

LA BÓVEDA «GÓTICA U OJIVAL» EN LA ARQUITECTURA MILITAR DEL SIGLO XVIII. EL CASO DE LOS ALMACENES DE PÓLVORA, DESDE GIBRALFARO HASTA SAN FERNANDO DE FIGUERAS¹

THE "GOTHIC OR OGIVAL" VAULT IN THE MILITARY ARCHITECTURE OF THE EIGHTEENTH CENTURY. THE CASE OF GUNPOWDER WAREHOUSES, FROM GIBRALFARO TO SAN FERNANDO DE FIGUERAS

Antonio Bravo Nieto^{1,a} , Sergio Ramírez González^{2,b} , Josep Lluís i Ginovart^{3,c} 
, Cinta Lluís Teruel^{3,d} 

¹ Universidad Nacional de Educación a Distancia, España

² Universidad de Málaga, España

³ Universitat Internacional de Catalunya, España

✉ anieto4@hotmail.com

✉ bsrg@uma.es

✉ cjluis@uic.es

✉ dcintalluis@uic.es

Recibido: 29/01/2023; Aceptado: 01/05/2023

Resumen

Queda bien acreditado el elevado nivel de conocimientos constructivos que reunían los ingenieros militares en la España de los siglos XVIII y XIX, y que forma parte importante de lo que pudiéramos denominar mecánica de la Ilustración. Uno de los capítulos menos conocidos de esta labor edilicia fue la utilización de la bóveda apuntada en la construcción de almacenes de pólvora, llamada en esos momentos «bóveda gótica u ojival». Este estudio pretende resaltar el impulso innovador de tales ingenieros, al revelar su esfuerzo por encontrar nuevas formas y tipologías que permitieran perfeccionar el mencionado modelo arquitectónico. Diferentes ejemplos en el ámbito territorial de la Monarquía Hispánica demuestran que, frente al prototipo de Vauban considerado durante mucho tiempo como canónico, hubo ingenieros que desarrollaron propuestas diferentes y que evolucionan desde los almacenes construidos en Gibralfaro, San Fernando y Ceuta, hasta los que se levantan en la fortaleza de San Fernando de Figueras. Este último demuestra ser no solo la propuesta más elaborada de almacén con bóveda apuntada del siglo XVIII, sino también la que adelanta en su estructura elementos que se adoptarán de forma definitiva en la siguiente centuria, siendo, por tanto, un antecedente de gran relevancia en este sentido.

Palabras clave: ingenieros militares; almacenes de pólvora; bóveda apuntada; Gibralfaro; San Fernando de Figueras.

Abstract

The high level of constructive knowledge that military engineers had in Spain in the 18th and 19th centuries is well accredited, and it forms an important part of what we could call Enlightenment mechanics. One of the less ordinary chapters of this building work was the use of the pointed vault, called at that time “Gothic or ogival vault”, in the construction of gunpowder stores. This study aims to highlight the innovative spirit of such engineers, by revealing their effort to find new forms and typologies that would allow them to perfect and revolutionize the aforementioned architectural model. Different examples in the Hispanic sphere show that, compared to Vauban's prototype considered canonical, there were engineers who developed different proposals and that evolved from the warehouses built in Gibralfaro, San Fernando and Ceuta, to those that rise in the fortress of San Fernando de Figueras. The latter proves to be not only the most elaborate proposal for a warehouse with a pointed vault of the 18th century, but also the one that advances in its structure elements that will be definitively adopted in the following century, being, therefore, an antecedent of great relevance in this sense.

Keywords: military engineers; gunpowder warehouses; pointed vault; Gibralfaro; San Fernando de Figueras.

INTRODUCCIÓN

El proyecto edificatorio, en el campo de la ingeniería militar, revela la respuesta que esta arquitectura ha ofrecido históricamente a la estrategia defensiva de las plazas y ciudades fortificadas. Una de las piezas esenciales dentro del conjunto de recintos defensivos hispanos fue la construcción de almacenes de pólvora, cuyas estructuras vinieron a suceder a aquellas otras dispuestas en el interior de torreones, cavidades naturales o bajo tierra (Cassani 1705, 86). Dada su naturaleza resistente, los almacenes del siglo XVIII representan un claro exponente de la aplicación formal de la mecánica ilustrada en la España borbónica, llevada a cabo por los componentes del Cuerpo de Ingenieros Militares creado en 1711 (Lluís i Ginovart 2015, e103). El corpus de esta cultura científica quedó depositado en la tratadística, siendo accesible a través de la Biblioteca de la Academia de Matemáticas de Barcelona (1720) (Segovia 2004, 77-92) o en las bibliotecas particulares de muchos de estos ingenieros (Galland-Seguela 2004, 179)².

La clasificación morfológica y tipológica de estos edificios nos aporta secuencias formales, geográficas y cronológicas que son complementarias a las derivadas de la estrategia histórica defensiva. Por ello se han estudiado, hasta el 28 de noviembre de 2022, un total de 528 documentos gráficos relativos a proyectos de almacenes de pólvora en archivos españoles³. En la selección se han primado los diseños que disponen de planta y sección, precisando con esto la forma del edificio y descartando aquellos en los que se producían coincidencias en autor y cronología; cuestión que nos permitió seleccionar 271 proyectos realizados entre 1610 y 1887.

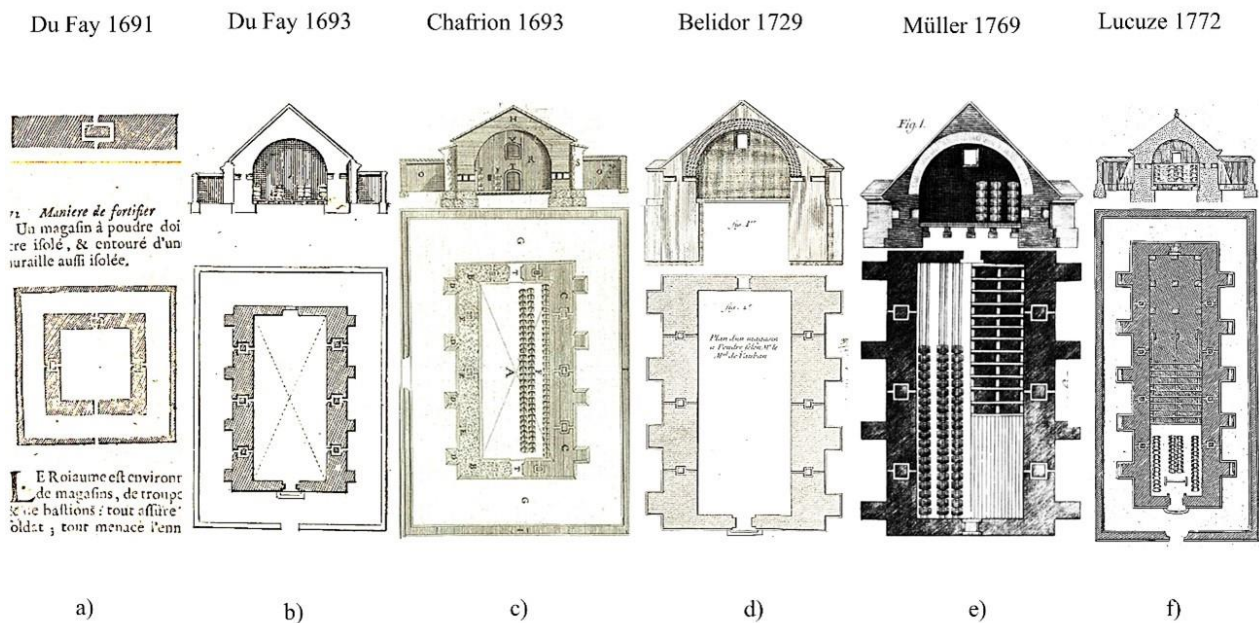
Dentro de este continuo proceso de ensayo en el que se emplearon los ingenieros militares españoles, merece la pena detenernos en la utilización de la bóveda apuntada, la cual aparece reseñada en la práctica totalidad de los tratados del momento como «bóveda gótica u ojival», a pesar de que no lo sea en el sentido más estricto. En la catalogación realizada existe un total de 29 representaciones gráficas de este tipo de bóvedas trazadas entre 1689 y 1874.

LOS MODELOS CANÓNICOS DE ALMACENES DE PÓLVORA EN LA INGENIERÍA MILITAR

En la tratadística militar, la primera definición morfológica de los polvorines de Sébastien Le Prestre, Señor de Vauban (1633-1707), aparecerá en la *Manière de fortifier selon la méthode de Monsieur de Vauban*, editada por el abad Du Fay, y a la que el propio Vauban dio su consentimiento en el año 1691⁴. En la referida obra se representa la planta de un almacén protegido a través de un recinto exterior, provisto de muro con una ventilación contra impacto y cubierto mediante bóveda a prueba de bomba (Du Fay 1681, 170-172) (fig. 1a). En la edición de 1693 se dibuja la sección constructiva del almacén con una bóveda de cañón sobre paredes reforzadas mediante contrafuertes (Du Fay 1693, 191-193) (fig. 1b). Este prototipo se convertirá en modelo paradigmático, hasta el punto de ser incluido con una estructura similar en la publicación *Escuela de Palas ò sea Curso Matemático* (1693, 175-177), atribuido a José Chafrión (1653-1698) y más recientemente al marqués de Leganés (Cobos Guerra, 2017, 99-101) (fig. 1c).

Fig. 1 El modelo canónico de almacenes de pólvora de Vauban en la tratadística

Polvorín ideal de Sébastien Le Prestre, Señor de Vauban (1691)

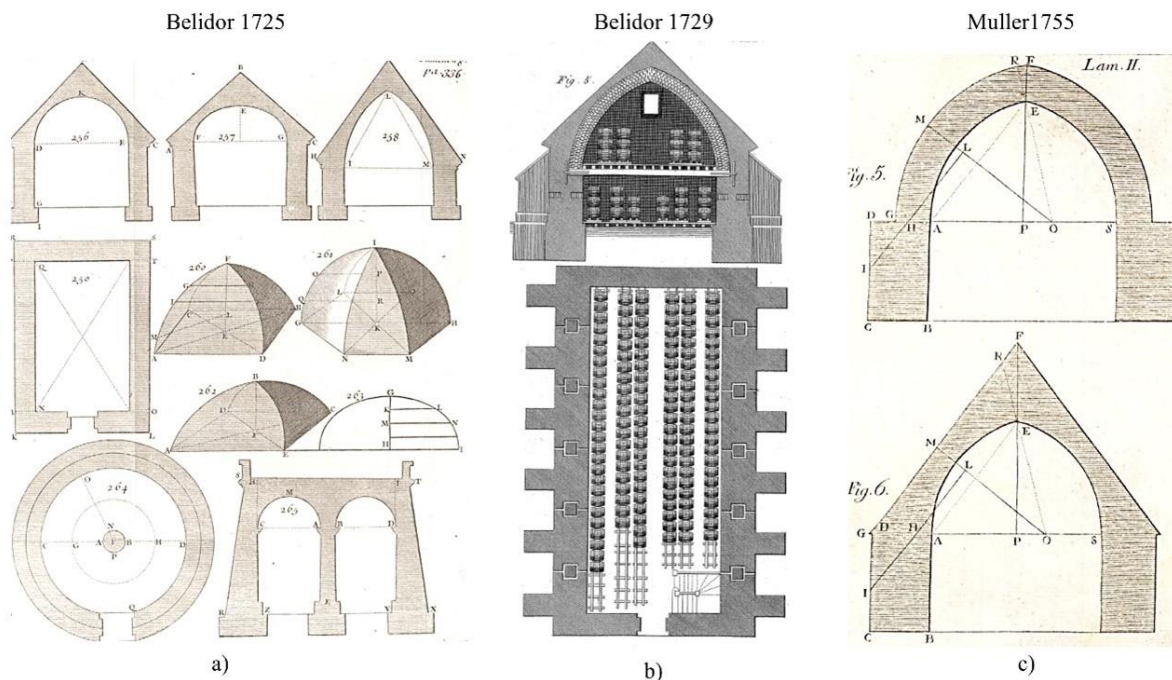


LAS NUEVAS VARIANTES DE BELIDOR

Bernard Forest de Belidor (1698-1761) recoge en su obra *Nouveau cours de Mathématique à l'usage de l'Artillerie* (1725) el modelo de almacén de pólvora de Vauban (fig. 1d), si bien amplía la tipología de bóvedas de mampostería a las rebajadas y, también, a las apuntadas (Belidor 1725, 336)⁵ (fig. 2a). Por su parte, en *Aplication de la Mecanique à la construction des Magazins à poudre* determina el estribado exterior de las estructuras (Belidor 1725, 490-498)⁶. Las tipologías: bóvedas de medio punto, apuntadas a tercio punta, elípticas, planas, etc. son recogidas en el inicio del libro II de *La science des ingénieurs* (Belidor 1729, 64)⁷. También plantea la curvatura que conviene dar a una bóveda para que todas sus partes estén en equilibrio y que ofrece como resultado la forma de catenaria (capítulo III, prop. 5, del libro II).

Finalmente dedica el capítulo no. 9 del libro IV, al detalle de la tipología de los polvorines (Belidor 1729, 62-67)⁸.

Fig. 2 Las bóvedas apuntadas en la construcción de almacenes de pólvora



De la variedad de modelos de almacenes propuestos, Belidor plantea tres tipos principales, todos con estribos hacia el exterior: dos con bóvedas de medio cañón y uno con bóveda apuntada. El ejemplo que denomina figura 1 era el más utilizado según este autor: nave rectangular con dos bóvedas de medio cañón apoyadas en pilares intermedios, aunque cubiertas con un solo techo a dos aguas. Sin embargo, prefería una bóveda única por el gran sobrepeso que acusaba la cubierta del anterior. Igualmente desaconsejó el modelo 2, asimismo con bóveda de medio cañón y una mayor luz, que permitía establecer un piso intermedio a modo de granero apoyado sobre pilares en la planta baja, por cuanto a su parecer se acumulaba en él demasiada pólvora. Finalmente, en la figura 3, representa una bóveda apuntada, aun a sabiendas de que Vauban era crítico con este sistema al estimar que las bóvedas eran muy débiles frente a los posibles bombardeos (fig. 2b).

La obra de Belidor fue publicada por John Müller (1699-1784) como *A treatise containing the elementary part of fortification, regular and irregular. For the use of the Royal academy of artillery at Woolwich* (Müller 1755, 215-222), donde tratará de los *Of Powder-Magazines* refiriéndose al modelo Vauban (fig. 1e). Concluye John Müller que las bóvedas de cañón soportan mejor los impactos de las bombas que las de forma gótica, por lo que las desaconseja. Sin embargo, no deja de estudiarlas en su tratado en un capítulo dedicado a la teoría de los arcos, donde aparece dibujado y planteado uno ojival (Müller 1755, 42)¹⁰.

A su vez, este tratado fue traducido y ampliado para el uso de la Academia de Matemáticas de Barcelona por Miguel Sánchez Taramas (1733-1799), bajo el título *Tratado de fortificación, ó Arte de construir los edificios militares, y civiles* (Crespo Delgado, 2017, 123-44). Este autor defiende otras opciones que se aplicaban en España, de modo que viene a cuestionar lo propuesto por Vauban. Sánchez Taramas continúa señalando que, respecto a los almacenes de pólvora, «se buscaron diferentes formas y figuras, pero pasaron muchos años en que cada uno

lo hacía según su idea». La más común era cubrirlos con varias bóvedas de cañón apoyadas en el medio sobre pilares. No obstante, el problema que daban tales almacenes es que cargaban demasiado peso en la techumbre. Por esa razón se determinó hacerlos de un solo cañón de bóveda «cuya especie era la gótica». Para que tuvieran más capacidad de almacenaje se insertaba un piso de madera en el arranque de la misma bóveda, definiendo la compartimentación del espacio interior (Sánchez 1769, 357-369)¹¹ (fig. 2c).

Miguel Sánchez Taramas, en las notas que añade a la traducción del anterior, sí se muestra totalmente partidario del modelo de bóveda apuntada que se había construido en San Fernando de Figueras y defiende técnicamente su uso, como veremos en el apartado correspondiente. Con ello, se distanciaba de una manera clara de los estándares respaldados por los tratados anteriores.

En consecuencia, resulta razonable pensar que si pese a la reprobación de los principales tratadistas extranjeros las bóvedas de cañón apuntadas se seguían representando y construyendo era porque los ingenieros las estimaban sólidas y útiles para edificar dichos almacenes¹². Eso sí, en los *Principios de fortificación* (1772), editado para el mismo uso de la Academia de Matemáticas, Pedro Lucuze (1692-1779) dibuja el modelo canónico de Vauban en el capítulo XIX de «Edificios principales» (Lucuze 1772, 85-90)¹³ (fig. 1f).

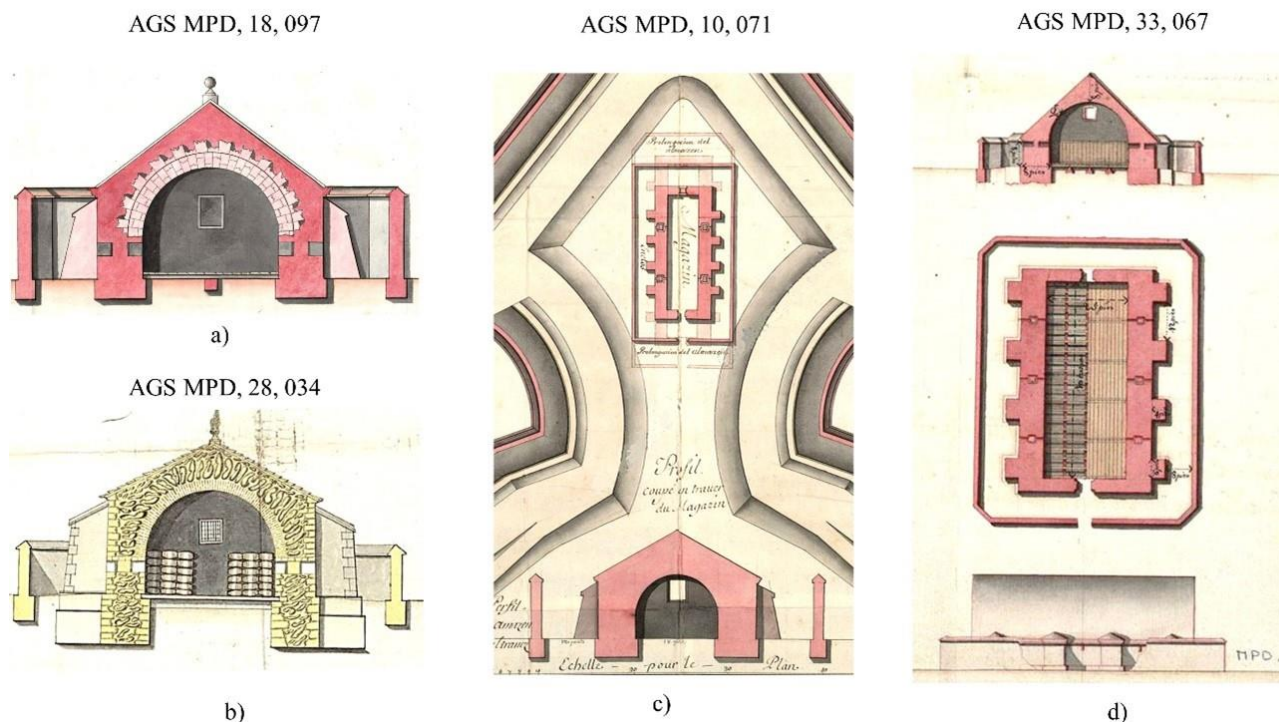
LAS BÓVEDAS APUNTADAS

La bóveda de cañón apuntada, denominada durante el siglo XVIII como bóveda ojival o gótica, está originada por el desplazamiento de un arco apuntado a través de su generatriz ojival, y transportada sobre un eje longitudinal de directriz recta. Como tal fue difundida por la arquitectura cisterciense europea en el momento de transición entre el periodo románico y el gótico, dentro de una envoltura de enorme austeridad y sencillez. Podemos considerar que se trata del embrión de la bóveda de crucería y, de hecho, esta última es el resultado del cruce de dos bóvedas de cañón apuntadas. Para el caso que nos ocupa, esta estructura sería utilizada por los ingenieros españoles a partir del siglo XVIII, influenciados por los modelos de Belidor.

Pese a ello, el tipo de bóveda mayormente utilizada fue la de cañón de sección cilíndrica, que representa el 29,89% del conjunto de almacenes de pólvora, con un total de 81 proyectos realizados entre 1715 y 1882. Su uso se concentra específicamente entre 1717 y 1755, en el inicio de la formación del cuerpo de ingenieros y la formación de la Academia de Matemáticas.

En esta primera etapa las bóvedas son a prueba de bomba y de una sola nave, construidas con mampostería tallada como en el caso de Barcelona (1723)¹⁴ (fig. 3a), o de rosca de ladrillo como en el de San Sebastián (1722)¹⁵ (fig. 3b). Del mismo modo fueron utilizadas por el ingeniero general Jorge Próspero Verboom (1665-1744) para la Ciudadela de Barcelona (1715)¹⁶ (fig. 3c). Años después, en 1739, el patrón continuaba vigente y Jaime Conde, que firmaba como miembro de la Academia de Matemáticas de Orán y discípulo de Antonio de Gaver, realizó «un almacén de pólvora según el diseño que el mariscal de Vauban mandó construir en Landau y ha servido para construir los demás...»¹⁷ (fig. 3d).

Fig. 3 El modelo canónico de almacenes de pólvora de Vauban en varios proyectos de ingenieros militares españoles

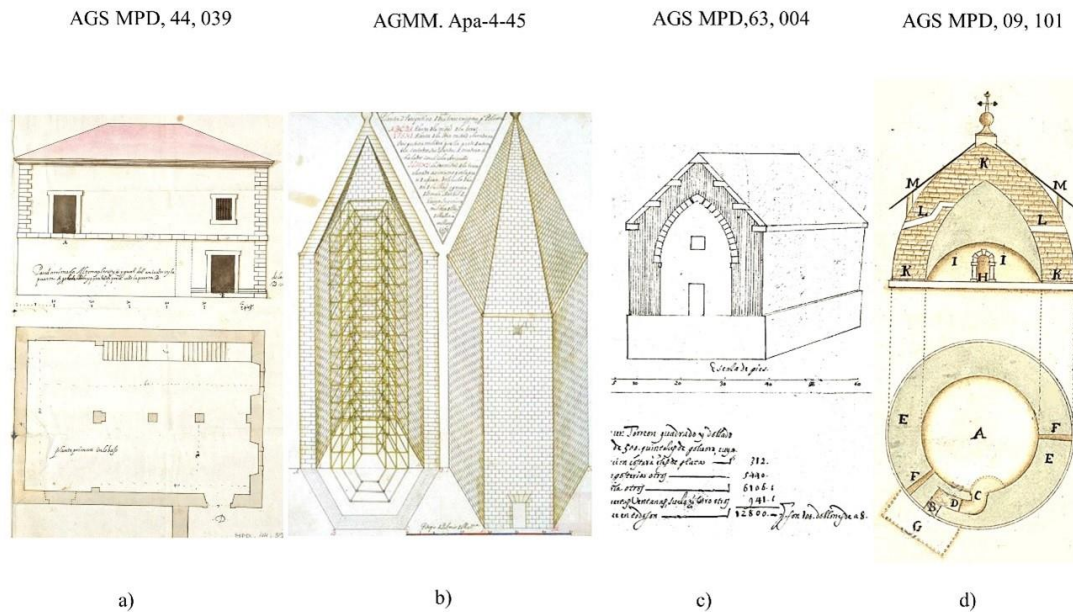


ANTECEDENTES DE LAS BÓVEDAS APUNTADAS

Al margen de la tratadística francesa de finales del siglo XVII y principios del XVIII algunos ingenieros españoles tratarán sobre este tema, como Sebastián Fernández de Medrano (1646-1705) en *El Ingeniero Primera Parte, de la Moderna Architectura Militar* (1687). El problema de los efectos del impacto balístico sobre las bóvedas lo resuelve mediante la construcción de una bóveda de fábrica con un grosor de cuatro pies, en métrica de varas españolas. Se completa esta primera rosca de la bóveda, mediante un elemento de amortiguación para el fuego enemigo, realizada con otras siete capas, unas de tierra y otras de madera e incluso de estiércol, formando así un grueso total de once pies de canto (Fernández 1687, 238-240). Como consecuencia de que en la campaña de Luxemburgo no soportaron adecuadamente el fuego enemigo, rectificará este diseño en el *El Architecto Perfecto en el Arte Militar* (1700), aumentando el grosor total de la sección con doce o catorce pies (Fernández 1700, 233-234).

El proyecto más antiguo de la serie estudiada es «La casa de la pólvora» de Fuenterrabía (1610) de Jerónimo de Soto¹⁸. Se realizó en una escala gráfica de 60 pies y muestra una construcción de paredes de carga con forjado de madera (fig. 4^a). Esta sencilla tipología se utilizará también durante todo el periodo que abordamos y constituye el 34,56% del total estudiado.

Fig. 4 Antecedentes de modelos de almacenes de pólvora en los ingenieros de los Austrias



Una estructura de polvorín singular se presenta en el proyecto de 1698 para Palma de Mallorca, del ingeniero Martín Gil de Gaínza (c. 1646-1737)¹⁹, conservado al mismo tiempo en copia de 1851 de José Aparici y García (1791-1857)²⁰. La representación gráfica define una torre de pólvora de planta hexagonal rematada por una cubierta piramidal, con estructura de madera en su interior (fig. 4b).

El uso de arcos apuntados en los almacenes de pólvora se documenta ya en el siglo XVII y en los primeros años del XVIII. Es el caso del proyecto de un almacén de cantería y mampostería para almacenar 500 quintales de pólvora que realiza en Fuenterrabía (1684)²¹ el ingeniero milanés Octavio Meni († c. 1702). Quedó compuesto de planta cuadrangular, al tiempo que incorporaba unos arcos de diafragma apuntados trasdosados con el techo de la cubierta a dos aguas (fig. 4c). Las estructuras con arcos de diafragma tienen origen medieval y se emplearon ampliamente en la conformación de las arquitecturas compuestas con naves. Las vigas de madera quedan colocadas en la misma directriz del espacio principal, mientras que los arcos de diafragma se disponen perpendicularmente a ellas, construyendo sobre estos la generatriz de la nave y la forma de la pendiente de la cubierta.

Un antecedente de la tipología abovedada de forma ojival es la representación de planta circular con cúpula apuntada (fig. 4d) de un proyecto para almacén en Fuenterrabía (c. 1689)²². De autor anónimo, poseía una capacidad para 500 barriles, amén de respiraderos tanto rectos como oblicuos. Existe una similitud de esta traza con algunas obras de hormigón armado, refugios antiaéreos del siglo XX, como el construido en 1938 por Ricardo Segura en el aeropuerto de Tauima en Marruecos (Bravo 2021, 179) y el sistema de torres Winkel²³, que se erigen en Alemania a partir de los años treinta del siglo XX. Todos ellos fueron ejemplos muy explícitos de cómo los ingenieros buscaban encontrar la máxima seguridad y resistencia frente al ataque exterior, alternando la forma del edificio con los materiales empleados.

BÓVEDAS APUNTADAS REALIZADAS ENTRE 1689 Y 1874

En el estudio se han seleccionado 29 proyectos construidos entre 1689 y 1874. Desde el punto de vista cronológico este tipo constructivo de bóvedas ojivales se concentra principalmente en el periodo comprendido entre 1715-1755, con 20 diseños realizados, en tanto destaca su ausencia a partir de 1785 y reaparecen después de 1837 con 5 proyectos más en Cádiz²⁴, Vitoria²⁵ y Colombia²⁶. Están construidos generalmente con bóveda a prueba de bomba (55,17%) como el realizado en Figueras (1769)²⁷; otros presentan cubierta mediante una bóveda sencilla de una nave, caso del planeado para Gerona (1738)²⁸.

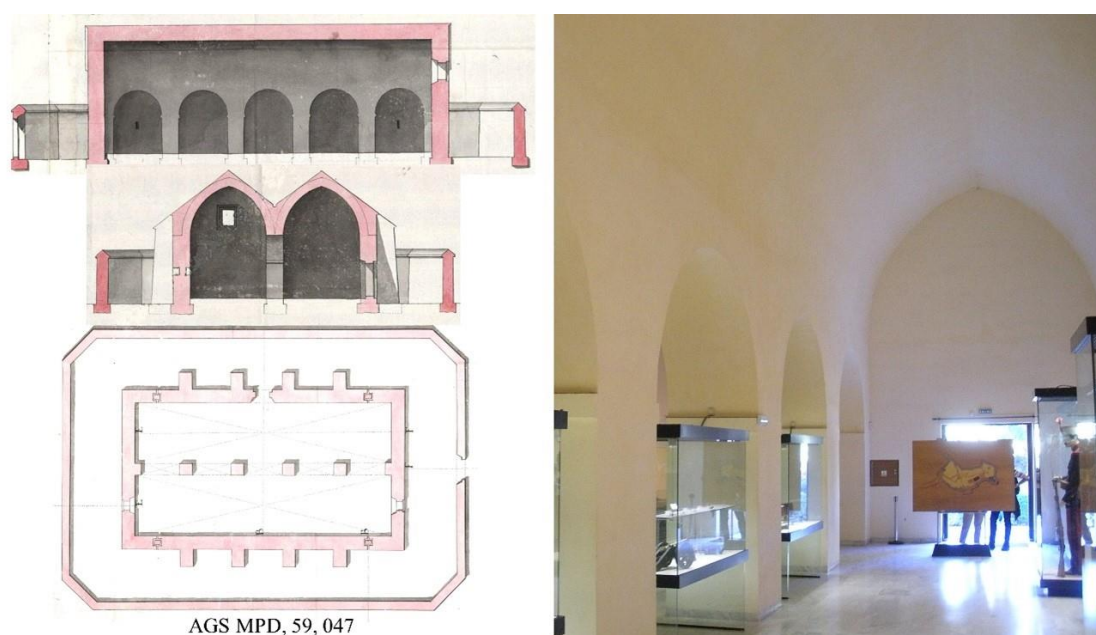
Además, se ensayó una tipología específica de almacén de pólvora con dos naves y cubiertas a cuatro pendientes, como en Gibralfaro (1724 y 1725)²⁹, de modo que establece una variante con cumbreras en el eje de las naves y otra perpendicular a estas, en el centro de los espacios. En consecuencia, se crean hasta un total de 8 pendientes, como los proyectados en Cádiz (1728)³⁰ y en Ceuta (1736 y 1737)³¹, así como la representación posterior del de Cádiz (1874)³², probablemente construido en la primera mitad del siglo XIX.

ALMACENES DE PÓLVORA CON BÓVEDA APUNTADA EN DOBLE NAVE Y CON CONTRAFUERTE EXTERIORES: EL MODELO DE GIBRALFARO

Entre 1724 y 1737 los ingenieros militares españoles ensayan un nuevo modelo o prototipo de almacén de pólvora. Nos referimos al que Juan de la Ferrière inicia en Gibralfaro (Málaga), y que posteriormente, con modificaciones, se aprovecharía para otras localidades. Se construyeron ocho en total, de los que todavía existen cuatro.

En 1724 se realiza el proyecto para erigir un polvorín en el castillo de Gibralfaro, Málaga, actualmente en perfecto estado y que sirve como centro de interpretación del conjunto fortificado³³ (fig. 5). Presenta una planta rectangular de dos naves separadas por arcadas de medio punto, que voltean dos bóvedas apuntadas, cuatro estribos exteriores y techumbre a dos aguas para cada una de las dos bóvedas. Era la primera vez que este modelo se utilizaba en España, y en los años siguientes servirá, con sus oportunas transformaciones, para proyectar o construir los de San Fernando, Montjuic y Ceuta.

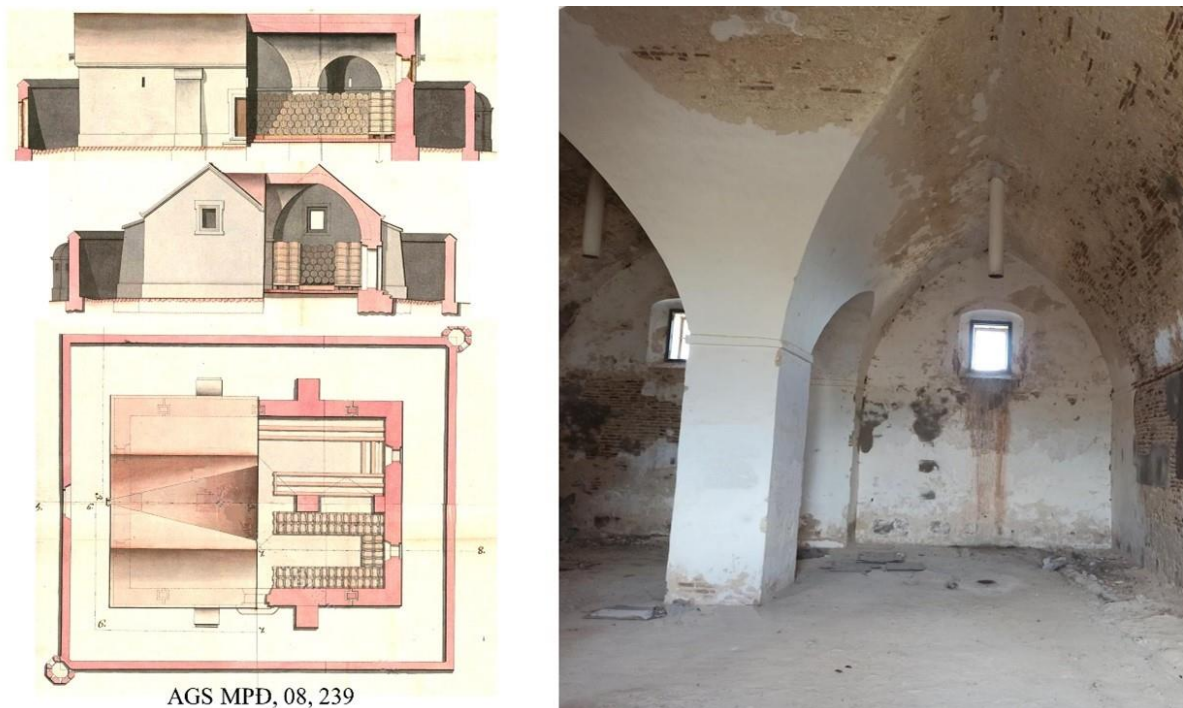
Fig. 5 Almacén de pólvora de Gibralfaro, proyecto (1724, AGS, MPD, 59-046) y vista interior



AGS MPD, 59, 047

Cuatro años después, se planeó edificar tres almacenes de pólvora en San Fernando, en la isla de León (Cádiz), y en el mismo plan figura que serían realizados a semejanza del obrado en Gibralfaro: «el qual es según la idea del que se ha construido [...] y se propone para modelo» ... «haciéndola apuntada por ser la que menos empujo causa, evita el espesor en las paredes», lo que representaba una importante economía de gastos³⁴. Sin embargo, se construyeron adoptando varias alteraciones respecto a Gibralfaro, caso de una menor altura, que transforma visualmente la unión entre la arcada central y las bóvedas. Se conservan dos de estos almacenes, denominados de San Jerónimo y San Bernardo (fig. 6), mientras que el de Santa Bárbara fue destruido³⁵. Despliegan sendas bóvedas apuntadas y, al exterior, solo dos estribos. El proyecto es del ingeniero Ignacio de Sala bajo la supervisión de Próspero Verboom, quien recomendaba que las bóvedas estuvieran cubiertas de un buen revestimiento de hormigón.

Fig. 6 Almacén de San Bernardo, San Fernando, proyecto (1728, AGS, MPD, 08-239) y vista interior



AGS MPD, 08, 239

El mismo ingeniero también diseñó en 1728³⁶ un cuerpo de guardia para guarnecer tales almacenes, efectuando un edificio que asumía la forma de una nave con bóveda apuntada. Curiosamente, un año después, Francisco Mauleón preparaba un cuerpo de guardia similar a construir en Zaragoza³⁷ y, todavía en 1749³⁸, Joseph Barnola planeó otro cuerpo de guardia en la misma zona de San Fernando, aplicando una bóveda apuntada similar.

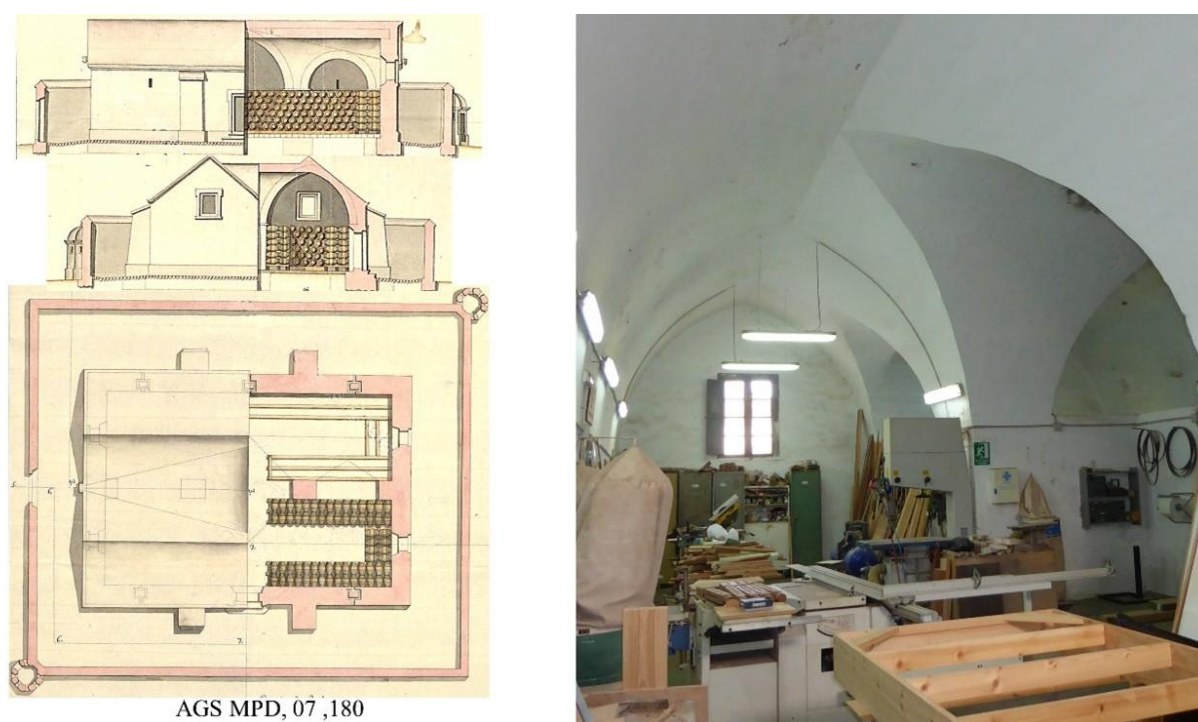
En 1731 se vuelve a utilizar este modelo para proyectar dos almacenes en las faldas de Montjuic³⁹, rectangulares con cuatro estribos exteriores y dos naves, equivalente a los ya descritos con anterioridad y en los que se repite la bóveda apuntada en sendas naves con dos cubiertas. Pasado un año se diseña el cuerpo de guardia correspondiente a cada uno de ellos⁴⁰, idéntico a los ya previstos en San Fernando y Zaragoza.

Por último, estudiaremos el proceso constructivo de varios almacenes de pólvora en Ceuta. En esta ciudad comienza a erigirse uno de estos edificios en 1720 bajo la dirección de Felipe Tortosa, cuya bóveda se derrumbó durante la fábrica⁴¹. En 1724⁴² Próspero Verboom retomaba el proyecto para su construcción, aunque asumiendo el tipo Vauban e integrado en el interior

de un revellín que habría de levantarse frente a la puerta de la Almina, que no llegó a realizarse. Sin embargo, entre esta fecha y 1736, que es cuando se ejecutan los dos nuevos almacenes, ocurre un hecho muy significativo; se descarta el modelo Vauban para utilizar el de bóvedas apuntadas.

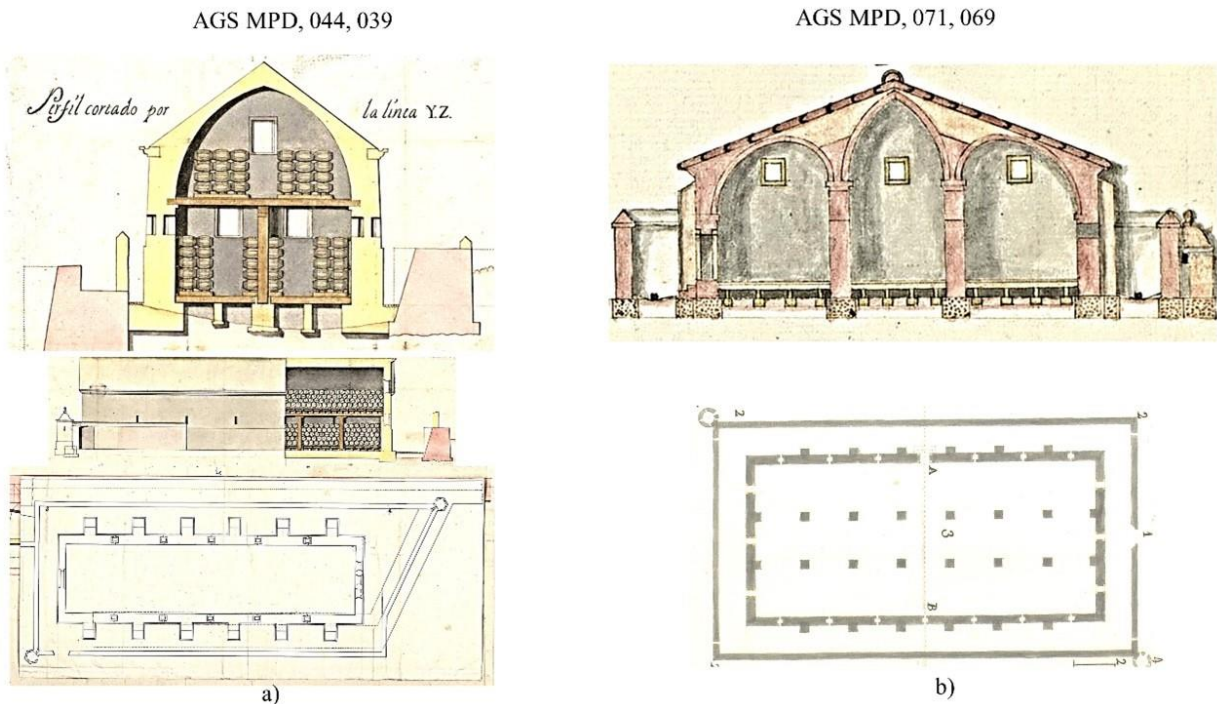
Estos dos almacenes fueron construidos por Diego Cardoso⁴³ en la zona de la Almina (Valdeaguas y Santa Catalina), capaces cada uno de albergar 1600 quintales de pólvora. En el proyecto se indicaba expresamente que eran los mismos que se habían formado en la isla de León, compuestos por dos naves cubiertas de bóvedas apuntadas y contando con dos estribos exteriores (fig. 11a). Hemos constatado la desaparición, tan reciente como lamentable, de uno de ellos, mientras que el otro, Valdeaguas (fig. 7), permanece inédito en la actualidad en un extraordinario estado de conservación. Ceuta cierra este ciclo constructivo y no hemos podido documentar más almacenes que sigan la referida tipología, constituyendo esta serie un notable intento por ensayar y consolidar modelos edificatorios al margen de la propuesta Vauban⁴⁴.

Fig. 7 Almacén de pólvora de Valdeaguas, Ceuta, proyecto (1736, Diego Cardoso, AGS, MPD, 07-180) e interior



A pesar de ello, no es la última vez que encontramos la bóveda apuntada en otras obras, como en el caso de Gerona, cuando Joseph Fabr e diseña en 1738⁴⁵ un almacén dentro del fuerte de Capuchinos, rectangular y sin estribos exteriores (fig. 8a). Asimismo, en algunos proyectos de finales del siglo XVIII, ya destruidos, como el realizado en Zaragoza en 1785⁴⁶ (fig. 8b) y en La Coruña en 1791⁴⁷, ambos de tres naves, donde resulta curiosa la disposición de las arcadas que adoptaban la forma de arcos rampantes, tan inusuales en tales fábricas como comunes en las arquitecturas de bodegas de vinos de la zona de Jerez de la Frontera.

Fig. 8 Almacenes de pólvora de Gerona (1738, Joseph Fabré, AGS, MPD, 01-018) y Zaragoza (1785, AGS, MPD, 071-069)



EL MODELO DE SAN FERNANDO DE FIGUERAS, PRECEDENTE DE LA MODERNIDAD: NAVE ÚNICA CON BÓVEDA APUNTADA Y CONTRAFUERTES INTERIORES⁴⁸

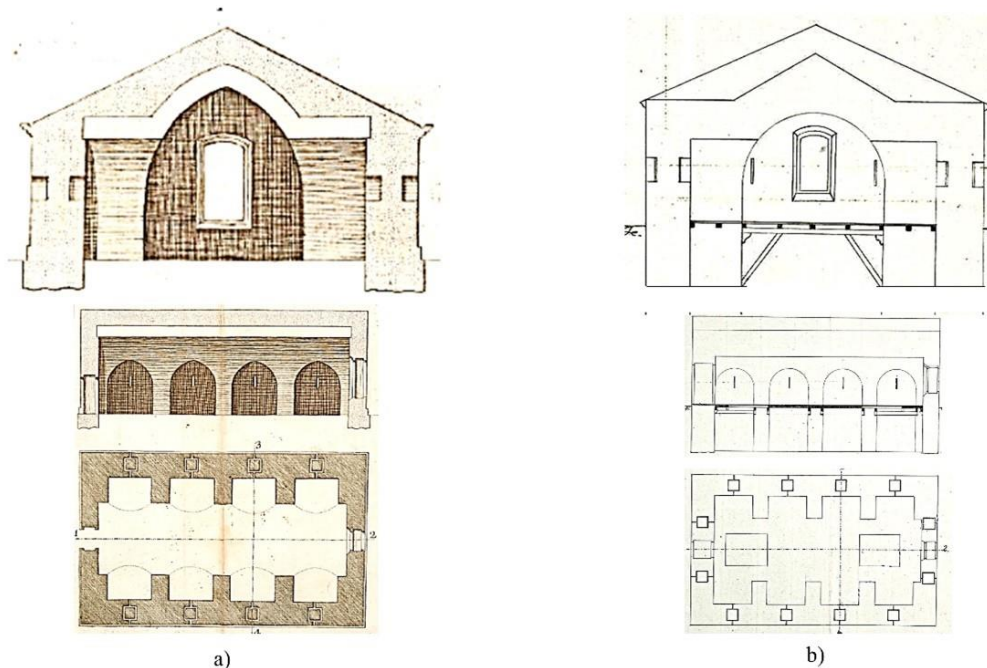
Cuando en 1753 Juan Martín Zermeno emprende el proyecto de la fortaleza de San Fernando de Figueras, entre otras muchas cuestiones, idea un nuevo modelo de almacén de pólvora situado en el interior de un baluarte y protegido por sus terraplenos. La estrecha colaboración entre este ingeniero y su hijo Pedro, que dirige todas las obras de Figueras durante largos años, nos plantea un interrogante sobre a quién se debe realmente la idea, aunque la estrecha colaboración entre ambos casi contesta nuestras dudas.

Se realizaron dos almacenes contemplados ya en el primer proyecto de 1753, que estaban en estado de cubrirse en 1760 y, para 1763 figuran como totalmente construidos. Son de idéntica factura; el de San Narciso contaba con dos plantas al haberse aprovechado la mayor profundidad de sus cimientos, mientras que el de Santiago muestra solo una. Este último se conserva en perfecto estado (fig. 9) y subsisten también las ruinas de San Narciso (fig. 10b), que voló en una explosión intencionada en 1939 (Vila 2020).

Fig. 9 Almacén de Santiago, San Fernando de Figueras, planta y sección (S.f. Ge-4-12) y vista del interior



Fig. 10 Almacén de pólvora de Santiago, San Fernando de Figueras, según dibujo de Miguel Sánchez Taramas (lámina 2A) y almacén de pólvora de San Narciso, San Fernando de Figueras (AGS, MPD, 46-033)



En este almacén de pólvora se intentó innovar a partir de todos los modelos que hemos visto anteriormente, ofreciendo una original propuesta ante los problemas que planteaban este tipo de edificios: humedades, capacidad y fortaleza. Para ello, se eligió una planta rectangular con los contrafuertes hacia el interior y con una cubrición de bóveda apuntada.

Dicho modelo fue recogido y alabado por Sánchez Taramas en su obra de 1769 (Sánchez 1769, 368-370)⁴⁹, criticando que los estribos figurasen hacia el exterior al desaprovecharse

terreno y generar espacios de humedad (fig. 10a y 11b). Es más, señalaba que debían hacerse hacia el interior, cubriendo con arcos o lunetos los espacios y apoyando la bóveda en su propia anchura sobre los lunetos y estribos. Este autor recomendaba el mencionado prototipo «cubiertos de bóvedas góticas o apuntadas, sin recelo de que las bombas les puedan ocasionar daño alguno» (Sánchez 1769, 369). Sánchez Taramas defiende la «bóveda gótica»⁵⁰ porque consigue reforzar su debilidad en la excesiva pendiente y quedar expuesta por la zona de los riñones. Además, en este diseño la bóveda está trasdosada con un terraplén muy amplio y los riñones reforzados por los estribos y lunetos⁵¹.

Fig. 11 Almacén de pólvora de Valdeaguas, Ceuta, y almacén de pólvora de Santiago, San Fernando de Figueras



Sin duda, la novedosa solución delata un minucioso estudio y capacidad para experimentar nuevas soluciones que se apartaban de la tradición. Hay que señalar que Juan y Pedro Martín Zermeno se anticiparon a otros ingenieros europeos del siglo XIX, caso del mayor holandés Johannes Gerrit Willem Merkes (Cazorla 1872), al recomendar que los contrafuertes debían construirse hacia el interior y descartar los exteriores. En este sentido, no se ha valorado lo suficiente hasta nuestros días este aspecto precursor de la ingeniería española. Sin embargo, la propuesta no llegó a difundirse como prototipo a seguir y prácticamente careció de cualquier influencia en la práctica constructiva de estos edificios en España.

A lo largo del siglo XIX continúan buscándose nuevos paradigmas y al mismo tiempo empleándose muchas de las estructuras constructivas que ya hemos estudiado, como es el caso de las bóvedas apuntadas. Al mediar la centuria se convirtió en una preocupación de primer orden para el Cuerpo de Ingenieros obtener la certeza sobre qué sistema aplicar. Por ello, en 1847 se determinó que una comisión de ingenieros militares acometiera un viaje de estudio por diferentes países, con vistas a analizar las tipologías de edificios que el cuerpo tenía la obligación de construir, siguiendo lo que por entonces se formalizaba en Europa.

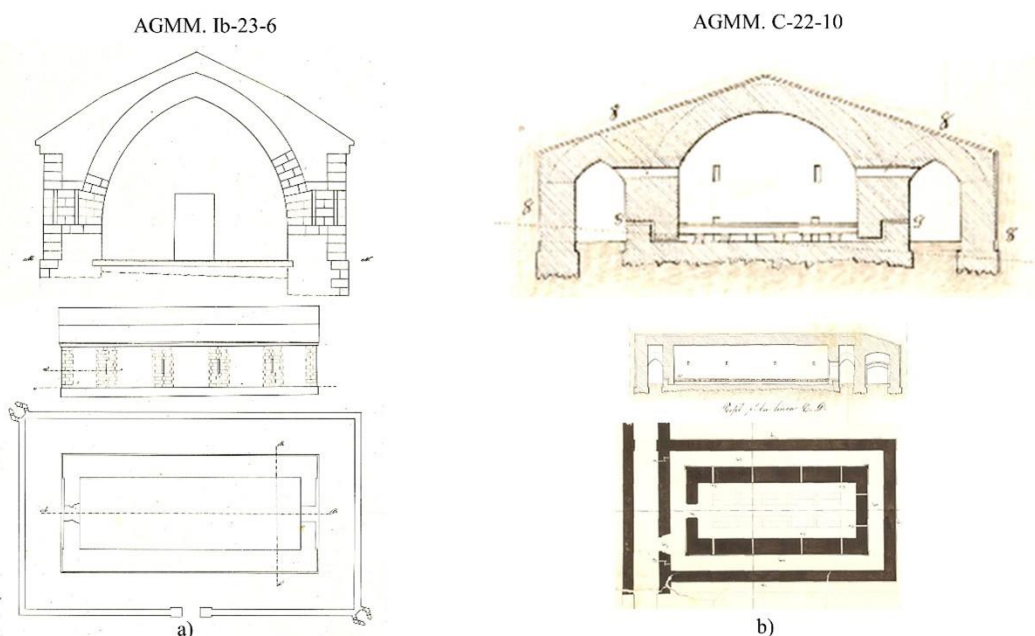
Los resultados sobre almacenes de pólvora fueron publicados en 1849⁵² y, en este punto, la comisión rechazó los contrafuertes exteriores, que debían suprimirse o bien situarse al interior, en tanto la estructura construida sería de tamaño medio. En estos se indicaba que para un almacén de entre 616 y 1000 quintales⁵³ era recomendable un tipo rectangular de un solo piso, con contrafuertes interiores y bóveda ojival. Justamente tales contrafuertes se unen entre sí por

bóvedas también apuntadas, dejando formado un nicho para colocar barriles, lo que parecía asumir totalmente el modelo de Figueras.

Como consecuencia de las recomendaciones anteriores y, por ende, de la influencia del almacén de San Fernando de Figueras, surge el proyecto que Juan Ysla⁵⁴ hace para el almacén de pólvora en Vitoria (del que no hemos podido documentar su construcción), donde sigue fielmente el citado esquema, aunque en una fecha tan tardía como 1852. En este último diseño la influencia del siglo XIX se aprecia en el sistema de drenaje subterráneo y en el de pararrayos, que por entonces se habían convertido en aspectos imprescindibles en la construcción de tales edificios.

Reflejo, al mismo tiempo, de estas recomendaciones son varios patrones de almacenes que se erigen mediado el siglo XIX, como el que se proyecta en La Mola (1852)⁵⁵ que sigue utilizando bóvedas apuntadas (fig. 12a). Otra muestra sugerida es el referente a almacenes bajo terrapleno, compuestos por una nave central y un corredor perimetral con bóveda apuntada, que vemos reflejado en un almacén de Ferrol en 1856⁵⁶ (fig. 12b).

Fig. 12 Almacenes de pólvora de La Mola, 1852 (AGMM, Ib-23-6) y Ferrol, 1856 (AGMM, C-22-10)

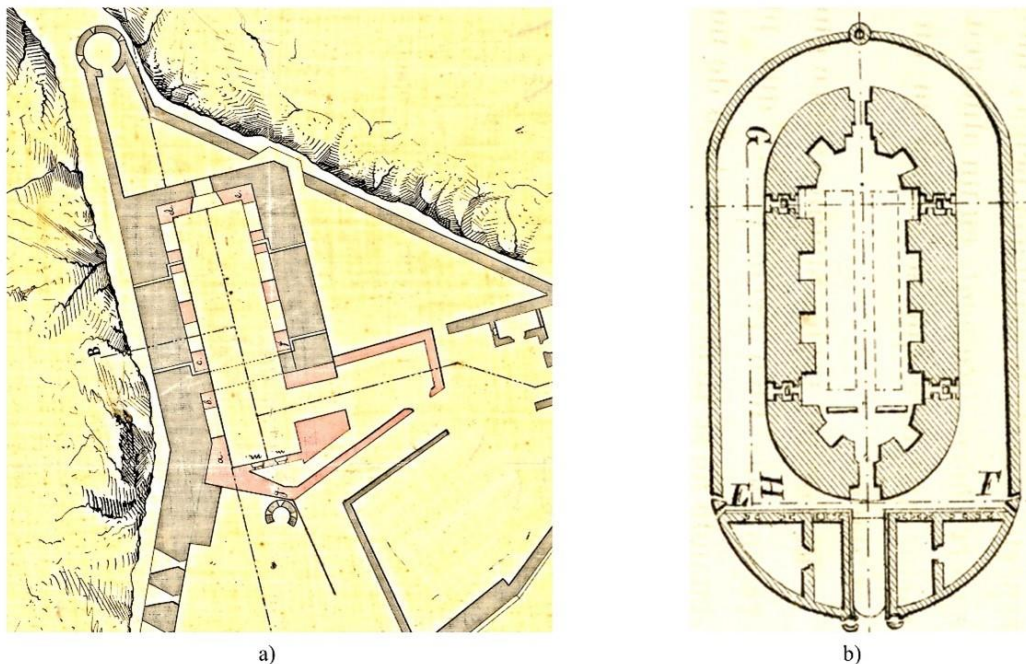


Como ya hemos señalado, la idea de situar los estribos hacia el interior tuvo muchos seguidores en el siglo XIX. Su principal defensor fue el citado ingeniero holandés Merkes (fig. 13b), quien utilizó planta rectangular aunque de ángulos redondeados, empleando los estribos interiores como pies derechos que formaban cuerpo con el muro y con la bóveda (Martín 1860, 14-15). Los contrafuertes exteriores eran ya criticados ampliamente a mediados del siglo XIX, como se comprueba en la obra de Emilio Cazorla, atribuyéndolos a Vauban y Belidor (Cazorla 1872, 7-73).

Cazorla Prast tuvo la oportunidad de plasmar esta tipología en la singular reconstrucción que lleva a cabo en 1871⁵⁷ del almacén de pólvora de Melilla, el cual encuentra rectangular y sin estribos, y que transforma con contrafuertes interiores al modelo Merkes; para ello establece arcadas de medio punto en la intersección de la bóveda con estos contrafuertes (fig. 13a). Lo que resulta sorprendente es que no se hiciera por parte de todos estos ingenieros españoles alusión a Juan Martín Zermeno ni a su hijo Pedro, que ya ensayaron este modelo en su propuesta para Figueras en el siglo anterior. Esto parece reflejar, una vez más, la seducción que lo

extranjero ejercía sobre muchos ingenieros militares, que esperaban encontrar en otros países la novedad que ya se había ensayado y construido anteriormente en el suyo.

Fig. 13 Reforma del almacén de pólvora de Melilla, Emilio Cazorla, 1871 (AGMM, MI-1-19) y planta de un almacén de pólvora del sistema Merkes (dibujo de Emilio Cazorla, 1871)



De todas formas, desde mediados del siglo XIX los vertiginosos avances en el poder de la artillería y de la técnica constructiva y de materiales, relegan todos estos ensayos y aportaciones de una manera rápida y contundente, superando el desconcierto que se desprende de los diferentes artículos y tratados del momento. En estos, los autores recomiendan cosas distintas: Saturnino Rueda (Rueda 1855, 10-14) y Eduardo Martín y Pérez (Martín 1860, 11-12, 29) preferían, por ejemplo, la planta circular y sin estribos, ni exteriores ni interiores.

CONCLUSIONES

Aunque ya se ha estudiado anteriormente el uso de formas góticas en la arquitectura española de otras épocas, como es el caso de algunos edificios leoneses durante el periodo barroco (Morais Vallejo, 2011, 195-242), nunca se había abordado un análisis global sobre el uso de bóvedas apuntadas en la arquitectura de almacenes de pólvora en todos los espacios geográficos de la Monarquía Hispánica durante el siglo XVIII.

Estas bóvedas se convirtieron en una herramienta de superación respecto al modelo convencional de almacén denominado Vauban-Belidor. Así lo vemos en los almacenes que siguen el tipo denominado de Gibralfaro y, sobre todo, en el que Juan y Pedro Martín Zerreño utilizan en Figueras, que tendrá su secuela en varios ejemplares de la primera mitad del siglo XIX. Por su parte, la utilización de los estribos hacia el interior que realizan estos ingenieros en Figueras anticipa la generalización de la técnica en el siglo XIX, siendo un claro antecedente de las propuestas de prestigiosos ingenieros extranjeros que extenderán esta práctica por toda Europa, olvidando que ya fueron ensayados por autores españoles durante el siglo XVIII.

Por tanto, la bóveda apuntada se convirtió en una pervivencia de técnicas medievales y, al mismo tiempo, en una herramienta constructiva idónea para afrontar los cambios y transformaciones que de forma trepidante se imponía a los ingenieros para mejorar sus tipologías en arquitectura militar.

REFERENCIAS

- Belidor, Bernard Forest de. 1725. *Nouveau cours de Mathématique à l'usage de l'Artillerie et du Génie, où l'on applique les parties les plus utiles de cette science à la théorie et à la pratique de différents sujets qui peuvent avoir rapport à la guerre*. París: Chez Charles-Antoine Jombert.
- Belidor, Bernard Forest de. 1729. *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et architecture civile*. París: Chez Claude Jombert.
- Bragard, Philippe. 2014. «Du Fay et les autres. La diffusion de la fortification selon Vauban dans la théorie européenne autour de 1700». En *L'influence de Vauban dans le Monde*, editado por Michèle Virol, 17-38. Besançon: Namur.
- Bravo Nieto, Antonio, Juan Antonio Bellver Garrido y Montaser Laoukili. 2021. *La ciudad marroquí de Nador en la primera mitad del siglo XX. Arquitectura e historia urbana*. Fez: Instituto Cervantes.
- Capel Sáez, Horacio et al. 1983. *Los ingenieros militares en España, siglo XVIII. Repertorio bibliográfico e inventario de su labor científica y espacial*. Barcelona: Ediciones de la Universidad.
- Cassani, José. 1705. *Escuela Militar de Fortificación ofensiva y defensiva. Arte de fuegos y de esquadronar*. Madrid: Antonio Gonçalvo de Reyes.
- Cazorla Prast, Emilio. 1872. *Consideraciones sobre almacenes de pólvora y su aplicación a la plaza de Melilla, suponiéndola guarnecida convenientemente*. Madrid: Imprenta del Memorial de Ingenieros.
- Cobos Guerra, Fernando. 2017. «Escuela de Palas (Milán, 1693): debate, eclecticismo y heterodoxia en la tratadística española de fortificación». En *La palabra y la imagen: tratados de ingeniería entre los siglos XVI y XVIII*, editado por Alicia Cámara Muñoz y Bernardo Revuelta Pol, 97-121. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- Crespo Delgado, Daniel. 2017. «Miguel Sánchez Taramas y Benito Bails, dos tratados de ingeniería hidráulica de la España de la Ilustración». En *La palabra y la imagen: tratados de ingeniería entre los siglos XVI y XVIII*, editado por Alicia Cámara Muñoz y Bernardo Revuelta Pol, 123-144. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- Díaz Capmany, Carlos. 1982. *El castillo de San Fernando de Figueres, su historia*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- Díaz Capmany, Carlos. 2003. «La construcció de la plaça forta de Sant Ferran a Figueres». *Arquitectura, AIEE Figueres*, no. 36: 265-295.
- Díaz Capmany, Carlos. 2005. «Els enginyers de la fortaleza de San Ferran de Figueres». *Arquitectura, AIEE Figueres*, no. 38: 279-302.
- Du Fay, Abad. 1681. *Maniere de fortifier selon la methode de Monsieur de Vauban. Par monsieur l'abbé Du Fay*. París: Veuve Jean-Baptiste Coignard & Jean-Baptiste II Coignard.

- Du Fay, Abad. 1693. *Maniere de fortifier selon la methode de Monsieur de Vauban... Par monsieur l'abbé Du Fay... Seconde edition augmentée*. París: Veuve Jean-Baptiste Coignard & Jean-Baptiste II Coignard.
- Escuela de Palas ò sea Curso Matemático*. 1693. Tomo I. Milán: Empreinte Real, por Marcos Antonio Pandulpho Malatesta.
- Fernández Medrano, Sebastián. 1687. *El Ingeniero Primera Parte, de la Moderna Architectura Militar. Dividido en dos Tomos... Por el Capitán Don Sebastián Fernández de Medrano, Maestro de Matemáticas de la Academia Militar de los Estados de Flandes*. Bruselas: Casa de Lamberto Marchant.
- Fernández Medrano, Sebastián. 1700. *El Architecto Perfecto en el Arte Militar dividido en cinco Libros... El General de Batalla Don Sebastián Fernández de Medrano, Director de la Academia Real y Militar del Ejército de los Payses Baxos*. Bruselas: Casa de Lamberto Marchant.
- Fuente, Pablo de la. 1996. «Anàlisi d'alguns aspectes sobre la concepció teòrica del projecte del Castell de Sant Ferran». *Annals de l'IEE*, no. 29: 179-190.
- Galland-Seguela, Martine. 2004. «Las condiciones materiales de la vida privada de los ingenieros militares en España durante el siglo XVIII». *Geo Crítica/Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, no. 8: 150-180.
- Insua Cabanas, María Mercedes y María Isabel Fernández Ibáñez. 2004. «Análisis geométrico de la bóveda ojival Tollet». En *Actas del Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica XVI*, s/p. Zaragoza/Huesca: Ingegraf. <https://docplayer.es/91518546-Analisis-geometrico-de-la-boveda-ojival-tollet.html>
- Lucuze, Pedro de. 1772. *Principios de fortificación que contienen las definiciones de los términos principales de las obras de Plaza, y de Campaña*. Barcelona: Tomás Piferrer.
- Lluis i Ginovart, Josep. 2015. «La mecánica ilustrada en los ingenieros militares españoles. El proyecto de los almacenes de pólvora (1715-1798)». *Informes de la Construcción*, no. 67, 539: e103. <https://doi.org/10.3989/ic.14.109>
- Marín y León, Juan. 1880. «Acuartelamiento higiénico sistema Tollet». *Memorial de Ingenieros y Revista Científico Militar*, tomo XXV: 1-42.
- Martín Pérez, Eduardo. 1860. *Memoria sobre los almacenes de pólvora, circunstancias convenientes que deben reunir, número más adecuado y su situación en las plazas según la importancia de ellos, precauciones que deben tomarse en las remociones, etc.* Madrid: Imprenta y librería de D. Eusebio Aguado.
- Morais Vallejo, Emilio. 2011. «Pervivencia de formas góticas en la arquitectura del Barroco, el caso de León». *Boletín del Museo e Instituto Camón Aznar* 108: 195-242.
- Müller, John. 1755. *A treatise containing the elementary part of fortification, regular and irregular. For the use of the Royal academy of artillery at Woolwich. Illustrated with thirty-four copper plates*. Londres: A. Millar.
- Pielago, Celestino del, Fernando García San Pedro, Francisco Martín del Yerro et al. 1847-1849. *Estudio de edificios militares por la comisión creada con este objeto por Real orden de 4 de febrero de 1847*. Madrid: Imprenta del Memorial de Ingenieros.
- Rueda, Saturnino. 1855. *Memoria sobre los almacenes de pólvora y medios de liberarlos de los terribles efectos del rayo*. Madrid: Imprenta del Memorial de Ingenieros.

Sánchez Taramas, Miguel. 1769. *Tratado de fortificación, ó Arte de construir los edificios militares, y civiles escrito en inglés por Juan Muller; traducido en castellano, dividido en dos tomos, y aumentado con notas, adiciones y 22 láminas finas sobre 26, que ilustran al original, por Miguel Sánchez Taramas...; tomo primero*. Barcelona: Thomas Piferrer.

Segovia, Francisco. 2004. «Els fons bibliogràfics de l'Acadèmia de Matemàtiques». In *L'Acadèmia de Matemàtiques de Barcelona. El llegat dels enginyers militars*, editado por Juan Miguel Muñoz, 77-92. Madrid: Ministerio de Defensa.

«Torre de protección antiaérea contra metralla y antigás sistema Winkel». 1938. *A.C.G.*, no. 96-97 (mayo-junio): s/p.

Vila Rodríguez, Rafael. 2020. *Memoria de obras de emergencia de consolidación y apeo del polvorín en el baluarte de san Narciso de la fortaleza de san Fernando en Figueras (Girona)*, 12 de agosto.

Notas

¹ Este trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto I+D+i «Cartografías de la ciudad en la Edad Moderna: relatos, imágenes, representaciones» (PID2020-113380GB-I00 / AEI / 10.13039/501100011033), financiado por la Agencia Estatal de Investigación (Ministerio de Ciencia e Innovación).

² Para la Biblioteca de la Academia véase [Francisco Segovia, «Els fons bibliogràfics de l'Acadèmia de Matemàtiques», in *L'Acadèmia de Matemàtiques de Barcelona. El llegat dels enginyers militars* \(Madrid: Ministerio de Defensa, 2004\), 77-92](#); en las particulares, Juan Miguel Muñoz Corbalán, «La biblioteca del ingeniero general Jorge Próspero Verboom», Academia: *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, no. 80 (1995): 343-62 cita las de Jorge Próspero Verboom (1665-1744), y las de Ricardo Clemente Aedo Espinosa (†1787), Ailmer Burgo (†1788), Pedro Martín Zermeño (1722-1790) y Miguel de Roncali (†1794): Martine Galland-Seguela, «Las condiciones materiales de la vida privada de los ingenieros militares en España durante el siglo XVIII», *Geo Crítica/Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, no. 8 (2004): 179. Donde aparecen las principales obras de mecánica de fábrica: Abraham Bosse, *La pratique du trait à preuve de M. des Argues Lyonnais pour la coupe des pierres en Architecture* (París: Pierres Des-Hayes, 1643), Vicente Tomás Tosca, *Compendio Matemático* (Valencia: Antonio Bordazar, 1707-1715), Hubert Gautier, *Traité des Ponts* (París: Chez André Cailleau, 1716), Edme Mariotte, *Les Oeuvres de Monsieur Mariotte* (Leide: Chez Pierre Vander, 1717). Pero las principales referencias de los ingenieros militares españoles son, sin duda, las obras de Bernard Forest de Belidor, *Nouveau cours de Mathématique* (París: Chez Charles-Antoine Jombert, 1725), *La science des ingénieurs* (París, Chez Claude Jombert, 1729), y *Architecture hydraulique* (París: Chez Charles-Antoine Jombert, 1737), y el segundo tomo (1739) de Pierre Couplet, *De la poussée des voûtes* (París: L'Imprimerie Royale, 1731), 79-117.

³ Archivo General de Simancas (AGS), Centro Geográfico del Ejército (CGE), Archivo General Militar Madrid (AGMM), Biblioteca Nacional de Madrid (BNM), Archivo General Militar de Segovia (AGMS) y Archivo Intermedio Militar de Melilla (AIMML).

⁴ La impresión del frontispicio aparece con la fecha de 1681, pero todo parece indicar que es una errata de imprenta. Véase [Philippe Bragards, «Du Fay et les autres. La diffusion de la fortification selon Vauban dans la théorie européenne autour de 1700», in *L'influence de Vauban dans le Monde*, ed. Michèle Virol \(Besançon: Namur, 2014\), 17-38](#).

⁵ Plancha 18.

⁶ Plancha 31.

⁷ Plancha 4-5.

⁸ Planchas 26-27.

⁹ Plancha 17.

¹⁰ Plancha 2.

¹¹ Lámina XVII.

¹² A finales del siglo XIX se utilizaron bóvedas apuntadas en la arquitectura de hospitales, siendo su propulsor el francés Casimir Tollet. Este defendía que la forma apuntada permitía una mayor ventilación de los espacios interiores. Juan Marín y León, «Acuartelamiento higiénico sistema Tollet», *Memorial de Ingenieros y Revista Científico Militar*, tomo XXV (1880): 1-42; María Mercedes Insua Cabanas y María Isabel Fernández Ibáñez, «Análisis geométrico de la bóveda ojival Tollet», in *Actas del Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica XVI* (Zaragoza/Huesca: Ingegraf, 2004), s/p.

¹³ Figuras 82 y 83.

¹⁴ AGS, MPD, 18, 097.

¹⁵ AGS, MPD, 28, 034.

¹⁶ AGS, MPD, 10, 071.

¹⁷ AGS, MPD, 33, 067.

¹⁸ AGS, MPD, 44, 039.

¹⁹ Archivo de la Corona de Aragón (ACA), Consejo de Aragón, leg. 0986, plano10.

²⁰ AGMM, Apa-4-45.

²¹ AGS, MPD, 63, 004.

²² AGS, MPD, 09, 101.

²³ «Torre de protección antiaérea contra metralla y antigás sistema Winkel», *A.C.G.*, no. 96-97 (mayo-junio 1938): s/p.

²⁴ AGMM, Ca-10-6, ca-11-12 y ca-22-9.

²⁵ AGMM, Vi-2-14.

²⁶ AGMM, Col-5-7.

²⁷ AGMM, Ge-4-12.

²⁸ AGS, MPD, 01,018.

²⁹ AGS, MPD, 59, 046 y MPD, 59, 047.

³⁰ AGS, MPD, 08, 239.

³¹ AGS, MPD, 19, 193; 07, 180 y 19, 194.

³² AGMM, Ca-22-9.

³³ AGS, MPD, 59, 046. SGU LEG. 3393.

³⁴ AGS, MPD, 08, 239. SGU LEG. 3246.

³⁵ Blog del Milano, enero 15, 2023. <https://www.milan2.info/fadricas-una-historia-por-recuperar/>

³⁶ AGS, MPD, 08, 240.

³⁷ AGS, MPD, 39, 041.

³⁸ AGS, MPD, 56, 029.

³⁹ AGS, MPD, 18, 101. No hemos podido localizar la ubicación de estos dos almacenes, por lo que desconocemos cualquier particular sobre su construcción.

⁴⁰ AGS, MPD, 08, 155.

⁴¹ AGS, SGU, leg. 3337. En informes posteriores se criticaba que se hubiera dejado la construcción de este edificio a Felipe Tortosa, calificado como capitán de minas, pero que no era ingeniero.

⁴² AGS, MPD, 39, 083 y SGU, leg. 3659.

⁴³ AGS, MPD, 07, 180 y SGU, leg. 3337. En 1732 el ingeniero Miguel Sánchez Taramas estudia ya su realización.

⁴⁴ Diego Cardoso solicitaba por entonces un ascenso por méritos y, desde 1741, lo encontramos asentado en América, en concreto en Montevideo y Buenos Aires, desconociendo si en este nuevo destino llegó a realizar algún almacén de la referida tipología.

⁴⁵ AGS, MPD, 01, 018.

⁴⁶ AGS, MPD, 071, 069.

⁴⁷ AGMM, C-17-19.

⁴⁸ Carlos Díaz Capmany, *El castillo de San Fernando de Figueres, su historia* (Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1982), «La construcció de la plaça forta de Sant Ferran a Figueres», *Arquitectura, AIEE Figueres*, no. 36 (2003): 265-295 y «Els enginyers de la fortaleza de San Ferran de Figueres», *Arquitectura, AIEE Figueres*, no. 38 (2005): 279-302. Pablo de la Fuente, «Anàlisi d'alguns aspectes sobre la concepció teòrica del projecte del Castell de Sant Ferran», *Annals d'IEE*, no. 29 (1996): 179-90.

⁴⁹ Lámina 2^a.

⁵⁰ Pedro Martín Zermeño utilizó arcadas apuntadas en otros almacenes, como en La Coruña (1774), aunque en un proyecto de mucha menor envergadura. AGS, MPD, 28, 027.

⁵¹ AGMM, Ge-4-12.

⁵² Celestino Piélagos et al., «Estudio de edificios militares por la comisión creada con este objeto por Real orden de 4 de febrero de 1847» (Madrid: Imprenta del Memorial de Ingenieros, 1847-1849); en concreto «Almacenes de pólvora», 83-89, y «Estudio de edificios militares, explicación de las láminas referentes a los almacenes de pólvora», 91-98.

⁵³ *Ibid.*, 86 (figura 81).

⁵⁴ AGMM, V-2-14.

⁵⁵ AGMM, Ib-23-6 y 23-10.

⁵⁶ AGMM, C-22-10.

⁵⁷ AGMM, MI-1-19.