazd by DesignBuilder software, with experimental data”. *International Journal of Architectural Engineering and Urban Planning*, 26(3), 121-130. <https://doi.org/10.22068/IJAUP.26.2.121>

FIGUEROLA, Joan; GAVALDÀ, Joan Carles (2007): “Proyecto de restauración del interior de las naves de la Catedral de Tarragona, 4.ª etapa del plan director. Tarragona”, en F. F. C. (2015), *Tarragona*, en J. M. Pérez González (dir.), *Enciclopedia del románico en Cataluña: Tarragona*, pp. 452-564. Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico. Recuperado de https://www.romanicodigital.com/sites/default/files/pdfs/files/tarragona_Tarragona.pdf

GILLESPIE, Ian (2011): *ULSTER ARCHAEOLOGICAL SOCIETY, Survey Report: No. 29, Survey of the Ice House at Mount Stewart Demesne UAS/11/02*. Belfast: Ulster Archaeological Society. Recuperado de <https://www.qub.ac.uk/sites/uas/uasfilestore/CoDown/Filetoupload/724604,en.pdf>

GRAU I PUJOL, Josep Maria (2010): “Els pous de gel de la Pasquala de Montblanc (segle XVIII) El Foradot (Montblanc)”, en A. Picón i Manyosa (2012), *El pou de gel de la Granja Mitjana (Vimbodí)*:

- Seguiment arqueològic, restauració, posada en valor i la seva contextualització*. Podall: Publicació de cultura, patrimoni i ciències, 2, pp. 65-93. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4673282>
- HERNÁNDEZ SANAHUJA, Buenaventura (1867): "El indicador arqueológico de Tarragona", en J. A. Beltrán Caballero, J. Ruiz de Arbulo Bayona y F. Gris (2015), *La gestión del agua en la antigua Tarraco*, en L. Borau y A. Borlenghi (coords.), *Aquae Ductus: actualité de la recherche en France et en Espagne: Actes du colloque international de Toulouse, 15-16 février 2013*, pp. 117-137. Recuperado de <https://recercat.cat/handle/2072/291619#page=1>
- KIM, Young-Sang; NGUYEN CONG, Hanh; DINH, Ba Huu; KIM, Hyeon-Ki (2025): "Effect of ambient air and ground temperatures on heat transfer in underground power cable system buried in newly developed cable bedding material". *Geothermics*, 125, 103151. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2024.103151>
- LIAÑO MARTÍNEZ, Emma (2018): "Elementos ornamentales de origen islámico en el claustro de la Catedral de Tarragona". *Universitas Tarraconensis. Revista de Geografía, Història i Filosofia*. Recuperado de <https://revistes.urv.cat/index.php/utghf/article/view/2080>
- MACIAS, Josep; MENCHON, Joan; MUÑOZ, Andreu; TEIXELL, Imma (2009): "La construcción del recinto imperial de Tarraco (provincia Hispania Citerior)". *Butlletí Arqueològic*, 32, 423-479. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/277289507_La_construccion_del_recinto_imperial_de_Tarraco_provincia_Hispania_Citerior
- MACIAS SOLE, Josep María (2013): "La medievalización de la ciudad romana", en J. M. Macías Solé y A. Muñoz Melgar (eds.), *Tarraco christiana ciuitas (Documenta 24)*. Institut Català d'Arqueologia Clàssica. https://doi.org/10.51417/documenta_24
- PUCHE, Josep Maria; LÓPEZ, Jordi (2016): "Tècnica i arquitectura tardoantiga de Centelles (Tarragona). Observacions i primeres reflexions". *Quarhis*, 12, 122-143. Recuperado de https://www.academia.edu/117348513/Centelles_Cuando_habla_la_arquitectura
- PUCHE, Josep Maria; BUILL POZUELO, Felipe; COSTA-JOVER, Agustí; MACIAS, Josep Maria; NÚÑEZ-ANDRÉS, Amparo; MORENO-GARCÍA, David (2024): "From the point cloud to knowledge". *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2024.e00382>
- RIU, Manuel (1990): "Reflexions sobre el destre, la cana de destre i l'agrimensor Jaume de Sanctacília". *Medievalia*, 9, 141-149. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/UTGHF/article/view/356608>
- RUIZ DE ARBULO, Joaquín; MAR, Ricardo; BELTRÁN CABALLERO, Alejandro; COSTA, Arnaud; GRIS, Ferran.; GUIDI, Jose Javier (2015): "La gestión del agua en la antigua Tarraco" a Borau, L.; Borlenghi, A. (eds.), *Aquae ductus. Actualité de la recherche en France et en Espagne* (Toulouse, del 15 al 16 de febrer de 2013), *Aquitania Suppl.* 33, Federation Aquitania, Toulouse, p. 117-138.
- SAMPEDRO FERNÁNDEZ, Andrés (1999): "Una aproximación al mundo de la nieve en Galicia". *Cuadernos de Etnología de Navarra*, 31(73). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/metricas/documentos/ARTREV/308963>
- SÁNCHEZ REAL, José (1969): "Exploración arqueológica en el jardín de la Catedral de Tarragona", *Madrider Mitteilungen*, 10, 276-296, en J. M. Macias, J. J. Menchón, A. Muñoz I. Teixell (2007), *Excavaciones en la catedral de Tarragona y su entorno: Avances y retrocesos en la investigación sobre el culto imperial*, en T. Nogales y J. González (Eds.), *Culto imperial: Política y poder*, pp. 763-798. L'Erma di Bretschneider. Recuperado de https://www.academia.edu/625069/Excavaciones_en_la_Catedral_de_Tarragona_y_su_entorno_avances_y_retrocesos_en_la_investigaci%C3%B3n_sobre_el_culto_imperial_2007_
- TEIXIDÓ, Francesc (2008): *Pesos, mides i mesures al Principat de Catalunya i comtats de Rosselló i Cerdanya a finals del segle XVI (1587-1594). Textos Medievals Catalans, Estudis*, 46. Barcelona: Fundació Noguera. Recuperado de <https://search.worldcat.org/es/title/Pesos-mides-i-mesures-al-principat-de-Catalunya-i-comtats-de-Rossello-i-Cerdanya-a-finals-del-segle-XVI-1587-1594/oclc/867001905>