

Geometría y resistencia: ensayos y teorías táctico-constructivas de mediados del XIX en la definición y construcción de la fortificación moderna española

Geometry and resistance: essays and tactical-constructive theories of the mid-nineteenth century in the definition and construction of the modern Spanish fortification

Guillermo Guimaraens Igual  Instituto de Restauración del Patrimonio. Universitat Politècnica de València. España. guiguiig@cpa.upv.es (autor de contacto)
Virginia Navalón Martínez  Departamento de Composición Arquitectónica. Universitat Politècnica de València. España. virnamar@cpa.upv.es

RESUMEN

Los años 50 del siglo XIX son años de efervescencia teórica y experimental en el mundo de la arquitectura defensiva. Se cuestionan sistemas de fortificación tradicionales y se apuesta por piezas como la casamata, que jugará un papel crucial en las décadas siguientes. A los tratados teóricos se suman informes que recogen los últimos ensayos con armamento y técnicas constructivas, además de conclusiones de observadores internacionales que recaban referencias de todo tipo. Simultáneamente, la tensión internacional precipita la activación de la defensa del territorio español y los ingenieros deben tomar decisiones, mientras las teorías fluctúan y se avecina una revolución sin precedentes en el campo de la construcción fortificada. La presente investigación identifica la información con la que cuentan los técnicos españoles—referencias teóricas, conclusiones parciales a los principales ensayos experimentales, informes de los observadores internacionales más influyentes...—a fin de clarificar su transferencia en las principales actuaciones del momento.

Palabras clave: fortificación moderna; casamata Haxo; hormigón asfáltico; hormigón de plomo; coraza; bóveda a prueba.

ABSTRACT

The 1950s are years of theoretical and experimental commotion in the world of defensive architecture. Traditional fortification systems are questioned and pieces such as the casemate are promoted. It will play a crucial role in the following decades. In addition to the theoretical treaties, there are reports of the latest tests with weapons and constructive techniques, as well as conclusions from international observers who collect references of all kinds. Simultaneously, international tension precipitates the activation of the defence of Spanish territory and engineers must make decisions, while theories fluctuate and an unprecedented revolution in the field of fortified construction looms. This research identifies the information available to Spanish technicians—theoretical references, partial conclusions to the main experimental trials, reports of the most influential international observers...—in order to clarify their transfer in the main proceedings of the moment.

Keywords: modern fortification; Haxo casemate; asphalt concrete; lead concrete; cuirass; proof vault.

Cómo citar este artículo/Citation: Guillermo Guimaraens Igual, Virginia Navalón Martínez (2024). Geometría y resistencia: ensayos y teorías táctico-constructivas de mediados del XIX en la definición y construcción de la fortificación moderna española. Informes de la Construcción, 76 (575): 6605. <https://doi.org/10.3989/ic.6605>

Copyright: © 2024 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 07/10/2023
Aceptado/Accepted: 11/06/2024
Publicado on-line/Published on-line: 24/10/2024

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

A mediados del siglo XIX se suscita en el mundo de la fortificación un intenso debate que cuestiona antiguas teorías. Mientras los teóricos razonan, la industria acelera el desarrollo de la artillería, optimizando alcances, precisión y poder destructivo. La mayoría de los estados promueven comisiones para actualizar su sistema defensivo y acometer obras sin precedentes. Es preciso contar con información de primera mano de los diferentes conflictos internacionales, datos actualizados de cualquier prueba balística o de resistencia de prototipos defensivos, y, por ello, se comisionan expertos para que aporten la máxima información desde sus destinos internacionales. Urge contar con información reciente, someterla a crítica y acometer las obras nada más se disponga de presupuesto.

La fortificación abaluartada está en crisis desde el siglo precedente, las alternativas no acaban de consolidarse y las corazas están a punto de hacer su aparición para transformar la historia de la fortificación. La presente investigación pretende clarificar los datos con los que se cuenta en España en la década de 1850 para entender la realidad material de muchas de las construcciones defensivas emprendidas en aquellos años.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Los estudios sobre la fortificación española en esta fase de transición teórica entre la fortificación abaluartada y la acorazada, que comprende desde finales del siglo XVIII hasta la segunda mitad del siglo XIX, han tendido a centrarse en momentos de gran efervescencia constructiva, como los años setenta del siglo XVIII, coincidiendo con el reinado de Carlos III, o los años sesenta del siglo XIX, coincidiendo con la puesta en marcha del denominado plan O'Donnell. Ha interesado el papel jugado por la fortificación en el transcurso de la guerra de Independencia (1808-1814) y, en menor medida, en el transcurso de la primera guerra carlista (1833-1840), principalmente en el frente norte. Sin embargo, apenas encontramos referencias a este periodo de incertidumbre que comprende los años cuarenta y cincuenta del siglo XIX. Prueba de ello es la ausencia de bibliografía específica sobre el tema. Es preciso recalcar la singularidad del caso español, que debería definir su propia bibliografía, dado que aportaciones internacionales de monográficos sobre historia de la fortificación, como el de Hogg (1), tienden a centrar la atención en los grandes progresos internacionales desde su óptica nacional, en este caso británica. Otros autores, como Truttman (2), se centran únicamente en el contexto francés. Un reflejo de esta carencia se detecta en la evolución de los contenidos de los congresos especializados, como los de castelología ibérica organizados por la Asociación Española de Amigos de los Castillos (1994 (3), 2001 (4), 2005 (5), 2012 (6), 2023 (7)). En ellos la incorporación de la fortificación pirobalística es paulatina. Si en la edición de 2001 la fortificación abaluartada y contemporánea se fundían en un mismo apartado, a partir del 2005 la contemporánea cuenta con su apartado específico pero con trabajos centrados sólo en la Guerra de Independencia o en la Guerra Civil. Algo parecido sucede con los congresos internacionales Fortmed, sobre fortificaciones en la costa Mediterránea (2015, 2016, 2017 (8), 2018, 2020, 2023), que sólo a partir de la edición de 2020 (9) contemplan superar la fortificación de la Edad Moderna, sin encontrarse a día de hoy estudios sobre el periodo de tránsito

que abordamos. Algo similar sucede con las Jornadas de Historia, arquitectura y construcción fortificada organizados por el Instituto Juan de Herrera y el Centro de Estudios José Joaquín de Mora (2016) (10), donde se observa la concentración temática en los grandes conflictos: Guerra de Independencia y Guerra Civil. Tan solo a través de trabajos específicos sobre fortificaciones concretas se encuentran referencias a este momento de incertidumbre de la fortificación. En el caso de Cartagena, además de los estudios específicos de los autores del presente artículo, la obra coordinada por Iniesta Sanmartín y Martínez López (2002) (11) aborda en un breve apartado las transformaciones de la plaza a raíz del Plan O'Donnell. En el caso de Menorca destacaría la obra de Terrón Ponce (2004) (12), que estudia la fortaleza de Isabel II en el puerto de Mahón. En el caso de la defensa de la frontera pirenaica se podría hacer referencia al trabajo de Sáez García (13), que respondería a ese tipo de obras de carácter divulgativo que ofrecen un catálogo eminentemente fotográfico con una contextualización histórica.

3. METODOLOGÍA Y FASES DE ESTUDIO

Ante la carencia de referencias bibliográficas, ha sido necesario analizar los textos teóricos de la época para clarificar la evolución de las teorías nacionales e internacionales de la fortificación y su repercusión en autores españoles. Muchos de los textos se han podido localizar a través de archivos estatales, principalmente la Biblioteca Nacional y archivos militares, como los Archivos Generales de Segovia, Madrid, Guadalajara y Ávila, el Archivo General de la Marina "Álvaro de Bazán" (Viso del Marqués, Ciudad Real), el Archivo del Museo Naval de Madrid o el Archivo General Histórico de Defensa de Madrid, resultando de especial ayuda la Biblioteca Virtual del Ministerio de Defensa.

A través de los informes de la Junta para el plan de defensa permanente (1851-1858) obtenidos, se ha identificado el conjunto de plazas consideradas de interés por los comisionados y acotado el conjunto de fortificaciones a estudiar. El análisis gráfico de la documentación permite identificar el tipo de información tenida en cuenta por los proyectistas.

Tras descartar aquellas plazas en las que no se identifican estructuras acasamatadas, se procede a la inspección in situ de las fortificaciones más reseñables con objeto de verificar la permanencia de las obras, aún a sabiendas de que muchas nunca llegan a acometerse o sufren procesos de transformación considerables en periodos posteriores. Entre las fortificaciones visitadas se encuentran las de Cartagena, Ceuta, Mahón, Santoña, El Ferrol y Cádiz. En estos casos se efectúa la medición y comprobación de la ejecución de los diferentes elementos constructivos que integran el frente acasamatado.

A partir de los datos obtenidos se pueden extraer algunas de las conclusiones que se recogen en el presente artículo.

4. TEÓRICOS DE REFERENCIA EN EL DEBATE ESPAÑOL

Resulta clave la identificación de las fuentes teóricas que los diferentes autores esgrimen para respaldar o contraponer sus argumentos. Autores fundamentales en la teoría de la fortificación de entonces, y con clara vocación creativa, como Herrera García (14) o Emilio Bernáldez (15), permi-

ten aproximarnos a un conjunto de autores de todo tiempo y lugar. A las tradicionales referencias francesas y españolas se incorporan británicas, belgas, holandesas, estadounidenses y rusas. Salvo algún clásico de la teoría de la fortificación del siglo precedente, se incide en autores de la primera mitad del XIX, que recogen la evolución de los campos atrincheros a los frentes continuos, o el cuestionamiento de los sistemas de fortificación nacionales. Entre los autores citados encontramos: a Belidor (1729), Bousmard (1797), Carnot (1810), Chasseloup (1805), Choumara (1826) Clavijo (1854), Coehoorn (1685), Cormontaigne (1801), Dufour (1822), Fergusson (1849, 1852), Fallot (1839), Gillot (1805), Gumpertz et Lebrun (1805), Haxo (a través de Maurice Sellon) (1849), Herrera y García (1838, 1846, 1853), Humfrey (1845), Irizar y Moya (1850), Keller (1856), Konstantinov (1861), La Barre Duparcq (1853), La Chiche (1771), Mandar (1801), Mangin (1851), Maurice de Sellon (1845, 1849), Merkes van Gendt (1845), Montalembert (1776, 1786), Muñoz (1850), Noizet (1792, 1811), Pasley (1847), Piron (1859), Prosperi (1744), Reveroni (1795), Sturm (1709), Tanski (1833), Téliakoffsky, Vauban (1737), Verdú (1854), Virgin (1781) y Zastrow (1856).

5. APORTACIÓN DE LOS OBSERVADORES INTERNACIONALES

La información de los textos teóricos se complementa con informes aportados por observadores internacionales, de cuya actividad se obtiene abundante información en el Archivo General Militar de Segovia, Sección *Comisiones en el Extranjero*. Estas comisiones remiten informes periódicos y concluyen su actividad con la redacción de un documento final. El número de integrantes suele variar, pues incorporan secretarios, escribientes, escoltas... (16) El destino más relevante del momento será la guerra de Crimea y algunas de las comisiones más célebres serán las dos encabezadas por el General Juan Prim entre 1853 y 1854 (17). Sin embargo, resultan de mayor interés para la presente investigación las de los ingenieros militares Tomas O'Ryan y Vázquez o Andrés Villalón y Echeverría, presentes en el sitio de Sebastopol hasta la firma del tratado de paz el 30 de marzo de 1856, informando con una ingente memoria de 759 folios (18). En ella se afirman conclusiones contradictorias. Por un lado, el papel que juega la capacidad de concentración artillera rusa en posiciones cubiertas, al margen de su calidad, para hacer desistir de un ataque por mar al inicio de la contienda. Por otro, se verifica la eficacia de la fortificación de campaña, que permite reforzar las defensas rusas en los puntos convenientes gracias al error aliado de no bloquear efectivamente la plaza. También se registra la experiencia temprana de la implementación de las corazas en la marina. Pero, especialmente, sorprende que una pieza permanente como la torre Malakoff, con dos niveles de casamatas y artillada con 48 piezas, resulte clave en la contención del avance terrestre enemigo y su toma suponga la caída de la plaza (19). Sus principios coinciden con los de la fortificación de Montalembert: superposición de fuegos en casamatas y resistencia del elemento constructivo. La construcción, no obstante, también plantea pegos, pues la resistencia de la convencional fábrica de sillería resulta contradictoriamente letal para los defensores debido al efecto de metralla que producen las esquirlas de piedra desprendidas al impacto de los proyectiles atacantes. Se incrementa a raíz del conflicto el debate sobre la forma y la materialidad de la casamata permanente.

Es preciso reseñar también la comisión del capitán de ingenieros Rafael Cerero, que traduce y comunica los ensayos efectuados en West Point entre 1852 y 1855 (20), así como la labor del mismo Bernáldez como comisionado en Austria, Lombardía, Inglaterra y Francia, cuyos viajes le permiten reflexionar sobre las casamatas artilleras (21), la guerra de los ducados en 1864 que enfrenta a Dinamarca con Prusia y Austria (22) o registrar las nuevas fortificaciones de Amberes y en la frontera del Rin (23).

6. LA FORTIFICACIÓN COMO EJEMPLO

Como se ha indicado, entre las misiones de estos observadores se encuentra la de identificar obras de relevancia en el contexto internacional. Se pueden citar, con alguna ausencia, las principales obras de referencia entre 1820 y 1860:

- 1.- Reino de Prusia: Coblenza (citándose con frecuencia el Fuerte Alejandro y la ciudadela de Ehrenbreitstein). Colonia y Poznan/Posen (Fuerte Viniari)
- 2.- Reino de Baviera: Gemersheim.
- 3.- Gran Ducado de Hesse: Mainz/Maguncia.
- 4.- Reino de Württemberg: Ulm (ciudadela de Michelsberg)
- 5.- Gran Ducado de Baden: Rastatt (Fuerte Leopoldo)
- 6.- Imperio Austríaco: Linz, Venecia (fuerzas del canal de Malamocco, fuerte de San Nicolás del Lido), Verona (Cuartel defensivo Scholl y fuertes del Adigio).
- 7.- Reino de Hungría: Komárom/Komorn (Fuerte de Sandberg).
- 8.- Imperio Francés: Grenoble (ciudadela), Lyon (fuerte Vaise, fuerte Loyasse, fuerte Santa Irene y fuerte Santa Fé), París (recinto fortificado, fuertes destacados: fuerte de la Briche, fuerte de Rosny, fuerte del Este y fuerte de Mont-Valerien, fuerte de Charenton).
- 9.- Imperio Ruso: Kronstadt (ciudadela Kromscholfs y fuerte Risbank), Novogeorgievsk.
- 10.- Reino de los Países Bajos: Groningen/Groninga.
- 11.- Reino de Bélgica: Lieja (ciudadela y fuerte Leopoldo), Gante (ciudadela)
- 12.- Imperio Británico: Portsmouth, Plymouth, Gosport, Malta, Corfú, Chatham (fuerte Pitt, fuerte Clarence).
- 13.- Reino de Cerdeña: Génova, Alejandría.
- 14.- Estados Unidos de América: Newport (Fortaleza Adams).

Obviamente este listado elude muchas fortificaciones que en aquel momento se encuentran activas y en adaptación, pero sirve para fijar la atención en las referencias de los principales observadores. Entre su interés principal, las construcciones acasamatadas.

7. NUEVA OPORTUNIDAD PARA LA CASAMATA

Tres tratadistas citados con anterioridad, con gran influencia en el contexto español, favorecen el resurgir de la casamata: Marc René de Montalembert (1714-1800), Lazare Carnot (1753-1823) y François-Nicolas-Benoît Haxo (1774-1838).

La casamata, hasta la aparición de sus obras, es considerada un elemento "inadmisible" por la tradición abaluartada (24). El cambio de mentalidad es posible gracias al refinamiento de la pólvora, que reduce el humo de las deflagraciones. El desarrollo del cañón obusero y la aparición de la artillería rayada, que mejora la potencia, alcance e impacto de los proyectiles, ahondará el debate al respecto. De entrada, la

principal misión de la casamata es guarecer de los proyectiles verticales.

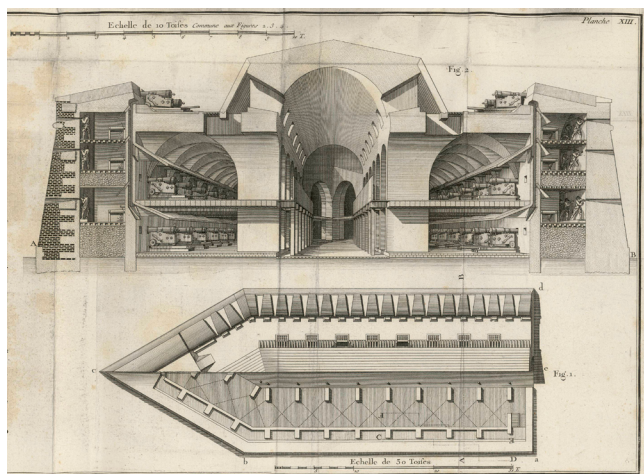


Figura 1. Lámina XIII de *La fortification perpendiculaire* de Montalembert. Puede observarse el apilamiento de cañoneras en una estructura acasamatada y la planta de la caponera tipo del sistema poligonal (Biblioteca Central Militar, V-68-3-1/1) (25)

Las propuestas de Montalembert, que delatan las deficiencias del modelo abaluartado, no son bien aceptadas por la tradición académica francesa, pero serán recogidas por la fortificación prusiana. El sistema aspira a superponer fuegos en frentes lineales o atenazados con elementos salientes, caponeras, que cubren los flancos hasta el máximo alcance (figura 1). De manera temprana, pues sus principales obras teóricas se desarrollan entre 1776 y 1793, Montalembert entiende que la base de una buena defensa radica en la potencia y eficacia del fuego (figuras 2.1 y 2.2).

En 1810 Carnot (26) propone el dominio del campo exterior con casamatas cubiertas tras las murallas, en las que se disponen morteros (figura 2.3). La contraescarpa y el camino cubierto desaparecen de la sección del sistema abaluartado para ser sustituidos por un glacis muy tendido y una escarpa avanzada, con fusileras, lo que se conoce como *muro Carnot*.

Pero el prototipo protagonista tras las guerras napoleónicas es el propuesto por Haxo, quien aún defiende la pervivencia del sistema abaluartado, conteniendo al enemigo a distancia con la acción de una potente artillería defensiva. Para ello es crucial el desarrollo de una casamata sostenida en la parte superior de las murallas, que resguarda la artillería bajo una bóveda de rosca sobre la que gravita un lecho de tierra (figura. 2.4). La bóveda de cañón característica se remata en su frente con una bóveda tronco-cónica, que limita el espacio para la pieza artillera pero facilita la evacuación del humo a la vez que permite incrementar el espesor de recubrimiento de tierra en la parte más expuesta (figura 3).

Los principales rasgos de esta tipología se mantienen durante décadas, a pesar de que pierde su eficacia con la llegada de la artillería rayada (27). Posiblemente el motivo de su supervivencia se deba a cuestiones tácticas y presupuestarias, que tienen en cuenta las capacidades del enemigo, como sucede en muchas fortificaciones españolas en el Magreb. El reto de resistencia, ubicación y trazado de las casamatas para una mejor ventilación y operatividad de las piezas artilleras y sus sirvientes conduce a partir de entonces a una intensa experimentación abordada por muchas comisiones.

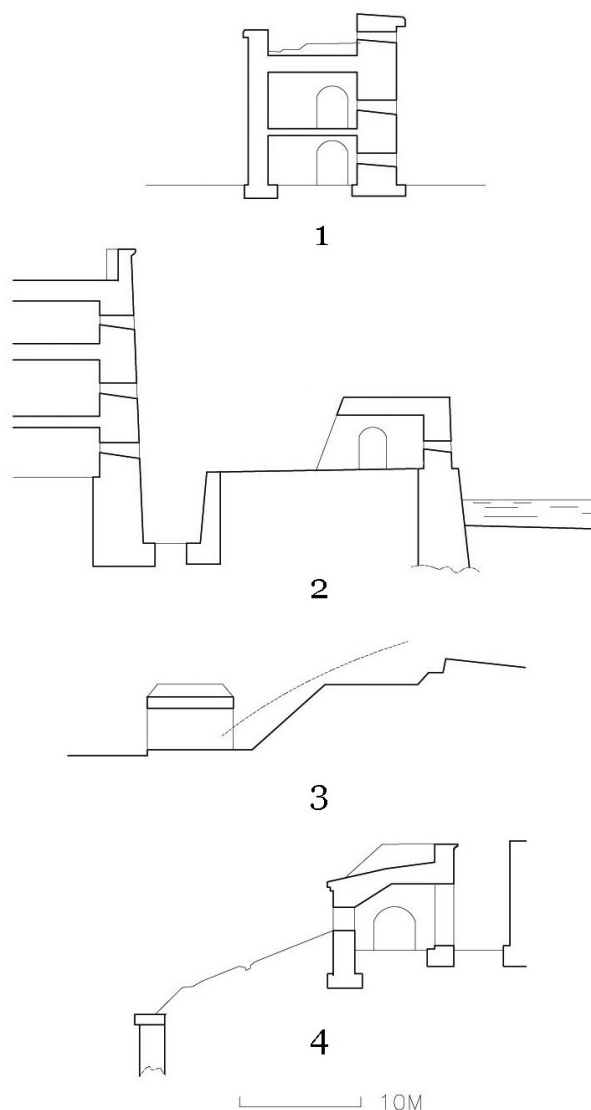


Figura 2. Algunos tipos característicos recogidos por Bernáldez (dibujo de los autores): 1. Montalembert. 2. Cherburgo (Montalembert). 3. Carnot. 4. Haxo

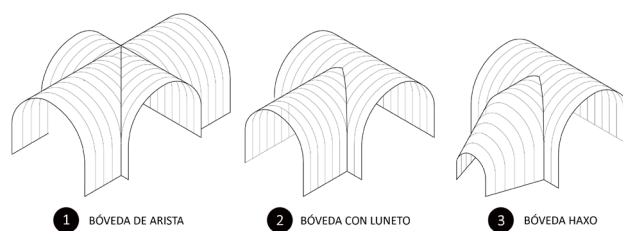


Figura 3. Resolución de encuentro entre bóvedas habituales en la fortificación española de mediados del XIX. 1.-Bóveda de arista. 2.-Luneto en la dirección de la cañonera. 3.-Bóveda Haxo. (dibujo de los autores). Estas tres tipologías se pueden localizar en la fortaleza de Isabel II de Mahón (28)

8. ENSAYOS MILITARES

A finales de los años cincuenta las fuentes hacen referencia a ensayos artilleros en Woolwich (1823), Coblenza (1836), Bapaume (1847), West Point (1851-1855), Vincennes (1859), Molina de Aragón (1860), Juliers (1860), entre otros, que prueban la resistencia de las fábricas al impacto del nuevo

cañón rayado, experimentando el comportamiento de nuevos materiales o combinaciones de los mismos (29).

El reto de las nuevas casamatas es su resistencia al fuego vertical y horizontal, pero también la visibilidad de los sirvientes. Si la resistencia se puede garantizar ampliando el espesor de los elementos de cubrición, un aumento excesivo de espesor limita la visibilidad. Si los huecos de las cañoneras se amplían en exceso para paliar lo anterior, entonces se debilitan porque son fácilmente alcanzables por el enemigo. Por ello los esfuerzos se centran en reducir espesores incorporando nuevos materiales y garantizando un coste asumible. La clave es desarrollar un material con mayor resistencia que el granito, por lo que se plantea la eficacia del hierro, el plomo e incluso el aluminio. Todas las potencias son sensibles a este desafío y de ahí el interés en España por estos ensayos, provengan de Francia, Inglaterra, Prusia o Estados Unidos.

De todos los ensayos, los que más interés despiertan son los de West Point, entre 1851 y 1855, sintetizados en el ya citado informe de Totten (30). A partir de los mismos, los ingenieros españoles, entre los que se cuentan Cerero o Bernáldez, extraen sus propias conclusiones. Sobre su fiabilidad se concluye que los datos recabados son difícilmente comparables al partir de hipótesis muy variadas: dimensiones y características del blanco, distancias de alcance, calibres y cargas o tipos de artillería (31).

Sobre los efectos de los diferentes proyectiles y la respuesta de las fábricas tradicionales se concluye una mayor precisión y poder de penetración del proyectil cilíndrico-ogival del cañón rayado frente al proyectil esférico del cañón liso, aunque este último produce mayor “*conmoción*” (32).

En relación con los muros de mampostería se verifica que un cañón rayado de 12 cm puede abrir brecha desde 900 m sobre muros ocultos con glacis de tierra o sobre muros de mampostería de 125 cm de espesor sin cubrición. Sólo si el muro es de 300 cm se requieren 200 disparos para abrir brecha. Los cañones rayados de 8 cm pueden perforar desde 60 m sobre muros de 250 a 300 cm (33). Estos datos permiten verificar la tendencia a trabajar con espesores de 300 cm, como se observará más adelante.

En el caso de muros de sillares de granito, con un espesor de 125 cm, la penetración de los proyectiles es escasa, pero se producen grietas en todas las direcciones que atraviesan el bloque. A mayor cristalinidad de la piedra, mayor efecto. Si la piedra es de origen sedimentario, como arenisca, se quiebra menos (34). Por lo general los sillares tienden a desencajarse y se arrancan grandes fragmentos. Por ello se considera que no tiene sentido recurrir a sillares de gran dimensión, dado su coste (35). En la fortificación española, ante estas conclusiones, veremos que se apuesta por máscaras de sillarejo.

Los ensayos no resultan concluyentes con muros de ladrillo pues su poca resistencia es atribuida al escaso tiempo de endurecimiento del mortero (36). Se presume pues un buen comportamiento del ladrillo en cañoneras y se verifica que la fábrica de ladrillo o el hormigón se comportan mejor que el granito ante la metralla o los proyectiles pequeños.

La principal curiosidad del ensayo de West Point radica en la experimentación con nuevos materiales ante cañones de 42.

El primero de ellos, hormigón con fragmentos de piedra y ladrillo, resulta desfavorable ante la escasa consistencia del material a los 13 meses. El segundo, denominado hormigón de asfalto, ejecutado con los mismos fragmentos de piedra y ladrillo a los que se agrega asfalto caliente, resulta quebradizo incluso con pequeños proyectiles (37). El tercero, el hormigón de plomo, que se obtiene al verter plomo derretido en un molde con fragmentos de piedra y ladrillo trabados con cemento (38), resiste sin dificultad a la metralla, *shrapnels* y proyectiles sólidos. Éstos, al impactar, se empotran y quedan cubiertos en la masa, generando un orificio del tamaño del proyectil, el cual, además, no llega a partir, ni a rajarse ni a desprender chispazos. Los ensayos lo convierten en un material óptimo para ejecutar con fábrica de bloque caras y derrames de cañoneras, pudiendo ser utilizado para reforzar elementos debilitados (39).

Bernaldez registra experiencias francesas satisfactorias con losas de plomo de 60 y 68 cm de espesor, y manifiesta la posible idoneidad del bronce apelando a su resistencia en la fabricación de cañones (40). Sobre el hierro fundido asegura que se comporta mejor en grandes planchas en vez de sumando planchas de reducido espesor, al resultar difícil que trabajen solidariamente, deformándose en exceso y cuarteando la mampostería a la que se fijan (41). A pesar de la resistencia del hierro fundido, se concluye que no debe utilizarse al descubierto por sus probadas características quebradizas. Se postula eso sí como un material idóneo para reforzar aristas de cañoneras si no son ejecutadas con bloques de hormigón de plomo.

En relación con las cuestiones de forma, los ensayos, especialmente los de Totten, conducen a la propuesta teórica de la que será conocida como la cañonera angloamericana, perfeccionada por los teóricos españoles. La nueva cañonera se caracterizará por:

- 1.- Los planos se mantienen paralelos al eje de la pieza para evitar que los derrames exteriores contribuyan a introducir proyectiles por reflexión en el interior de la casamata (figura 4).

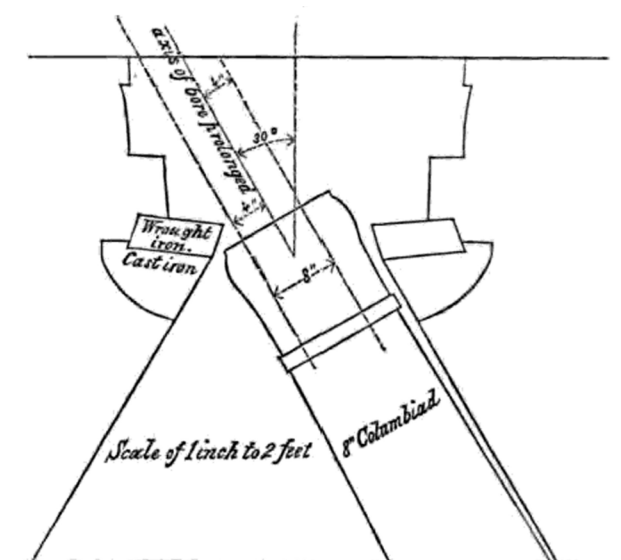


Figura 4. Posición de un proyectil de 8 pulgadas sorteando con un ángulo de 30° el hueco de una cañonera según las anotaciones de Totten (45)

2.-La debilidad del encuentro del derrame interior de la cañonera con su derrame exterior, agravada por el rebufo de las piezas, implica reforzar el punto con jambas de hierro colado (figura 5), que se extienden hacia el interior revistiendo el hueco. Dado que no se tienen garantías en la unión de estas jambas con la fábrica, se concluye que es preferible ejecutar las cañoneras con fábrica de bloque de hormigón de plomo.

TABLE No. 15—Continued.

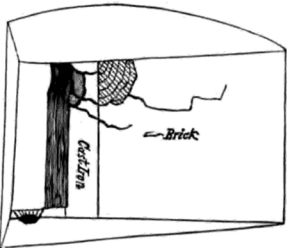
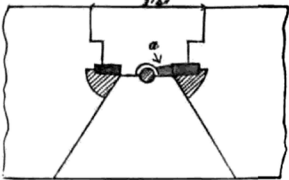
Order of firing.	Caliber.	Charge of powder.	Projectile.	Weight of projectile.	Elevation.	Distance.	Object.	REMARKS—July 26 and 27, 1855.
No.	Inch.	Lbs.	kind	lbs.	degrees	yds.	at	
196	8	10½	Ball	68	na	200	Left cheek, No. 8	ners, was carried away, and the inner arch was cracked through and through, from the spring to the crown, and also along the joints of the lower string course. A part of the screen, about 7 feet square was carried away. The shot struck the left throat plate about 4½" below the top, lapping on the throat plate about half the diameter of the ball, was deflected to the right, breaking out small segments from four of the plates, and bending the inner plate 1½ inch. Penetration 4½ inches. It also broke off a wedge-shaped piece of cast iron 1' high, 3" thick, and 2¾" to 4¼" broad, measured towards the inner face. The cast iron was also cracked horizontally about 4" below the roof of the em- Fig. S.  Fig. T. 

Figura 5. Detalle del informe de Totten sobre la respuesta de una cañonera de ladrillo con caras exteriores paralelas y encuentro entre derrames reforzado con plancha de hierro fundido. Se dibuja la trayectoria de un proyectil esférico de 8 pulgadas, con un peso de 68 libras a una distancia de 200 yardas y se anotan los orificios y grietas producidos por el impacto directo y sus rebotes (46)

3.-Se aspira a mejorar el funcionamiento de las portas que en su día estudió Montalembert en Cherburgo (figura 2.2), sustituyendo la madera por portas de palastro emplazadas en la cara interior, con diferentes soluciones de remaches, ejes y sistemas de cierre y sustitución. Los ingenieros españoles proponen ajustar las portas con bolillos (42). Con ello se resguarda el eje de la porta del proyectil exterior y se facilita su manipulación. Se espera aprovechar el efecto del retroceso de la pieza para cerrar las portas con el uso de cadenas y poleas (43).

4.-Sobre las dimensiones de las casamatas, se aspira a ganar espacio útil para los sirvientes dando más longitud a la bóveda. Así, si en el modelo americano se define una relación entre longitud y luz de la bóveda de 1/2, en el modelo perfeccionado se apuesta por 1/3 (44).

9. LA NUEVA DEFENSA PENINSULAR

9.1. Posicionamiento de la Junta para el plan de defensa permanente (1851-1858)

Por orden de un Real Decreto se crea el 25 de mayo de 1851 la *Junta encargada del Plan de defensa permanente de España*, cuyo objeto es revisar el estado de las numerosas fortificaciones obsoletas de la península y sus islas. No podemos abordar aquí la totalidad de los debates y decisiones a los que se enfrenta la junta, que procesa una ingente documentación procedente de Estados Mayores, Cuerpo de Ingenieros, ministerios y otras administraciones que tienen que ver con el desmantelamiento, refuerzo, artillado y desartillado del innumerable patrimonio fortificado del Estado.

Sus labores se extienden hasta julio de 1858, en que es disuelta por el gobierno para dar paso a la *Junta Consultiva de Guerra* (47), que lleva adelante el Plan O'Donnell de 1860, que transformará algunas de las principales plazas marítimas peninsulares.

La toma de decisiones no es fácil porque implica reestructurar la administración, el personal, e incluso afecta al motor económico de algunas poblaciones, como sucede en el siglo precedente en núcleos como Cartagena (48). El debate es tan complejo que se extiende a la interacción de los núcleos poblacionales, la articulación del territorio o las comunicaciones, como la telegrafía óptica y el ferrocarril. Mientras la junta lleva adelante sus diferentes comisiones, ya existen proyectos de fortificación en construcción, como la fortificación de Isabel II para la defensa de Mahón, que inicia la etapa principal de construcción y primeras reformas entre 1854 y 1863, pero con retrasos hasta la conclusión del proyecto definitivo en 1869 (49).

A pesar de los cambios de criterio en la década posterior, es posible enumerar las plazas de referencia peninsulares a finales de los años 50 para detectar cómo se aplica el debate internacional sobre las mismas.

Según las copias de las actas que Manuel de la Concha remite al Ministro de la Guerra en marzo de 1856, las principales plazas marítimas son Ceuta, Cádiz, Santoña, Mahón, la línea del Campo de Gibraltar, Algeciras, Tarifa, Ferrol y Cartagena. Para la defensa de los Pirineos se centra la atención en Vitoria y Tolosa, debiendo incorporarse un nuevo enclave en el Baztán u otro entre Tolosa y Hernani. San Sebastián requiere un campo atrincherado. En Cataluña destacan Barcelona y Gerona. Se recomienda fortificar la altura del castillo de Olot, Ripoll y Mora de Ebro. En Aragón destacan Zaragoza y Mequinenza. En última instancia se incorpora Jaca. En las islas se citan Palma, Ibiza, Mahón y Cabrera, destacando la fortificación de La Mola de Mahón. En el Reino de Granada se cita Málaga con el castillo de Gibralfaro, las baterías de costa y la conservación de la Alhambra en Granada. En Andalucía se mencionan Sevilla, Cádiz, Paymogo y Sánlucar, debiendo hacer esfuerzos en Tarifa y el Campo de Gibraltar. Se citan concretamente el castillo de Santiago, los fuertes extremos de Santa Bárbara y San Felipe, las baterías de Punta Mala y El mirador y las puertas de San García y del Carnero e Isla Verde. En África, Ceuta. En Galicia se presta atención a La Coruña y al Ferrol y a plazas de quinta clase como Monterrey, Salvatierra y Goyán. En Canarias se cita Tenerife, Las Palmas, San Francisco del Viseo, Lanza-

rote y la Laguna. En Castilla la Nueva Madrid es el punto clave. También Cuenca, en las conexiones con Valencia. En Castilla la Vieja, Valladolid, Ciudad Rodrigo, La Puebla de Sanabria y Zamora. En Asturias se destaca Gijón y en Burgos se potencia Santoña, Logroño, Santander y Miranda de Ebro. En Extremadura, Badajoz, Alburquerque, Alcántara y Valencia de Alcántara. En el reino de Valencia se mantiene la preeminencia de Alicante, Peñíscola y Águilas. En la capital valenciana se recomienda conservar la ciudadela, el antiguo Convento de Santo Domingo y la aduana. Pero, sobre todas ellas, se destaca la plaza de Cartagena, donde hay unanimidad para *“ponerla en el mejor estado posible, aumentando las obras necesarias de su recinto y Castillos, construyendo fuertes nuevos en posiciones adecuadas y estableciendo baterías hasta el punto de asegurar completamente su puerto, que es el más seguro y espacioso que en el Mediterráneo tiene España”* (50).

El análisis de los proyectos comprendidos entre 1840 y 1870 localizados en el archivo central militar permite limitar el número de plazas de estudio. La primera guerra carlista había dejado en evidencia la defensa ante un enemigo interior. Pero esta debía centrarse en la concentración de tropas y material y proveer su movilidad, no tanto en la fortificación. De hecho, tras la guerra se desmantelan muchas fortificaciones en territorio conflictivo (51).

Sin embargo, no sucede lo mismo con la frontera exterior; hacemos referencia a las grandes plazas marítimas y otras plazas fronterizas, ya sean africanas como Ceuta, las de la frontera portuguesa o la línea pirenaica. Precisamente en las primeras es donde encontramos la mayor profusión de proyectos de fortificación que tienen como protagonista la casamata. Entre los casos estudiados destacaría la plaza de Cartagena, pero también El Ferrol, Cádiz, Ceuta y Santoña.

9.2. La casamata en los proyectos de fortificación española de 1850 hasta 1860

Si analizamos los proyectos y obras de fortificación en la década de los cincuenta del siglo XIX, se observa que no recogen muchas de las propuestas teóricas analizadas. Posiblemente los ingenieros se hacen eco de las cautelas de los observadores y, visto el comportamiento de las tradicionales fábricas de sillería y las limitaciones presupuestarias, apuestan por la ejecución de casamatas tipo Haxo, donde dominan cañoneras espaciales, convencionales, sobre sólidos pies derechos de sillar, con bóvedas ejecutadas con roscas de sillería, ladrillo u hormigón hidráulico, bajo un colchón de tierra que absorbe el impacto de los proyectiles verticales, y una abertura en la espalda de la casamata para favorecer la ventilación. En muchos casos, las bóvedas sostienen un declive del interior al exterior para la evacuación del humo. Un ejemplo serían las baterías costeras proyectadas por entonces en Cartagena (figura 6). Los proyectos de Tabar, Echeverría, de la Llave, Azpiroz o Medina se encuentran con todas las dificultades intuidas en los ensayos internacionales. La realidad impone urgencia, precipitación y recortes presupuestarios. El 2 de noviembre de 1860, el ingeniero Antonio de la Iglesia efectúa una visita de inspección para la Comandancia de Valencia (52) y queda admirado por la eficacia de los ingenieros ante la dificultad extrema en la que tienen que trabajar: problemas de adaptación al terreno, falta de operarios cualificados, limitación de materiales, problemas de suministro y comunicación, robos de material...

(53) La realidad de las obras dista mucho del trabajo de precisión y desarrollo tecnológico en el que se centran los estudios tratados.

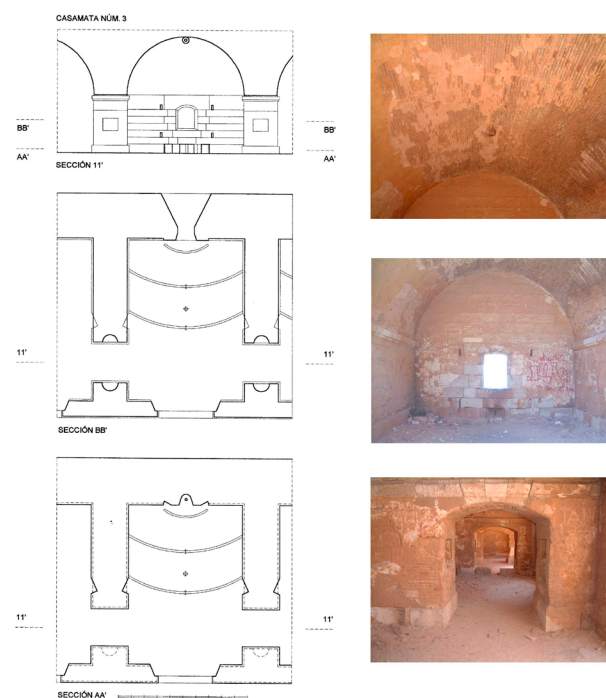


Figura 6. Detalle de casamata construida en el Fuerte de Navidad de Cartagena. Levantamiento y fotografía de los autores en 2001, antes de su restauración. Se pueden observar las bóvedas de ladrillo y las casamatas de sillería

El análisis de proyectos como los de las baterías de Navidad (figura 7.1) o el fuerte de la Cruz en Cartagena (1858) (figura 7.2) (54), la batería acasamatada del ángulo de la Soledad de la plaza de Cádiz (1859) (figura 7.3) (55), la batería del Molino de Ceuta (1860) (figura 8.1) (56), la caponera del istmo de Santoña (1860) (figura 8.2) (57) o la fortificación del nuevo castillo de la Palma, en el Ferrol (1863) (figura 8.3) (58), muestra que los proyectos apenas reaccionan al debate internacional. En una comparativa de las principales medidas de la casamata tipo se observan similitudes en proyectos de diferentes contextos, como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones comparadas de diferentes casamatas tipo de la fortificación española en el cambio de década de 1850 a 1860

Datos de casamatas tipo	Fecha	Ancho de pies derechos de bóveda (cm)	Luz de bóveda (cm)	Profundidad de bóveda (cm)	Altura de bóveda (cm)	Espesor muro de máscara	Espesor de colchón de tierra	Espesor de bóveda
Navidad (7.1)	1858	168	400	595	433	266	152	114
la Cruz (7.2)	1858	162	402	575	421	266	165	113
Soledad (7.3)	1859	148	440	603	342	229	110	126
Santoña (8.1)	1859	125	317	666	336	300	90	134
Molino (8.2)	1860	174	497	1191	394	333	125	133
La Palma (8.3)	1863	149	500	910	362	282	122	97

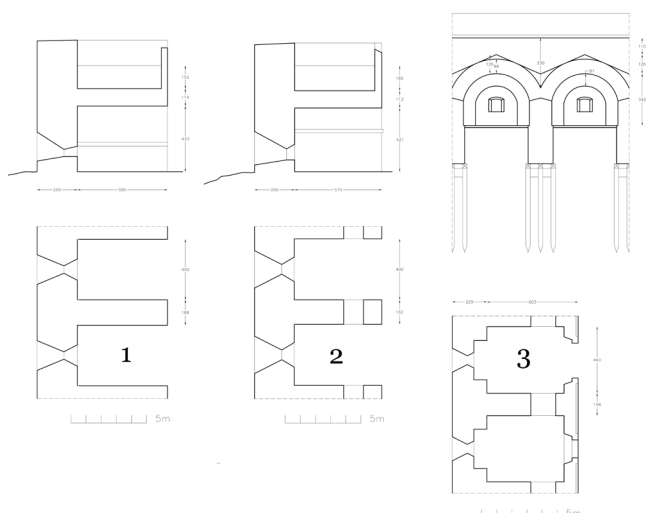


Figura 7. Proyectos de casamata para el fuerte de Navidad (Cartagena, 1858) (1), el Fuerte de la Cruz (Cartagena, 1858) (2) y la batería del ángulo de la Soledad (Cádiz, 1859) (3). Dibujos de los autores

10. CONCLUSIONES

Cuando las reflexiones sobre las experiencias de Totten llegan a España, a través de la traducción de Cerero (1861) o con las observaciones de Bernáldez (1860), muchos de los proyectos para las plazas marítimas se han esbozado y, algunos, como el castillo de la Palma en el Ferrol, la fortaleza de Isabel II en Mahón, o algunas baterías de Cartagena, se encuentran ya en construcción. En España han proliferado los frentes poligonales, y las casamatas se han convertido en el principal recurso, en muchos casos adecuándose a la tipología Haxo. Se trata por lo general de bóvedas de cañón sobre muros de 150 cm de espesor de media, cuyo eje es paralelo al eje de las piezas artilleras. Ofrecen un muro de máscara que parece adecuarse a las prescripciones de los ensayos de Totten, con alrededor de 3 m de espesor, pero no hay constancia de que se opte por ningún material novedoso. Los bloques de hormigón de plomo no se detectan, y se mantiene la apuesta por la solución más sencilla acorde al informe de Totten: sillarejos revistiendo muros de mampostería.

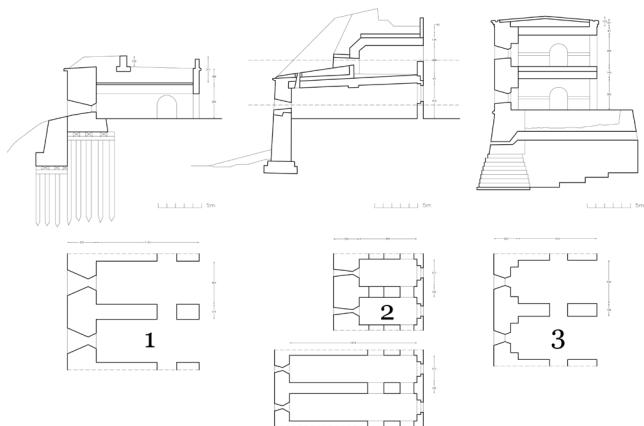


Figura 8. Proyectos de casamata para la caponera del Istmo de Santia (1859) (1), para la batería del Molino (Ceuta, 1860) (2) y para el nuevo castillo de la Palma (El Ferrol, 1863) (3). Dibujos de los autores

En el encuentro del muro de máscara con la bóveda de cañón se produce una depresión del plano de techo para favorecer la evacuación de las humaredas.

Se mantienen las cañoneras tradicionales, sin detectarse interés por definir cañoneras de caras paralelas o con marcos de hierro, al menos hasta los proyectos consultados del año 1863.

Se presta atención a las chimeneas para ventilación de las humaredas y se procura la conexión entre casamatas.

No se cumplen las proporciones anchura/longitud de 1/3 indicadas por Cerero y recogidas por Bernáldez, pues prima el aprovechamiento del espacio a costa de la operatividad de los sirvientes.

Se mantienen roscas de ladrillo en algunos proyectos, pero, en otros, se apuesta por hormigón hidráulico.

Sobre las bóvedas se suele apoyar una capa de hormigón hidráulico conformando pendientes.

Se sigue confiando en el espesor de tierra apisonada que alcanza una media de 125 cm sobre la clave de la bóveda. Esta tierra, en la mayoría de los casos, recibe un plano de mampostería que sirve de base para un enlosado (figura 9).

La artillería se fija mediante cadenas y cuerdas a cáncamos que se empotran en paredes y bóvedas, cuyas guías son dos o tres raíles de hierro forjado que se anclan a piezas de madera embebidas en el suelo, generalmente de mampostería.

No se detectan concesiones al debate planteado por Totten en torno al diseño de la cañonera. Se prefiere seguir trabajando con secciones tipo semejantes a las del siglo precedente. Se sigue confiando en la rigidez del sillar pétreo para reforzar el punto débil de las cañoneras, que es el encuentro del plano de derrame exterior con el interior.

La fortificación de finales de los cincuenta del siglo XIX hace patentes las dudas de muchos ingenieros sobre el debate teórico. Un espíritu conservador y cierto talante práctico contienen la incorporación de las innovaciones que sugieren cambios de material y ajustes de forma de elementos puntuales como las cañoneras.

En pocos años, todo el esfuerzo constructivo realizado en muchas plazas españolas va a ser baldío. El futuro inmediato potencia el acorazamiento de la fortificación. En el caso anglo-americano las reflexiones de Totten hacen evolucionar el blindaje de las bocas de fuego de sus primitivas propuestas a fuertes completamente blindados como Fort Bovisand, cerca de Plymouth. La patente *Gruson* de coraza se ensaya con éxito en Prusia en 1868 ante obuses Krupp de 28 toneladas a distancias inferiores a 10 m, otorgando a la patente un renombre y convirtiéndola en un reto para la industria artillera. En apenas unos años el esfuerzo constructivo de urgencia acometido en los años 50 y 60 queda obsoleto. Se prueban las dudas y cautelas de los observadores y expertos que han analizado el panorama internacional y se entra en una nueva fase, como recoge el capitán de ingenieros Manuel Cano Ugarte (59), donde no cabe otra solución que tratar de adaptar las recién construidas fortificaciones a tipologías acorazadas.

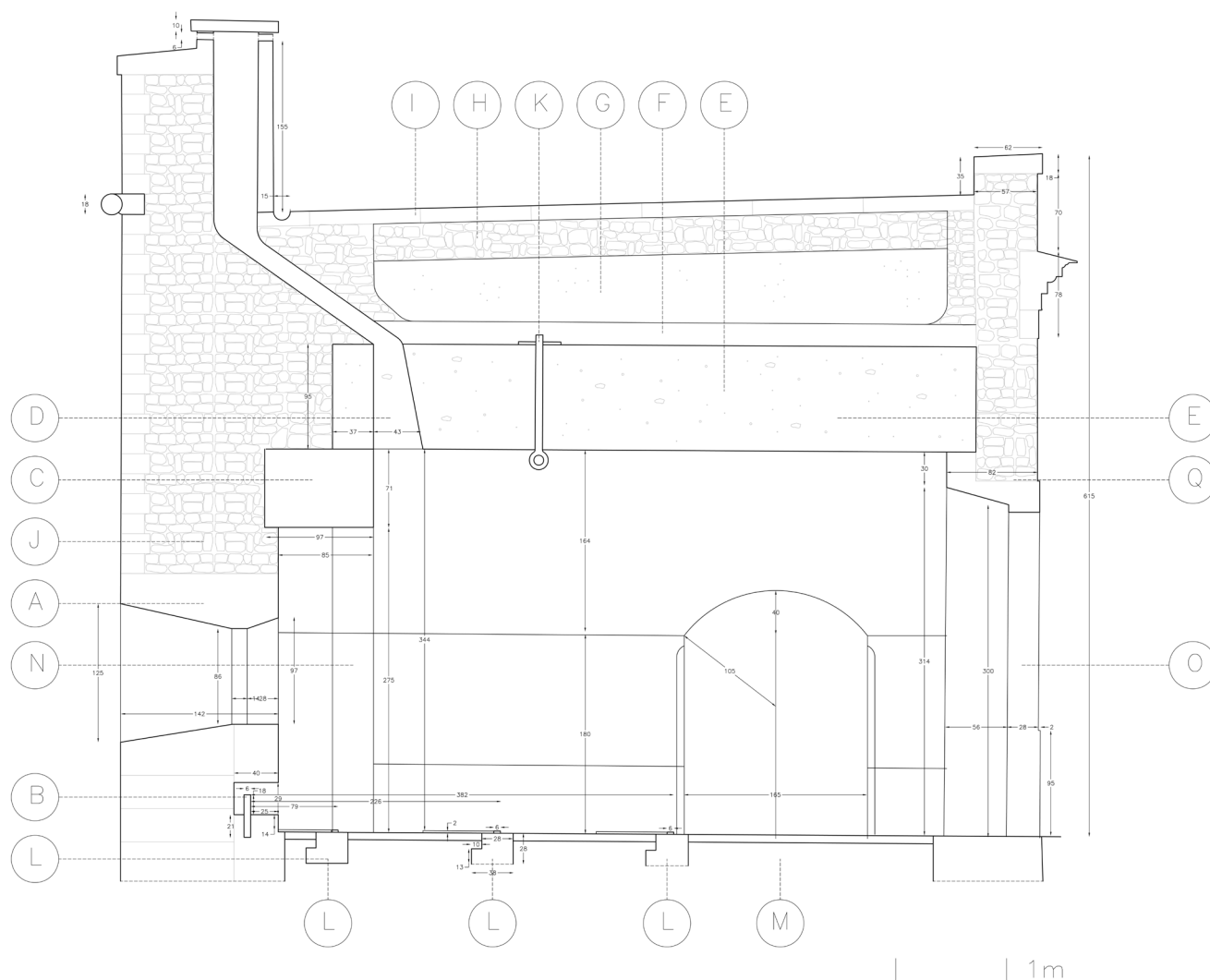


Figura 9. Sección constructiva de casamata tipo A a partir del proyecto para el baluarte de la Candelaria (Cádiz) (Dibujo de los autores). A.-Cañonera de sillera. B.-Perno pintado. C.-Espesor del arco de penetración formado con hormigón hidráulico. D.-Chimenea de ventilación. E.-Espesor de la bóveda de hormigón hidráulico. F.-Espesor del plano inclinado de hormigón hidráulico. G.-Relleno de tierra apisonada. H.-Macizo de la explanada ejecutado con mampostería medianamente hidráulica. I.-Explanada de losas. J.-Muro de máscara de la batería ejecutado con mampostería ordinaria y revestimiento exterior de sillarejo. K.-Anclaje y cáncamo para suspensión de batería. L.-Curvas de madera con llantas de hierro para guía de la artillería. M.-Comunicación entre casamatas. N.-Arranque del arco de penetración y bóveda. O.-Puerta de entrada. P.-Muro interior

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los/as autores/as de este artículo declaran no tener conflictos de intereses financieros, profesionales o personales que pudieran haber influido de manera inapropiada en este trabajo.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Guillermo Guimaraens Igual: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración de proyecto, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición.

Virginia Navalón Martínez: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración de proyecto, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición.

REFERENCIAS

- (1) Hogg, I.V. (1975). *Forteresses*. London: Edita Vilo.
- (2) Truttmann, P. (1993). *Les Derniers Chateaux Forts. Les prolongements de la fortification medievale en France (1634-1914)*. Thionville : Gérard Klop.
- (3) Ruibal, Amador (Ed.) (1998). *Actas del I Congreso de Castellología Ibérica*. Madrid: Asociación Española de Amigos de los Castillos. Diputación de Palencia.

- (11) Iniesta Sanmartín, Á., Martínez López, J.A. (Eds.) (2002): *Estudio y catalogación de las defensas de Cartagena y su bahía*. Murcia: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Consejería de Educación y Cultura. Dirección General de Cultura, pp. 254-257.
- (12) Terrón Ponce, J.L. (2004). *La fortaleza de Isabel II en el puerto de Mahón*. Estudio arquitectónico y análisis táctico. Mahón: Consorcio Museo Militar de Menorca.
- (13) Sáez García, J.A. (2022). *El fuerte de Rapián y Batería del Oeste (Jaca, Huesca)*. Jaca: Asociación Cultural Jacetana.
- (14) Herrera García, J. (1838). *Tratado sobre el restablecimiento de el equilibrio de fuerzas entre el ataque y la defensa de las plazas fuertes*. Granada: manuscrito. Biblioteca Central Militar (BCM, sign.: ms-1560); Herrera García, José (1846). *Teoría analítica de la fortificación permanente*. Madrid: Imprenta Nacional; Herrera García, José (1853). *Examen comparado del estado actual del arte de fortificar, ó Demostración analítica de la mayor proximidad en que se encontraba de su perfección en la antigua época del origen del sistema abaluartado antes de las infinitas reformas introducidas por los ingenieros modernos*. Madrid: Imprenta de Fermín Torrubia.
- (15) Bernáldez, E. (1860). *La fortificación moderna*. Madrid: Imprenta del memorial de ingenieros.
- (16) Redondo Pena, A.P.A.D. (2009). *El general Prim en la guerra de Crimea (1853-1854). documentos para su estudio*. En Corpas Rojo, F.J., Molinero Navazo, J.L. (Eds.) *La era Isabelina y la Revolución. Actas de las XIII Jornadas Nacionales de Historia Militar* (p. 120-137). Sevilla: Cátedra General Castaños, p. 121.
- (17) Prim y Prats, J. (1855). *Memoria sobre el viaje militar a Oriente presentada al Gobierno de S. M. por el Excmo. Sr. General Don Juan Prim, Conde de Reus, jefe de la comisión de señores oficiales del ejército español, nombrada en 1853 para seguir y estudiar las operaciones de la guerra entre Rusia y Turquía*. Madrid: Imprenta de Tejado.
- (18) O'Ryan y Vázquez, T., Villalón, A. (1858). *Memoria sobre el viaje militar a la Crimea presentada por los oficiales del Cuerpo de Ingenieros nombrados en 1855 para seguir y estudiar las operaciones de la guerra entre Rusia y la potencias Occidentales Francia e Inglaterra, auxiliando a Turquía*. Madrid: Imprenta del memorial de ingenieros.
- (19) Pando Despierto, J. (1987). Españoles en Oriente: Campañas del Danubio y Crimea. *Revista de Historia Militar*, 62, pp. 93-148.
- (20) Cerero, R. (1861). *Informe dirigido al Hon. Jefferson Davis, Ministro de la Guerra, sobre los efectos de los disparos hechos con piezas de grueso calibre en las cañoneras de las casamatas y sobre los producidos disparando contra las mismas cañoneras, diversas clases de proyectiles: deducidos de las esperiencias hechas en West-Point, Estado de New-York, durante los años 1852, 53, 54 y 55 por el Brigadier General J. G. Totten, Coronel, Jefe del Cuerpo de Ingenieros del ejército de los Estados Unidos. Traducido del inglés por el Capitán de Ingenieros D. Rafael Cerero*. Madrid: Imprenta del memorial de ingenieros, p. 17.
- (21) Bernáldez, E. (1862). *Estudios sobre las casamatas para artillería*. Madrid: Imprenta del memorial de ingenieros.
- (22) Bernáldez, E. (1864). *Guerra entre Alemania y Dinamarca en 1864*. Madrid: Imprenta del memorial de ingenieros.
- (23) Bernáldez, E. (1866). *Descripción de la plaza belga de Amberes y noticia de las obras que se ejecutan en algunas fortificaciones alemanas del Rhin*. Madrid: Imprenta del memorial de ingenieros.
- (24) Cassani, J. (1704). *Escuela militar de fortificaciones ofensivas y defensivas*. Madrid: Antonio Gonçales de Reyes; Lucuze, Pedro (1772). *Principio de Fortificación*. Barcelona: Thomas Piferrer, pp. 59-60.
- (25) Montalembert, M.R. (1776-1784). *La fortification perpendiculaire ou Essai sur plusieurs manières de fortifier la line droite, le triangle, le quarré, & tous les polygones, de quelqu'étendue qu'en soient les côtes en donnant à leur défense une direction perpendiculaire*. Paris: Imprimerie de Philippe-Denys Pierres. BCM, V-68-3-1/1.
- (26) Carnot, L.N.M. (1810). *De la défense des places fortes. Ouvrage composé pour l'instruction des élèves du Corps du Génie*. Paris: Courcier. Carnot, Lazare-Nicolas-Marguerite (1823). *Memoire sur la fortification primitive pour servir de suite au Traité de la defense des places fortes*, par M. Carnot. Paris : Bachelier.
- (27) Bravo Nieto, A. (2015). La influencia de los modelos de Montalembert en la fortificación españolas del siglo XIX. Varios ejemplos en el norte de África. En Cámara Muñoz, Alicia y Revuelta Pol, Bernardo (Eds.), *Ingeniería de la Ilustración*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano, p. 95.
- (28) Terrón, 2004, p. 105.
- (29) Bernáldez, 1862, pp. 15-26.
- (30) Totten, J.G. (1857). Report adressed to the Hon. Jefferson Davis, Secretary of War, on the effects of firing with heavy ordnance from casemate embrasures with various kinds of missiles in the years 1852, '53, '54 and '55 at West Point, in the State of New York. Washington: Taylor and Maury.
- (31) Bernáldez, 1862, p. 31.
- (32) Bernáldez, 1862, p. 32.
- (33) Bernáldez, 1862, p. 32.
- (34) Totten, 1857, p. 117.
- (35) Cerero, 1861, p. 53.
- (36) Cerero, 1861, p. 51.
- (37) Totten, 1857, p. 40.
- (38) Cerero, 1861, p. 17.
- (39) Bernáldez, 1862, p. 33.
- (40) Bernáldez, 1862, 29-30.
- (41) Bernáldez, 1862, 27-28.
- (42) Cerero, 1861, p. 83.
- (43) Cerero, 1861, p. 84.
- (44) Cerero, 1861, p. 87.
- (45) Totten, 1857, p. 136.
- (46) Totten, 1857, p. 101.
- (47) Palacio Ramos, R. (2014). La Junta encargada del Plan de defensa permanente de España (1851-1858) y la aplicación de sus conclusiones en Cantabria. *Cuadernos de arquitectura y fortificación*. 1, pp. 9-122.
- (48) Guimaraens Igual, G., Navalón Martínez, V. (2017). La fortificación de Cartagena en las postrimerías del siglo XVIII. Teoría y realidad arquitectónica. En Echarrri Iribarren, Víctor (Ed.) (2017): *Defensive architecture of the Mediterranean. XV to XIII Centuries. FORTMED. Modern Age Fortifications of the Mediterranean Coast*. Alicante, October 26th, 27th, 28th 2017 (pp. 183-190). Alicante: Publicacions Universitat d'Alacant.
- (49) Terrón, 2004, pp. 123.
- (50) Palacio Ramos, 2014, pp. 10.
- (51) Navalón Martínez, V. (2021). *La fortificación del "Reino Mágico" de Cabrera* [Tesis doctoral]. Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/173710>, p. 1050.
- (52) De la Iglesia, A. (1860). *Informando a S. E. sobre el estado de las obras que se egecutan en Cartagena con cargo al crédito extraordinario, y las modificaciones que conviene introducir en la administración de las mismas para su mejor egecución, todo á consecuencia de la revista de Inspección pasada a dicha Plaza en el año actual*. Valencia, 2 de noviembre de 1860. SHM. 4-4-7-2.
- (53) Guimaraens Igual, G. (2006). Aires de cambio en la fortificación marítima de Cartagena a mediados del siglo XIX: el caso del Fuerte Fusilero de Navidad. En *Arché*, 1, 2006, 305-316.
- (54) *Proyecto de batería casamatada en el ángulo de la Soledad. Cuerpo de Yngenieros del Ejercito, Dirección Subinspección de Andalucía, Comandancia de Cádiz; comprobado el brigadier comandante Juan M. Muñoz, dibujado por el capitán de ingenieros Rafael Cerero*. Cádiz, 15/11/1859. AGM, CA-62/5.
- (55) *Proyecto de batería casamatada en el ángulo de la Soledad. Cuerpo de Yngenieros del Ejercito, Dirección Subinspección de Andalucía, Comandancia de Cádiz; comprobado el brigadier comandante Juan M. Muñoz, dibujado por el capitán de ingenieros Rafael Cerero*. Cádiz, 15/11/1859. AGM, CA-62/5.
- (56) *Proyecto de la Batería del Molino donde estaba situada la del mismo nombre por el Comandante graduado Capitán Don Paulino Aldaz... dibujado por el Sargento 2º Manuel Pérez*. Ceuta, 6/10/1860. AGM, CE-8/13 y CE-8/14.
- (57) *Detalles del Recinto y caponera del proyecto de fortificación sobre el istmo de Santoña dibujado por el Capitán del Cuerpo de Ingenieros D. Saturnino Fernández y Gómez*. Burgos, 30/7/1859. AGM, S-2/1.
- (58) *Perfiles de las obras del nuevo Castillo de la Palma en la ría del Ferrol, demostrando el adelanto de su construcción en fin del mes de octubre de 1863. El Ferrol, 15/12/1863. AGM, C-17/6. Perfiles de las obras ejecutadas en la plaza de Ferrol y estado en que se hallaban en fin del mes de octubre del año 1863 bajo la dirección del comandante graduado Capitán del Cuerpo de Ingenieros D. Enrique Montenegro. Cuerpo de Ingenieros del Ejercito, Dirección Subinspección de Galicia, Comandancia del Ferrol. Dibujado por Ramón Santos*. El Ferrol, 15/12/1863. AGM, C-22/3.
- (59) Cano-Ugarte, M. (1868). *Discusión sobre las Baterías acorazadas para la defensa de las Plazas marítimas en general. Su aplicación en la Plaza de Cartagena...* Cartagena, agosto de 1868. Servicio Histórico Militar (SHM) 4-4-7-5.