



“ENTRE FILÓN DE BIZANCIO Y LA ARQUEOLOGIA”. LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL SISTEMA DEFENSIVO PÚNICO-HELENÍSTICO DEL YACIMIENTO “CASTILLO DE DOÑA BLANCA” (EL PUERTO DE SANTA MARÍA, CÁDIZ, ESPAÑA)

“BETWEEN PHILO OF BYZANTIUM AND ARCHAEOLOGY”. VIRTUAL RECONSTRUCTION OF THE PUNIC-HELLENISTIC DEFENSIVE SYSTEM OF THE CASTILLO DE DOÑA BLANCA SITE (EL PUERTO DE SANTA MARÍA, CÁDIZ, SPAIN)

Pablo Sicre-González* 

Grupo de Investigación HUM-509 “Phoenix Mediterranea”, Universidad de Cádiz, Avda. Dr. Gómez Ulla, 11003 Cádiz, España.
pablo.sicre@uca.es

Highlights:

- The study proposes a virtual reconstruction of the “Castillo de Doña Blanca” defensive system that improves the understanding of Punic-Hellenistic poliorcetics techniques in the Iberian Peninsula.
- Thanks to this analysis, common planning patterns in Punic-Hellenistic fortifications are identified, showing modularity and functionality in their design.
- A better dissemination of the findings is possible by implementing disciplines such as virtual archaeology, promoting progress in the historical and archaeological knowledge of the site.

Abstract:

This study presents the virtual reconstruction of the Punic-Hellenistic defensive system of Doña Blanca Castle (CBD) through the use of virtual archaeology, which has allowed considerable progress in the understanding of the polyorctic techniques of this chronology in the south of the Iberian Peninsula. Applying new technologies, such as geo-referenced digital photogrammetry and 3D architectural modelling, has been key in the detailed documentation of the settlement's defensive structures. This approach has revealed a modular design and planning common to other contemporary fortifications, suggesting a high level of military organisation and strategy in this key settlement during the Second Roman-Carthaginian War.

The main contribution made by this study is the reconstructive hypothesis of the CBD defensive system, which has improved the understanding of Punic-Hellenistic fortification in the Iberian Peninsula. Thanks to this analysis, common planning patterns have been identified in this type of military construction, revealing a modular design and functionality in the defensive organisation. Among the most outstanding elements of this reconstruction is the finding of the existence of postern gate, i.e. openings that would have been used to allow the exit or entry of defensive troops, thus carrying out an active defence of the fortification. This characteristic reinforces the idea of strategic military planning, as each defensive system component was aimed at improving the site's protection capacity in a war context. The linking of the fortification overall structure with the artillery torsion machines typical of the period has also been a revealing perspective; it shows that the builders were designing both passive defences (walls and towers) and advanced military devices for the active defence of the settlement.

Another crucial aspect of this study is that classical sources, such as the writings of Philo of Byzantium, have been used which have been instrumental in the development of reconstructive hypotheses. Ancient treatises offer a valuable perspective that helps to guide the archaeological finds interpretation, providing a theoretical framework for understanding how these defensive systems were organised and functioned in Antiquity. Philo of Byzantium, in particular, was an expert in fortifications and poliorcetic, and his artillery machines and fortification elements descriptions have allowed comparison of the structures exhumed in the CBD with other fortifications of the same period.

The virtual reconstruction and detailed analysis of the defensive system of the CBD has been possible thanks to the implementation of virtual archaeology, which has allowed us to generate our own methodology and workflow. The results analysis, study and dissemination have improved the transfer of knowledge to the specialised public and society in general. Virtual archaeology, despite its recent inclusion in the academic world, has become an essential discipline for promoting research and scientific traceability in the virtual reconstructions carried out to date. Although its theoretical postulates are somewhat outdated, due to the constant advance of technologies and the traditional conservative perspective of current studies on history or archaeology, carrying out this type of specific work promotes the dynamisation of the discipline. The

* Corresponding author: Pablo Sicre-González, pablo.sicre@uca.es



“ENTRE FILÓN DE BIZANCIO Y LA ARQUEOLOGÍA”. LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL SISTEMA DEFENSIVO PÚNICO-HELENÍSTICO DEL YACIMIENTO “CASTILLO DE DOÑA BLANCA” (EL PUERTO DE SANTA MARÍA, CÁDIZ, ESPAÑA)

implementation of the whole theoretical-practical corpus, from the theory itself to the tools and protocols developed in the last decade, has emphasized the substantial differences in the current situation of the discipline, which should be addressed in the future, in specific debate forums.

Despite the significant advances achieved through virtual archaeology and comparative analysis with classical sources, the study underlines how important further research is. Further site documentation is needed, as well as a general research plan for this major protohistoric site. The comparison of the CBD with other archaeological sites enriches our knowledge of Punic poliorcetic in general, and of the military development of these settlements in the historical developments of the time. Specific analyses in this regard can provide a broader historical context and an overview of the different sites located in the south of the peninsula, thus improving the understanding of these fortifications strategic role in the Bay of Cadiz in particular, during the Second Roman-Carthaginian War.

Keywords: poliorcetic; virtual archaeology; fortifications; digital photogrammetry; 3D modelling

Resumen:

En este estudio se presenta la reconstrucción virtual del sistema defensivo del Castillo de Doña Blanca (CDB) a través de la aplicación de la arqueología virtual, lo que ha permitido avanzar significativamente en la comprensión de las técnicas poliorcéticas púnico-helenísticas en el sur de la península Ibérica. Este enfoque innovador ha sido clave para el estudio de esta fortificación, contribuyendo a generar nuevas interpretaciones tras más de 20 años de inactividad científica en el yacimiento. La implementación de nuevas tecnologías en la documentación, análisis y visualización de datos ha desempeñado un papel crucial en este proceso. Entre éstas, destacan la fotogrametría digital georreferenciada y la modelización arquitectónica en 3D; estas tecnologías han sido fundamentales para la reconstrucción detallada de los elementos defensivos exhumados, revelando aspectos inéditos del sistema defensivo. La constatación de la existencia de poternas, así como la vinculación de la estructura general de la fortificación con las máquinas de artillería, características de esta época, sugiere una gran planificación militar de este asentamiento estratégico durante la Segunda Guerra Romano-Cartaginesa. Además, este trabajo pone de manifiesto la importancia de las fuentes clásicas en el desarrollo de las hipótesis reconstructivas. Tratadistas militares antiguos como Filón de Bizancio han sido esenciales para definir la interpretación de las estructuras defensivas, ofreciendo un marco teórico para la misma. A pesar de estos avances, este estudio enfatiza la necesidad de continuar investigando y comparando el CDB con otros yacimientos arqueológicos, con el objetivo de enriquecer el conocimiento general sobre la poliorcética fenicio-púnica. La comparación con otras estructuras defensivas puede proporcionar un contexto histórico de conjunto, enriqueciendo las hipótesis actuales y profundizando en la comprensión de la estrategia militar en la bahía de Cádiz en época helenística o bárquida.

Palabras clave: poliorcética; arqueología virtual; fortificaciones militares; fotogrametría digital; modelado 3D

1. Introducción y objetivos

El yacimiento arqueológico protohistórico del “Castillo de Doña Blanca” (en adelante CDB) se encuentra situado en el término municipal de El Puerto de Santa María (Cádiz, España). El área arqueológica de Doña Blanca (UTM 36°37'37.72" N, 6°9'40.49") se extiende por diferentes yacimientos, repartidos en tres grandes zonas. Por un lado, encontramos la denominada “Necrópolis de Las Cumbres” (Figura 1a.1). Por otro, el yacimiento arqueológico localizado en la Sierra de San Cristóbal, en principio denominado como “poblado de Las Cumbres”, y después rebautizado como “poblado de la Sierra de San Cristóbal” (en adelante SSC) (Figura 1a.2). El último de los yacimientos, el más conocido y del que tenemos más información es el CDB, donde se localiza el objeto de este trabajo (Figura 1a.3). A todos estos restos arqueológicos hay que sumarles un yacimiento poco estudiado, pero con interesantes perspectivas de estudio, como es la posible zona portuaria de la finca “La Martela” (Figura 1a.4) (Ruiz Gil et al., 2023).

El yacimiento del CDB se configura como un montículo artificial de tendencia subcuadrangular, con una elevación máxima de 31 m s.n.m. (Figura 1b). Originado por la superposición de estructuras y delimitado por las fortificaciones de diversas épocas, el *tell* plantea topográficamente un apéndice en su zona SE. Esta prolongación, denominada en la bibliografía

como “espigón” (Ruiz Mata y Pérez Pérez, 1995: p. 42), discurre con cierta pendiente hasta llegar a la cota más baja del yacimiento.

El perímetro intramuros del CDB tiene unas dimensiones aproximadas de entre 6 y 7 ha y la secuencia de ocupación oscila entre 7 y 9 m, desde la primera mitad del siglo VIII hasta finales del III a.n.e., momento en el cual se determina su abandono (Ruiz Mata y Pérez Pérez, 1995: p. 75).

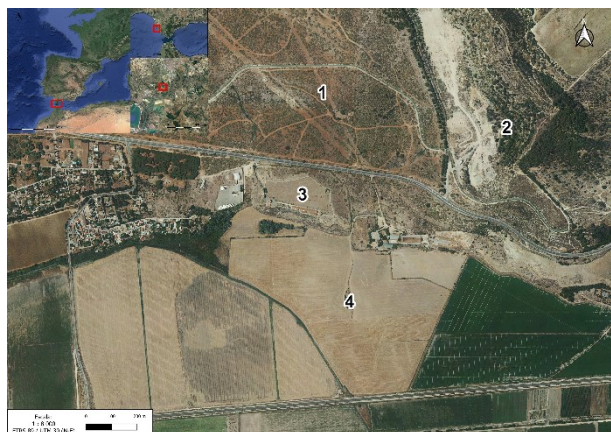
Las primeras intervenciones arqueológicas se realizaron durante la década de los 80 del pasado siglo. Las sucesivas campañas sistemáticas de excavación han sacado a la luz numerosos restos arqueológicos, sistemas defensivos, entramados urbanos e incluso zonas potencialmente relacionadas con la actividad portuaria o marítimo-pesquera. Desde la puesta en valor del yacimiento en 2005 no se ha realizado ningún tipo de intervención arqueológica en el yacimiento, por ello, lo que conocemos hoy día del asentamiento se debe íntegramente a las excavaciones realizadas desde 1979 hasta 2005 (Cobos Rodríguez, 2009; Ruiz Mata, 2022b).

En la actualidad el Grupo de Investigación HUM509 “Phoenix Mediterránea” ha reemprendido los trabajos arqueológicos en el sitio¹. El estudio que presentamos se enmarca dentro de esta nueva etapa investigadora en el yacimiento, cuyos objetivos son implementar las nuevas tecnologías y la arqueología no invasiva como método de detección de puntos de interés para su

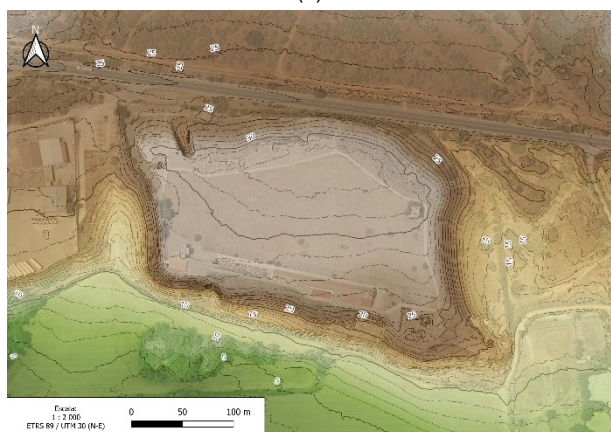
¹ Bajo la dirección de la Profesora Ana María Niveau de Villedary y Marifías de la Universidad de Cádiz, siendo autorizados estos trabajos arqueológicos por la Delegación Territorial de Turismo,

Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía en Cádiz con fecha 5 de junio de 2024 y número de expediente A-155/24.

excavación en extensión. La falta de información estratigráfica y contextual de las estructuras excavadas provoca la más que necesaria reactivación científica del sitio. La catalogación y reinterpretación de estructuras ya exhumadas, es un paso previo a la apertura de nuevas zonas de excavación con metodologías arqueológicas modernas.



(a)



(b)

Figura 1: Situación geográfica de los puntos que conforman el Enclave Arqueológico. a) 1. Necrópolis de "Las Cumbres". 2. Sierra de San Cristóbal. 3. Castillo de Doña Blanca. 4. Finca "La Martela"; b) Topografía del yacimiento arqueológico "Castillo de Doña Blanca".

El estudio que presentamos se enmarca dentro de esta nueva etapa en la investigación del yacimiento y tiene como objetivo principal la reconstrucción virtual, mediante la aplicación de los postulados teórico-prácticos de la Arqueología Virtual (ICOMOS, 2017; Demetrescu y Ferdani, 2021), de la poliorcética púnico-helenística del asentamiento. El resultado final planteado es una infografía específica sobre el sistema defensivo, que permita entender dicha estructura tanto a los especialistas como al público general.

Este trabajo consta de tres fuentes principales sobre las que basar las hipótesis reconstructivas. En primer lugar, las fuentes clásicas que establecen las características básicas que debe de presentar un sistema defensivo en época púnico-helenística (a partir del siglo IV a.n.e.). En segundo lugar, la documentación bibliográfica sobre el

asentamiento y los restos documentados en él. Por último, la nueva documentación generada con la reciente reactivación científica del yacimiento².

2. Metodología

2.1. Documentación bibliográfica

En el presente estudio, se ha recurrido a fuentes clásicas que abordan la poliorcética en la Antigüedad, destacando principalmente a Filón de Bizancio. Este autor ofrece una descripción exhaustiva de las técnicas y tácticas utilizadas en los asedios, lo que ha permitido fundamentar y contextualizar los aspectos clave de la ingeniería militar antigua que se aplican al sistema defensivo del CDB. El estudio de esta obra, junto con bibliografía específica sobre poliorcética y defensas de época fenicio-púnica, ha sido esencial para la elaboración de este análisis, aportando un enfoque preciso y riguroso sobre las prácticas militares documentadas en el CDB.

Se ha consultado toda la bibliografía existente sobre las diferentes campañas de excavación realizadas en el yacimiento y los restos exhumados en su transcurso (Ruiz Mata, 1986, 1987, 1990a, 1990b), así como los objetivos científicos planteados para cada una de ellas (Ruiz Mata, 1993). Además, se han recopilado las diferentes hipótesis histórico-arqueológicas expuestas desde los inicios de la investigación en el CDB (Ruiz Mata y Pérez Pérez, 1995; Barrionuevo Contreras, Ruiz Mata, y Pérez Pérez, 1999; Ruiz Mata, 1999, 2001) hasta la actualidad (Ruiz Mata, 2022a, 2022b, 2022c). Si bien estas últimas publicaciones debieran suponer un avance o nuevas perspectivas sobre los restos arqueológicos del yacimiento, conllevan una repetición de hipótesis y postulados anteriores, con escasas nuevas aportaciones, lo que ha provocado un estancamiento en el avance de la investigación sobre el asentamiento.

Conociendo y asumiendo esta debilidad en cuanto a la información estratigráfica y contextual del enclave, desde el Grupo de Investigación HUM-509 de la Universidad de Cádiz se decide realizar nuevos trabajos de documentación en el yacimiento para su reactivación científica y revalorización social.

2.2. Nuevos trabajos de documentación

La primera de las acciones llevada a cabo en esta nueva etapa de la investigación ha tenido como objetivos principales la preservación de los restos arqueológicos conservados *in situ* en su estado actual y su documentación fotográfica completa. El transcurso de dos décadas de inactividad científica y administrativa, agudizadas por la falta de financiación, ha provocado un gran deterioro en las estructuras exhumadas en el yacimiento (desprendimientos parciales de algunos lienzos, colapso de los cortes y perfiles arqueológicos, afección de flora y fauna, etc.). Por ello, se ha realizado una fotogrametría de detalle de todas las áreas excavadas del yacimiento, que posteriormente se ha tratado, postprocesado y optimizado para poder insertarlas en cualquier entorno 2D y 3D.

² Autorización concedida por la Delegación Territorial de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía en Cádiz con fecha 14 de junio de 2023 y referencia SIPC/DMC.

“ENTRE FILÓN DE BIZANCIO Y LA ARQUEOLOGÍA”. LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL SISTEMA DEFENSIVO PÚNICO-HELENÍSTICO DEL YACIMIENTO “CASTILLO DE DOÑA BLANCA” (EL PUERTO DE SANTA MARÍA, CÁDIZ, ESPAÑA)

Otro de las acciones emprendidas en esta nueva fase de los trabajos ha sido la revisión total de las estructuras y muros documentados. La falta de información estratigráfica pormenorizada del yacimiento, que solo ha sido publicada de forma parcial a lo largo de los años transcurridos desde su excavación, con información muchas veces contradictoria, han provocado que sea muy poco lo que se conozca sobre la configuración y evolución de este asentamiento protohistórico de primer orden. El trabajo de documentación y reinterpretación se ha desarrollado a través del uso de fichas arqueológicas y base de datos georeferenciada para realizar una correcta catalogación y registro de muros y estructuras.

2.2.1. Fotogrametría georeferenciada y optimización fotogramétrica

En términos generales, la fotogrametría se ha convertido en la herramienta de trabajo principal para la obtención de datos volumétricos y planimétricos en campo. Por ello, tomamos la decisión de desarrollar un proceso fotogramétrico integral de las diferentes áreas arqueológicas en las que se desarrolla nuestro estudio. Este proceso ha sido realizado con el programa “Agisoft Metashape 2.2.0”.

La fotogrametría efectuada (Figura 2a) ha tenido como prioridad la recopilación de datos de alta calidad con dos fines. El primero, la obtención de una ortofoto de máximo detalle del asentamiento y los diversos cortes que lo conforman, con intención de emplearla como base en el desarrollo de una planimetría actualizada del yacimiento. El segundo de los fines es la creación de un modelo 3D de alta resolución, sobre el que fundamentar cualquier hipótesis reconstructiva de forma virtual.

Por otro lado, para la obtención de ortofotos generales y de detalle, así como de modelos 3D georeferenciados, se han dispuesto dianas por toda la zona de trabajo. Estas han sido posteriormente georeferenciadas mediante la toma de coordenadas y cotas exactas gracias al uso del GNSS RTK - Leica GS18 T. Las dianas han sido ubicadas en las zonas de mayor interés para la toma de datos fotogramétricos. Se han priorizado las ubicaciones localizadas en cotas altas, para evitar su deterioro por la acción de la lluvia o posibles escorrentías. Además, se han situado a intervalos estandarizados, teniendo en cuenta el vuelo de dron planificado (Figura 2b).

Una vez obtenido el modelo fotogramétrico georeferenciado final, se ha procedido a su optimización (Figura 2c). El objetivo principal de esta fase ha sido la reducción considerable del peso de los modelos 3D (un 99.63%). Para ello se ha realizado una correcta retopología adaptada a la morfología del modelo y una reproyección total de texturas PBR mediante el uso combinado de diferentes herramientas alojadas en los programas informáticos “Agisoft Metashape 2.2.0”, “Blender 4.2” y “ZBrush 2022.0.5”.

2.2.2. Análisis estratigráfico y catálogo de estructuras

La recopilación de datos sobre campo ha consistido en la catalogación de los muros y estructuras exhumados en el yacimiento. Estos datos se han recopilado en fichas para registrar sus características formales, constructivas y su relación estratigráfica (Figura 3a). La información

resultante ha sido volcada en Sistemas de Información Geográficas (SIGs) para tener un registro georeferenciado de los hallazgos realizados en el yacimiento, disponible para cualquier futura acción que se acometa en él (Figura 3b).

Se han individualizado todos los muros excavados, para posteriormente analizar visualmente la relación estratigráfica existente entre ellos. Con este propósito se ha revisado en todo momento la documentación general y las interpretaciones de conjunto dadas con anterioridad. Una vez singularizados los muros y las estructuras que conforman se han advertido algunos errores e imprecisiones en cuanto a la existencia, orientación y/o ausencia de ciertos elementos (Figura 4a y 4b).

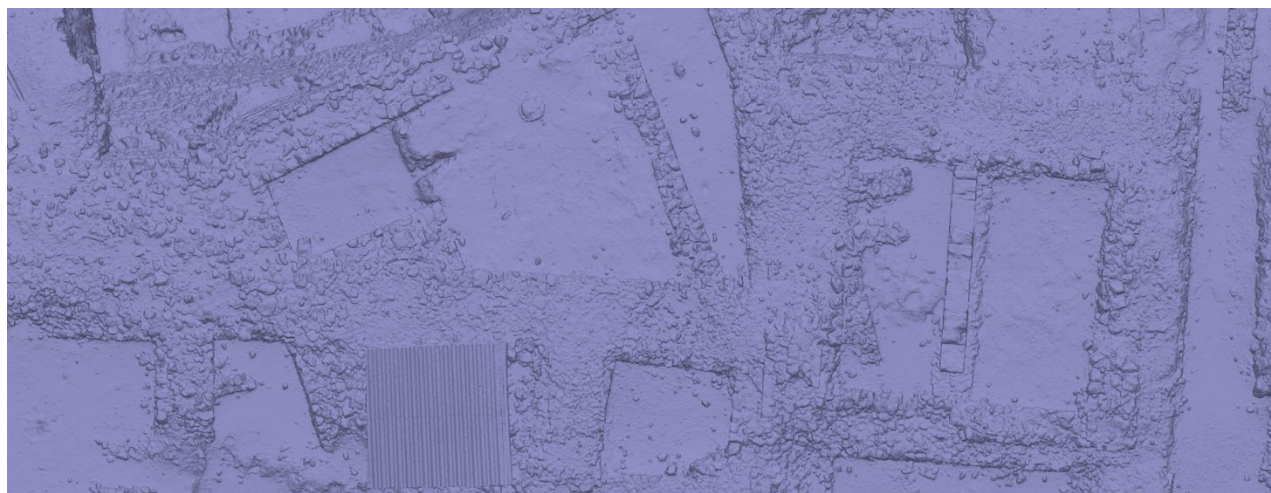
La caracterización y catalogación de los muros y estructuras excavados en el yacimiento ha permitido una mejor comprensión, tanto de las edificaciones, como de las fases constructivas a las que se encuentran asociadas, siempre teniendo en cuenta su posición estratigráfica. Gracias a este trabajo se han recopilado estudios de reinterpretación histórico-arqueológica de las diferentes construcciones que conforman tanto los sistemas defensivos como los espacios domésticos, industriales o culturales del asentamiento, pudiendo plantear interesantes hipótesis reconstructivas.

2.3. Generación de hipótesis reconstructivas: Extended Matrix

La arqueología virtual ha experimentado una eclosión en los últimos años. El desarrollo de metodologías específicas para gestionar de forma integral la información utilizada en el desarrollo de hipótesis reconstructivas (Demetrescu y Fanini, 2017; Demetrescu y Ferdani, 2021) ha llevado a la disciplina a un estadio diferente al planteado en sus comienzos (ICOMOS, 2017). Las diferencias existentes entre los primeros postulados sobre reconstrucción y recreación virtual (ICOMOS, 2017) han dado lugar a plantear una nueva perspectiva en el desarrollo de trabajos 3D, desde el mismo momento de su concepción (Sicre-González y Ortiz-García, 2024).

Para el caso de estudio que nos ocupa, hemos obtenido todos los datos posibles sobre los restos arquitectónicos exhumados en el CDB y su asociación estructural. Una vez catalogados y diferenciados, se han seleccionado los pertenecientes al sistema defensivo púnico-helenístico para utilizarlos como base en las hipótesis reconstructivas sobre las estructuras poliorcéticas de este momento de vida del asentamiento.

El planteamiento de las hipótesis reconstructivas y la consecuente toma de decisiones adoptadas durante dicho proceso se ha registrado en la Extended Matrix reconstructivas (Demetrescu y Fanini, 2017; Demetrescu y Ferdani, 2021), así como todas las fuentes (documentales, iconográficas, arqueológicas, históricas, ...) consultadas y tomadas durante dicha fase (Demetrescu, 2015; Demetrescu y Ferdani, 2021).



(a)



(b)



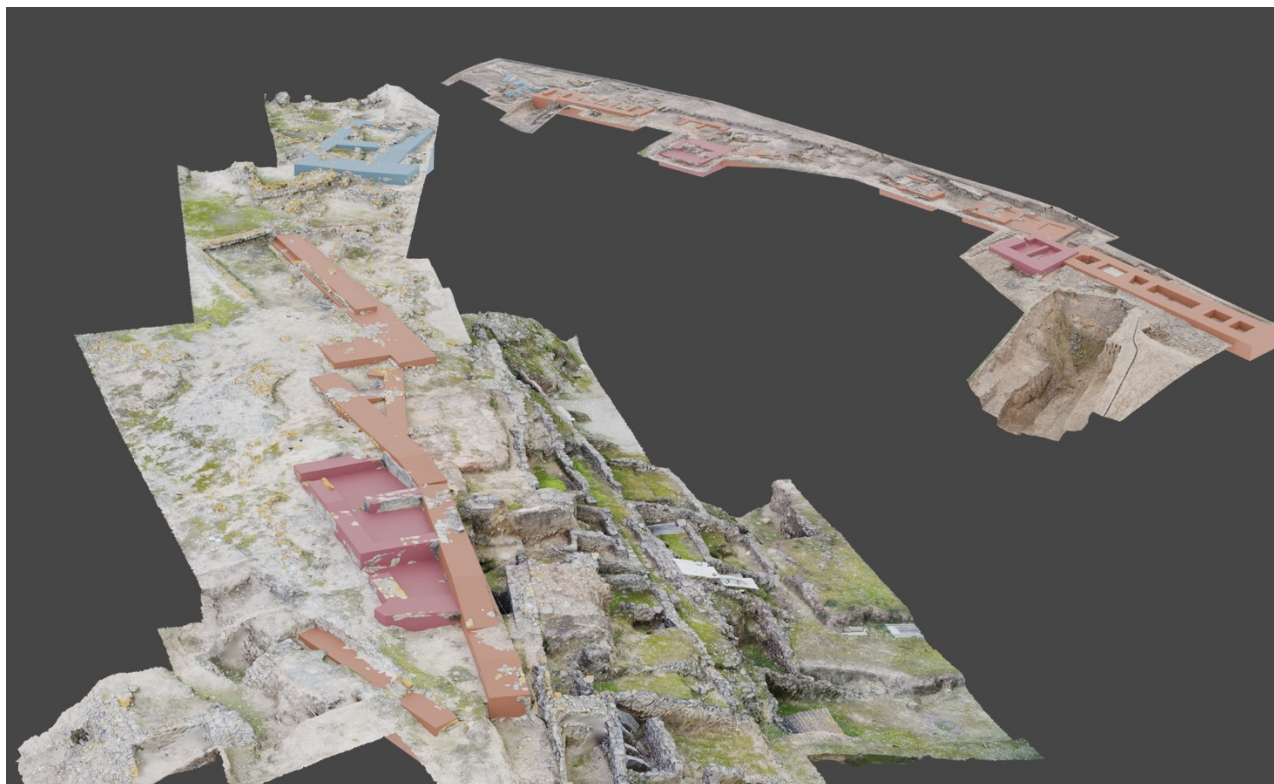
(c)

Figura 2: Zona N del asentamiento: a) Modelo fotogramétrico; b) Modelo fotogramétrico texturizado con dianas georreferenciadas; c) Optimización fotogramétrica llevada a cabo: 1. Malla del modelo original (138.263.665 polígonos), 2. Retopología realizada mediante el software “ZBrush” (514.206 polígonos), 3. Texturizado PBR del modelo optimizado, mapa de Brillo, 4. Texturizado PBR del modelo optimizado, mapa de normales.

“ENTRE FILÓN DE BIZANCIO Y LA ARQUEOLOGÍA”. LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL SISTEMA DEFENSIVO PÚNICO-HELENÍSTICO DEL YACIMIENTO “CASTILLO DE DOÑA BLANCA” (EL PUERTO DE SANTA MARÍA, CÁDIZ, ESPAÑA)

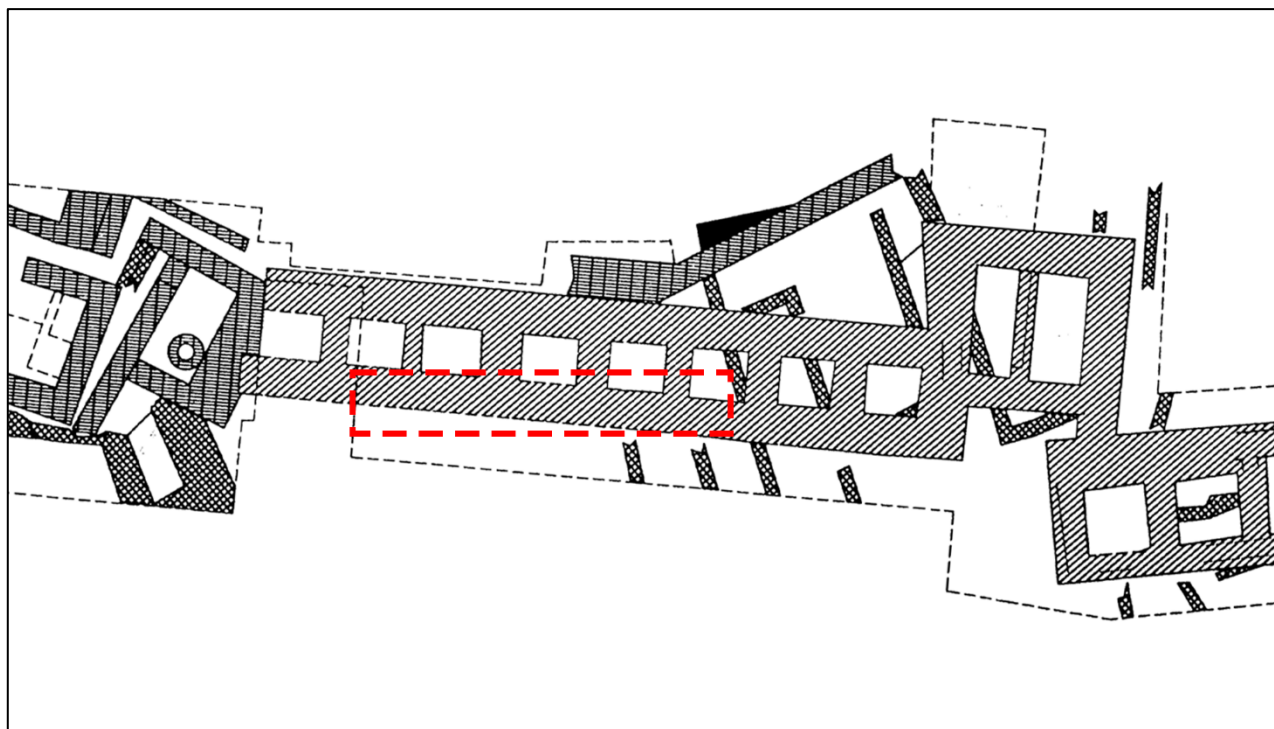
MURO							ESTRUCTURA									
Yacimiento	Campaña	Fechas	Área	Sector	U.E.	G.U.	Yacimiento	Campaña	Fechas	Área	Sector	Corte	Esp./Sondeo	U.E.	G.U.	
FIABILIDAD ESTRATIGRÁFICA			COTAS Superiores		ORIENTACIÓN		FIABILIDAD ESTRATIGRÁFICA			Tipo Estructura		ORIENTACIÓN		INTERVENIONES		
Buena	Regular	Mala			N-S	E-O	NE-SE	Buena	Regular	Mala			N-S	E-O	NE-SE	Ninguna
CRONOLOGÍA PROVISIONAL			COTAS Inferiores		CONSERVACIÓN		CRONOLOGÍA PROVISIONAL					CONSERVACIÓN		Restaurado		
					Buena	Mala						Buena	Mala	Desmontado		
DIMENSIONES			MUESTRAS: Si No				DIMENSIONES			MUESTRAS: Si No			TÉCNICA			
Longitud:	Altura:	Cerámica Carbón Ceniza Tierra Argamasa Semillas				Longitud:			Cerámica Carbón Ceniza Tierra Argamasa Semillas			Construido				
Anchura:	Diámetro:	Pigmento Cal Estuco Madera Adobe Fauna Malaco				Anchura:			Pigmento Cal Estuco Madera Adobe Fauna Malaco			Tallado				
			Otros:				Altura:			Otros:			Excavado			
							Diámetro:			COTAS Superiores			COTAS Inferiores			
SITUACIÓN							SITUACIÓN									
CROQUIS (planta alzada)							CROQUIS									
DESCRIPCIÓN							DESCRIPCIÓN									
MATERIALES/ELEMENTOS							MATERIALES/ELEMENTOS									
Tipo			ARREGLOS (Descripción)				Tipo			ARREGLOS (Descripción)			U.E.			
Colocación							Colocación									
Tamaño							Tamaño									
AFAREJO							AFAREJO									
Tipo			DEFORMACIONES (Descripción)				Tipo			DEFORMACIONES (Descripción)						
Talla (tipo y dirección)							Talla (tipo y dirección)									
TRABAZÓN							TRABAZÓN									
Tipo			REFACCIONES U.E. (Croquis esquemático)				Tipo			REFACCIONES U.E. (Croquis esquemático)						
Ulogueado							Ulogueado									
REVESTIMIENTO U.E.							REVESTIMIENTO U.E.									
Tipo			Interpretación y cronología				Tipo			Interpretación y cronología						
Decoración							Decoración									
CIMENTACIÓN U.E. ZANJA U.E.							CIMENTACIÓN U.E. ZANJA U.E.									
Tipo							Tipo									

(a)



(b)

Figura 3: Nuevo proceso de documentación del registro arqueológico: a) Modelo de fichas estratigráficas utilizadas; b) Vistas aéreas mediante fotogrametría de las diferentes estructuras defensivas púnico-helenísticas georreferenciadas.



(a)



(b)

Figura 4: Contrastación arqueológica de los datos existentes: a) Planimetría de las estructuras documentadas en la zona norte del asentamiento en la que se señala la existencia de un paramento (Ruiz Mata, 2022b); b) Realidad arqueológica documentada de una de las estructuras en la que se aprecia la ausencia del paramento señalado.

2.4. Modelización y texturizado 3D

Tras los trabajos de optimización fotogramétrica se comenzó con el desarrollo del modelado y texturizado 3D. La información base para la reconstrucción virtual procede principalmente de la fotogrametría georreferenciada resultante tras la toma de datos. Una vez optimizada, se procedió a su importación en el programa Blender v. 4.2 para comenzar así su diseño, materializando las hipótesis reconstructivas planteadas.

En primer lugar, se desarrollaron modelos volumétricos de las diferentes estructuras y estancias que conforman las estructuras defensivas púnico-helenísticas. Una vez entendidas las necesidades estructurales y las particularidades histórico-arqueológicas que configuran el sistema defensivo, se ha procedido a la corrección de las hipótesis que se plantearon en un primer momento. Una vez realizados los cambios necesarios, se ha reconstruido virtualmente en detalle las zonas de las cuales se tienen más datos.

El proceso de texturizado ha tenido como principal objetivo la optimización del modelo 3D y del flujo de trabajo establecido. Por ello se han desarrollado materiales PBR (*‘Physically Based Rendering’*) inteligentes que puedan adaptarse a las particularidades morfológicas de las estructuras. Además, se ha procedido a la inserción de ciertos aspectos que aportan realismo y veracidad histórica a la reconstrucción.

3. Estado de la cuestión sobre la poliorcética púnico-helenística

3.1. La poliorcética moderna

La poliorcética, según la última edición del DRAE, tiene una sola acepción: “Arte de atacar y defender las plazas fuertes”³. Esta definición marca la relación directa entre este arte o técnica y la construcción de un sistema defensivo en sí mismo.

El estudio de la poliorcética fenicio-púnica comienza durante los ss. XIX-XX con una serie de arquitectos, militares, geógrafos, ingenieros, eruditos en general, que observan, señalan y describen la existencia de estructuras, ocasionalmente relacionadas con sistemas defensivos documentados en los asentamientos fenicio-púnicos (Montanero Vico, 2020b: p. 55). No es hasta las décadas de los años 60 y 80 del pasado siglo XX cuando comenzaron a ver la luz nuevas propuestas interpretativas en torno a los trabajos arqueológicos del momento en multitud de asentamientos fenicio-púnicos (Montanero Vico, 2020b: p. 67). Toda esta información inicial, basada en cortes estratigráficos y análisis de estructuras defensivas diversas, permitió la elaboración de los primeros estudios regionales sobre las fortificaciones fenicio-púnicas, sin embargo, estas presentaban un carácter marcadamente local. No fue hasta 1971 cuando se realiza el primer estudio de síntesis general sobre las fortificaciones del Mediterráneo central en época fenicio-púnica (Bartoloni, 1971). Las investigaciones sobre poliorcética de esta etapa cronológica en la península Ibérica, sin embargo, se circunscriben a escasos yacimientos. A finales del siglo XX e inicios del XXI se comienzan a desarrollar estudios

específicos sobre la temática en el territorio peninsular. Esta revitalización se debió principalmente a la explosión de actividades arqueológicas producidas en todo el ámbito estatal, con excavaciones de importantes asentamientos como Toscanos, Morro de Mezquitilla, Chorreras, Cerro del Villar, el Cabezo de San Pedro o el propio CDB.

A raíz de las nuevas aportaciones científicas de las últimas décadas, la información sobre las fortificaciones fenicio-púnicas se ha incrementado de forma exponencial. Fruto de ello, es la síntesis presentada recientemente por David Montanero Vico que ha compendiado toda la información actualizada sobre poliorcética y fortificaciones fenicio-púnicas del Mediterráneo central y occidental (Montanero Vico, 2020b). Este estudio especializado, junto con otros de índole similar (Sáez Abad, 2004; Olcina Doménech, 2024a), son la actual base teórica de la que partir en trabajos de investigación sobre poliorcética protohistórica en la península Ibérica.

3.2. Las fuentes clásicas – Filón de Bizancio

Para entender la poliorcética fenicio-púnica en particular, hay que comprender el planteamiento táctico de los sistemas defensivos en la Antigüedad. Para ello, la mejor fuente es Filón de Bizancio⁴. Este ingeniero militar griego fue autor de varios tratados, entre ellos estudios específicos sobre la construcción de puertos (*Limenopoeica*), artillería (*Belopoeica*) o poliorcética (*Poliorketika*). El siglo IV a.n.e. es el momento de expansión del uso de la maquinaria de asedio y la artillería de torsión, hecho que obligó a replantear por completo los sistemas defensivos del momento (Sáez Abad, 2004: p. 197). En cuanto a las labores de defensa en los asentamientos o plazas fuertes, Filón nos presenta una serie de recomendaciones a tener en cuenta a la hora de planificar y construir un sistema defensivo.

En primer lugar, sugiere una solución directa a las operaciones de minado bajo las murallas, consolidando una fuerte cimentación para hacerles frente. Estas cimentaciones, y las murallas en general, debían de ser de gran anchura para resistir el impacto de los arietes, al mismo tiempo que permitir el rápido desplazamiento de los defensores por los pasos de ronda (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 1). Así mismo, propone una defensa compuesta por torres de flanqueo conectadas a los lienzos murarios mediante estructuras de madera, que pudieran ser quemadas ante un peligro inminente o la ocupación de un tramo de muralla por el enemigo (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 15-16). Esta compartimentación del sistema defensivo permite una defensa sectorizada de mayor calado, ya que plantea la necesidad de una conquista pormenorizada de cada tramo defensivo de forma independiente, mientras que desde la perspectiva del atacante estos elementos actuarían de forma conjunta y coordinada.

En lo que respecta a la defensa activa del asentamiento, esta podría llevarse a cabo mediante poternas que dotarían de gran movilidad a los sitiados, pudiendo detener el avance enemigo, así como destruir su maquinaria de asedio mediante rápidas salidas o escaramuzas (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 42). Estas poternas, sin embargo, debían de estar

³ <https://dle.rae.es/poliorc%C3%A9tica>

⁴ En el presente estudio se utilizan de forma complementaria las traducciones de Yvon Garlan (1974) y Rubén Sáez Abad (2004).

fuertemente defendidas, ya que suponen un punto débil en el sistema defensivo, no solo desde el punto de vista estructural, sino también para la propia defensa personal de los asediados. Para solventar este problema Filón plantea que los muros que las conforman puedan extenderse para la protección de las tropas cuando efectuasen salidas por sorpresa (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 9). Las tropas saldrían por una poterna y entrarían por otra distinta, proponiendo así la construcción de sistemas de poternas gemelas, flanqueadas siempre por una torre. Gracias a esto los sitiados saldrían por una de ellas, escudo en mano, y no deberían de entrar por la misma provocando tener que dar media vuelta y quedando expuestos al fuego enemigo, si no que la entrada de nuevo al sistema defensivo se realizaría por la poterna contigua (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 33). Apunta también a la predominancia en la construcción de torres de forma cuadrangular, atendiendo a la necesidad de refuerzos internos para poder soportar máquinas de artillería y poniendo especial atención a los refuerzos constructivos que se ubicar en sus esquinas y puntos débiles (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 2, 5, 64-66). Además, este tipo de torres cuadrangulares permiten la defensa de los ángulos muertos, siempre y cuando estén situadas a intervalos regulares que faciliten el flanqueo, provocando un aumento considerable de la capacidad defensiva de dichas estructuras (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 56-57).

En cuanto al uso de artillería por parte de los defensores, se deberían de disponer troneras y pequeños vanos de observación para permitir el lanzamiento de dardos y bolaños donde corresponda, disponiéndose de forma predominante en las caras frontales orientadas directamente hacia el exterior (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 20-21). Además, la artillería debía de concebirse en todo momento como clave para la defensa del sitio, disponiéndola en gran número por todo el sistema defensivo (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 49).

En relación con la excavación expresa de fosos defensivos Filón plantea que, aunque se encuentre agua en los alrededores, estos debían de permanecer secos, para así poder diseñar túneles de comunicación entre diferentes puntos del sistema defensivo (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 36). Recomienda que se construyan al menos tres de ellos, debiendo hacerse lo más hondos y anchos posibles para evitar que fueran rellenados y sorteados con facilidad por las tropas y la maquinaria de asedio enemiga (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 69). Se expone también la importancia del aprovechamiento de todo el material extraído para la excavación de dichos fosos en la configuración de taludes y empalizadas de diversos tamaños, denominándose *proteichisma* o defensas avanzadas. Esto permitiría el desplazamiento de los sitiados impidiendo que desde las posiciones atacantes se pudieran realizar operaciones de hostigamiento, así como dificultando enormemente que los asaltantes pudieran acercarse a los muros (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 54).

Es interesante observar cómo Filón de Bizancio, debido a su ingenio militar y su estudio específico sobre la construcción de puertos, plantea la defensa específica que un asentamiento con puerto debería seguir. Encabe este espacio como débil ante un ataque enemigo coordinado por tierra y mar, por lo que sugiere que se le

debiera dotar de una serie de medidas especiales de defensa. Pone especial atención en la colocación de *lithoboloi* o *ballistae* en cada uno de los lados de la bocana del puerto, sobre torres construidas expresamente para ello (Filón de Bizancio, *Poliorketika*, Libro 1, 56).

Los sistemas defensivos, si bien deben su importancia a la capacidad técnica y económica de la sociedad que las construye o al planteamiento estratégico y táctico de su construcción, han de entenderse de igual forma desde un enfoque antropológico (Berrocal Rangel, 2004: p. 28). Esta novedad aparecida hace dos décadas, se ha convertido hoy día en uno de los ejes prioritarios de la investigación sobre este tema. El conjunto de elementos que conforman un sistema defensivo (murallas, antemurales, fosos, accidentes geográficos, ...) se comprende además como una modificación expresa del paisaje y el entorno que, en este caso, afectaría directamente a la ordenación intramuros del asentamiento.

4. Hipótesis reconstructiva

4.1. La artillería de torsión

La configuración del sistema defensivo en el CDB no es arbitraria, ya que nos encontramos en un arco cronológico entre los ss. IV-III a.n.e. en el que las máquinas de artillería de torsión se encuentran bastante difundidas por todo el ámbito Mediterráneo (Campbell, 2003).

Las dimensiones y la composición interna del sistema defensivo se encuentran planificadas atendiendo a la necesidad de albergar este tipo de máquinas de hostigamiento en su interior. Estos ingenios militares variaban su tamaño dependiendo del proyectil que lancen, tanto por su composición (elemento pétreo o dardo/flecha) como sus dimensiones (peso, longitud, ...) (Fig. 5). Gracias a las características de los bolaños documentados en el CDB (Ruiz Mata, 2022b: pp. 123-133), hemos podido definir las dimensiones de las máquinas de torsión que lanzarían estos proyectiles (Rihl, 2006). Los proyectiles o bolaños documentados en el CDB se han exhumado principalmente en la zona SE del asentamiento, concretamente al exterior de un complejo defensivo singular. Estos proyectiles se encuentran depositados de forma irregular, sin ningún orden aparente, posiblemente almacenados para su uso inminente (Ruiz Mata, 2022a: p. 349).

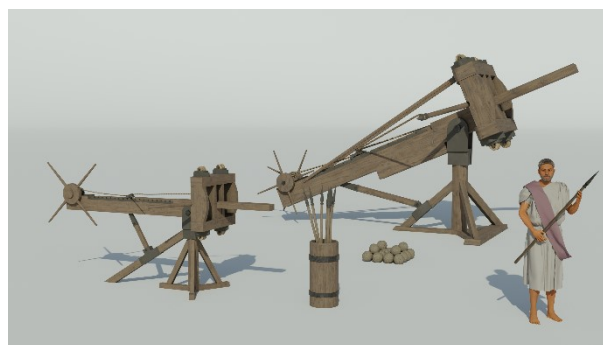


Figura 5: Hipótesis reconstructiva de las máquinas de artillería pesadas y ligeras implementadas en la reconstrucción virtual del CDB y sus correspondientes municiones.

“ENTRE FILÓN DE BIZANCIO Y LA ARQUEOLOGIA”. LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL SISTEMA DEFENSIVO PÚNICO-HELENÍSTICO DEL YACIMIENTO “CASTILLO DE DOÑA BLANCA” (EL PUERTO DE SANTA MARÍA, CÁDIZ, ESPAÑA)

Las dimensiones de la artillería resultante coinciden perfectamente con las cámaras de las torres del sistema defensivo en las que se instalarían. Además, planteando proyectiles en forma de dardo, con unas dimensiones aproximadas entre 1-1.2 m de longitud, podemos generar hipótesis reconstructivas sobre máquinas de artillería ligeras con unas dimensiones asumibles en el conjunto del lienzo de murallas. Por todo esto, debemos entender en todo momento la concepción de este sistema defensivo como el espacio en el que se dispondrían estas potentes máquinas de hostigamiento.

En la reconstrucción virtual efectuada para los diferentes ingenios militares que alojaría el sistema defensivo del CDB hemos usado como fuente principal la balística documentada en el asentamiento (por su forma, calibre, peso y dimensiones), así como estudios específicos de este tipo de artillería (Marsden, 1969; Winter, 1994; Campbell, 2003). En cuanto a las dimensiones de las máquinas de artillería, si bien encontramos estudios generalistas al respecto (Shatzman, 1995; Rihl, 2006), la información más precisa la hemos podido obtener gracias al peso y dimensiones de los bolaños documentados en el sitio.

4.2. La muralla

La muralla púnico-helenística de la última fase protohistórica del asentamiento del CDB se conforma como un sistema defensivo unitario y planificado en su totalidad desde su concepción inicial (Niveau de Villedary y Mariñas et al., e.p.). Se estructura como una muralla con dos potentes paramentos paralelos y muros transversales a una distancia estandarizada que conforma una cimentación en cajones, para posteriormente alzarse y constituirse como una muralla de compartimentos. Este tipo de murallas se encuentra categorizada por David Montanero como M.2, sobre cuyos compartimentos se situaría una galería superior, sin que se encuentre ninguna edificación del interior de la ciudad adosada a la estructura defensiva a causa de la existencia de un camino de ronda paralelo a su paramento interior (Montanero Vico, 2020a: pp. 449-450, 2020b: p. 325). Hay que tener en cuenta que en las publicaciones se describe una “muralla de casernas o casamatas” (Barrionuevo Contreras et al., 1999: p. 118), cuando en rigor se trata de una cimentación en cajones cuyo alzado conforma compartimentos huecos (que no casamatas en el sentido estricto de la palabra) (Montanero Vico, 2020a: pp. 445-446; Niveau de Villedary y Mariñas et al., e.p.). Dicha confusión terminológica, a pesar de algunas llamadas de atención al respecto (Moret, 2013; Montanero Vico, 2020a: p. 446) ha llegado a nuestros días dificultando la comprensión del último sistema defensivo del CDB.

La muralla presenta una potente cimentación que destruye estructuras anteriores y reaprovecha los propios materiales constructivos. El paramento exterior del sistema defensivo muestra una cimentación de 2 m de anchura con un alzado de 1,10-1,20 m de ancho realizado en mampostería irregular careada y bien trabada con tierra arcillosa de color rojizo. El paramento interior presenta una potencia tanto en cimentación como en alzado algo menor (aprox. 1 m). El acceso por tanto a los compartimentos se realizaría por vanos desde el interior de la ciudad, aunque actualmente no se conserva ninguno. En cuanto a los muros transversales o tirantes que conformarían los cajones de cimentación, estos presentan unas dimensiones más o menos regulares,

con una cimentación de 1,20-1,40 m de grosor y un alzado de aprox. 1 m de ancho, realizados también en mampostería irregular careada y trabada con tierra arcillosa roja. Los cajones que configuran este sistema defensivo modular presentan unas dimensiones interiores cuadrangulares de entre 3 x 3/3,5 m de lado (Figura 6a y 6b). Sobre dichos cajones de cimentación se alzarían los compartimentos huecos que conformarían la primera planta de la muralla.



(a)



(b)

Figura 6: a) Cajones de cimentación documentados en los que se aprecia el reaprovechamiento de estructuras anteriores; b) Evidencia arqueológica de cajones de cimentación gracias a la documentación de restos de adobe rojizo.

La galería elevada, sin embargo, no contaría con división interna, y aprovecharía la potente sustentación de los tirantes de la planta baja para la posible colocación de maquinaria de artillería en su interior. Sobre esta planta consideramos que existiría un pase de ronda en el adarve superior que conectaría la totalidad de la muralla, aunque dividida en segmentos por las torres de flanqueo, ya que estos servirían para defender de una forma efectiva el asentamiento (Fig. 7).

Las hipótesis reconstructivas que planteamos sobre la muralla del CDB se basan principalmente en los restos arqueológicos documentados, la construcción planificada del sistema defensivo y los paralelos histórico-arqueológicos de este tipo de edificaciones defensivas púnico-helenísticas que encontramos en el S peninsular.

Uno de los ejemplos más cercanos lo encontramos en la ciudad púnica de Carteia (San Roque, Cádiz). Este asentamiento localizado al sur de la provincia conserva un sistema defensivo muy similar al CDB. La muralla se

caracteriza por configurarse como una muralla tipo M.2 (Montanero Vico, 2020a: p. 449-450) con cajones y compartimentos (Blánquez Pérez y Roldán Gómez, 2009: pp. 97-98). Los lienzos murarios conservados muestran unas medidas idénticas a las documentadas en el CDB.

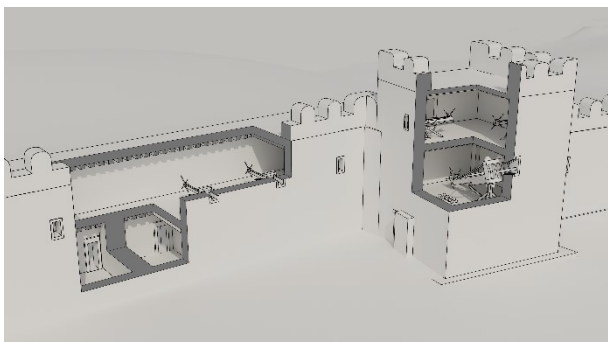


Figura 7: Hipótesis volumétrica del sistema defensivo del CDB y localización de la artillería en su interior.

El paramento interior tiene una anchura de 0.85 m, mientras que los tirantes presentan un grosor no superior a 0.7 m, diseñando así una compartimentación cuadrangular de 3 x 3 m. En este caso si se conservan los vanos de acceso a los compartimentos, presentando una luz de 0.4 m, documentando incluso un escalón que salvaba el desnivel existente entre el nivel de circulación del interior y el exterior de la estructura (Blánquez Pérez y Roldán Gómez, 2009: pp. 100-101; Blánquez Pérez, Roldán Gómez, y Jiménez Vialás, 2017: p. 514).

Este sistema, sin embargo, no conserva ninguna torre de flanqueo o artillería, más allá de ciertos indicios de su existencia (Blánquez Pérez y Roldán Gómez, 2009: p. 99), con la que poder realizar análisis comparativos.

La muralla púnica de la actual ciudad de Cartagena es otro de los ejemplos paradigmáticos de este tipo de sistemas defensivos planificados. Configurada como una muralla de tipo M.2 (Montanero Vico, 2020a: p. 449-450) se conforma mediante compartimentos interiores de 3.6 x 3.05 m. Sin embargo, estas estancias se organizan de forma diferente a los dos ejemplos anteriores. Su estructura interna se planifica desde una concepción tripartita, en la que se accede al interior de la planta inferior del sistema defensivo por un acceso al espacio central, y este a su vez plantea vanos en su interior para conectar con las dos estancias laterales (Ramallo Asensio y Martín Camino, 2015: p. 136). Sin embargo, al igual que en el caso de Carteia, no se documenta ninguna torre de flanqueo, aunque se propone su existencia, no solo desde las fuentes arqueológicas y topográficas, sino también gracias a las fuentes escritas (Ramallo Asensio y Martín Camino, 2015: p. 142).

4.3. Las torres

En cuanto a las torres cuadrangulares, se han detectado un total de cuatro, todas localizadas en el sector N, aunque algunas de ellas incompletas, con unas dimensiones más o menos regulares. Las torres tienen una cimentación de 9 x 9 m y una prolongación de 1 m de sus laterales para favorecer la conexión con los lienzos de muralla. Estas sobresalen del perfil de esta entre 4 y 9 m. La diferencia se entiende por el trazado del sistema defensivo, de tipo zigzagueante, en el que las torres se estructuran como los puntos en los que los paramentos defensivos realizan un cambio de orientación.

Las torres, a su vez, se configuran de forma bipartita, encontrándose divididas en el interior por un muro que se prolonga desde la cimentación hasta el suelo de la primera planta. Esto otorgarían a la primera planta de un espacio diáfano en el que poder colocar maquinaria de artillería de mediano tamaño. El muro transversal exhumado en el yacimiento en una de las torres (Fig. 8), con una anchura de 0.51 m, conserva un alzado realizado cuidadosamente con la técnica de engatillado, empleando grandes sillares bien trabajados. Dicha particularidad ha de entenderse, no como una reforma o añadido posterior al planteamiento inicial del sistema defensivo con la llegada de la influencia bárcida (Ruiz Mata, 2022b: p. 150), sino como una medida específica para el reforzamiento de una estructura defensiva de primer orden. Así mismo, este muro transversal no conecta los paramentos exteriores que conforman la torre, por lo que se puede inferir que el vano tiene la función de conectar ambas estancias interiores.



Figura 8: Ubicación del muro transversal en la cimentación de la torre de artillería y detalle de su alzado.

Además, durante el trabajo de campo llevados a cabo este último año se ha detectado y documentado por primera vez la existencia de una poterna en el lateral E de una de las torres exhumadas en la zona N del asentamiento (Figs. 9a y 9b). La disposición estructural en la planta baja de la torre, su forma abocinada y de acuerdo con la concepción poliorcética helenística del momento, permite plantear que se hallen elementos similares en otros puntos del sistema defensivo (específicamente en las torres) aunque esta hipótesis deberá de confirmarse en futuros trabajos (Fig. 10).

Las torres de artillería y flanqueo con dos cámaras inferiores detectadas en el CDB encuentran sus paralelos más cercanos en el yacimiento de Lilibeo (Sicilia, Italia). Las torres correspondientes a la fase púnico-helenística del yacimiento centromediterráneo (375 a.n.e.) presentan una superficie total de 14 x 13 m. y se sitúan a lo largo de todo el perímetro defensivo a intervalos regulares de 38 m (Caruso, 2006: p. 288). La diferencia de tamaño que presentan estos dos modelos de torres se explica por el hecho de que las del CDB se encuentran concebidas para albergar artillería de torsión de mediano tamaño en su interior, mientras que la de Lilibeo se configuran como estructuras para albergar varias máquinas de grandes dimensiones (Winter, 1994: p. 35).

“ENTRE FILÓN DE BIZANCIO Y LA ARQUEOLOGIA”. LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL SISTEMA DEFENSIVO PÚNICO-HELENÍSTICO DEL YACIMIENTO “CASTILLO DE DOÑA BLANCA” (EL PUERTO DE SANTA MARÍA, CÁDIZ, ESPAÑA)



(a)



(b)

Figura 9: Ubicación de uno de los sondeos de limpieza en el lateral de una torre de flanqueo. a) Ubicación de la poterna; b) Poterna tras el proceso de excavación.

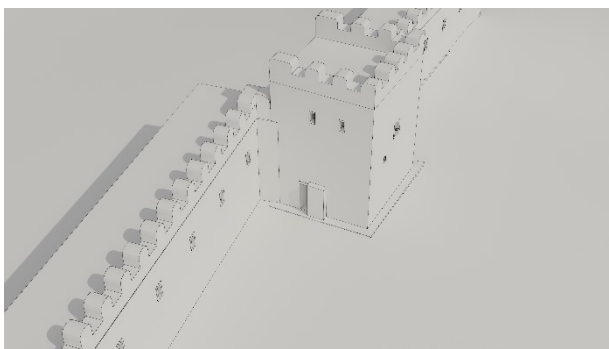


Figura 10: Hipótesis reconstructiva de la poterna detectada tras los trabajos de catalogación de muros y documentada en los procesos de excavación.

Por otro lado, en el CDB encontramos otro tipo de torre. En la zona del espigón se ha documentado una estructura tripartita que se adosa al lienzo exterior de la muralla formando una torre y “cuerpo de guardia” (Montanero Vico, 2020b: p. 1118; Ruiz Mata, 2022b: p. 136-139). Esta edificación, que necesariamente debe de vincularse al sistema defensivo, ha sido reinterpretada tras la catalogación y análisis paramental de los lienzos murarios como una entrada fortificada (Fig. 11).

Esto se debe principalmente a que no se trata de una torre de flanqueo, como el resto de las interpretadas en el yacimiento, ya que no se prolonga hacia el exterior del sistema defensivo (Fig. 11.A). Por ende, su interpretación y funcionalidad ha de individualizarse.

Esta zona del asentamiento se ubica en la zona más baja del tell, atendiendo a la pendiente natural del terreno. El área del espigón tradicionalmente se ha vinculado con la zona portuaria del asentamiento (Ruiz Mata, 2022b: p. 96), al menos hasta el siglo III a.n.e. Esta estructura, aunque en principio no está concebida para el flanqueo, se articula como una respuesta poliorcética a dicho punto estratégico, conformándose como un complejo defensivo adaptado a la morfología del terreno, diferenciándose claramente en su técnica constructiva y disposición interna de otras construcciones militares del yacimiento. Su diseño tripartito la conforma como una torre de artillería con un cuerpo de guardia adosado, aunque planificado de forma contemporánea a la construcción de la torre y, por tanto, de la totalidad del sistema defensivo.

En primer lugar, se construye una estructura bipartita, con acceso en su esquina oriental, que da paso a un primer compartimento conectado con el segundo, que no tiene entrada independiente (Fig. 11.B). Este primer edificio debe de interpretarse como una torre de artillería. Esta presentaría un diseño de tendencia rectangular, aunque de planta irregular, con unas dimensiones aproximadas de 8 m de longitud por 4 m de anchura máxima, sin que se pueda interpretar como una torre de flanqueo, ya que no sobresale de la línea de muralla. La existencia de un total de 22 bolaños de diversa morfología depositados justo al exterior de su entrada (Ruiz Mata, 2022b: p. 132-133) constituye un argumento más a la hora de defender esta interpretación.

El paralelo más próximo lo encontramos en las torres de artillería defensivas del yacimiento del Tossal de Manises (Alicante, España), donde las torres no son funcionales para realizar una defensa de flanqueo, pues apenas sobresalen del lienzo de muralla (Olcina Doménech, Guilbert Mas, y Tendero Porras, 2010: p. 236). El hecho de que esta estructura sea ineficaz como torre de flanqueo ha permitido proponer la posibilidad de que fuese construida de forma expresa para albergar en su interior piezas de artillería que se situarían, en principio, en una primera planta. En el caso del CDB, planteamos como hipótesis que la máquina de torsión alojada en su interior se encontrara orientada hacia la zona portuaria, debido a las particularidades topográficas del sistema defensivo en esta área.

La segunda estructura (Fig. 11.C), adosada a la anterior, se interpreta como “cuerpo de guardia” (Montanero Vico, 2020b: p. 1118; Ruiz Mata, 2022b: p. 136-139), custodiando una plaza defensiva que da acceso a la ciudad por este extremo (Fig. 11.D). Una vez sorteada la construcción se entraría de lleno en el espacio interior de la ciudad, que queda así bien defendida en uno de sus flancos más débiles.

Planteamos por tanto una hipótesis reconstructiva de esta estructura singular dentro de la configuración poliorcética del asentamiento (Fig. 12), que necesariamente deberá ser estudiada en profundidad dentro de la lógica defensiva del sistema púnico-helenístico.

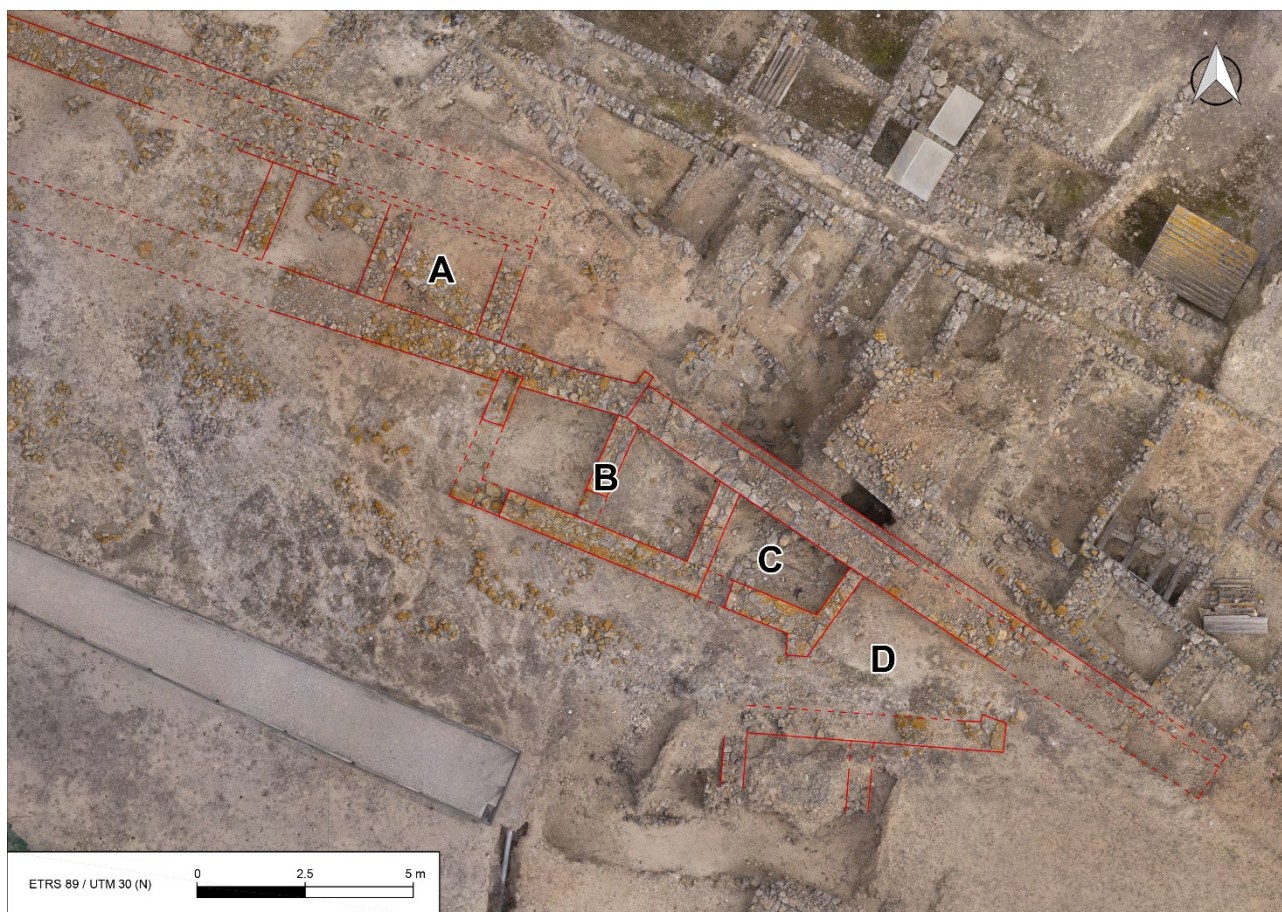


Figura 11: Conjunto defensivo púnico-helenístico localizado en la zona del espigón: A. Murallas del sistema defensivo púnico-helenístico. B. Torre de artillería bipartita. C. Cuerpo de guardia que permite el acceso a la ciudad. D. Patio de acceso a la ciudad defendido por todos sus flancos.

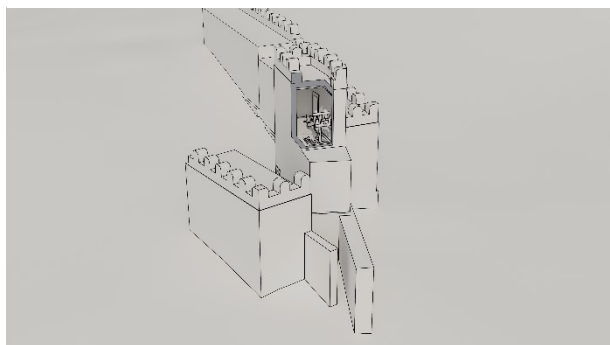


Figura 12: Hipótesis reconstructiva de trabajo sobre el complejo defensivo articulado entorno a la zona del espigón.

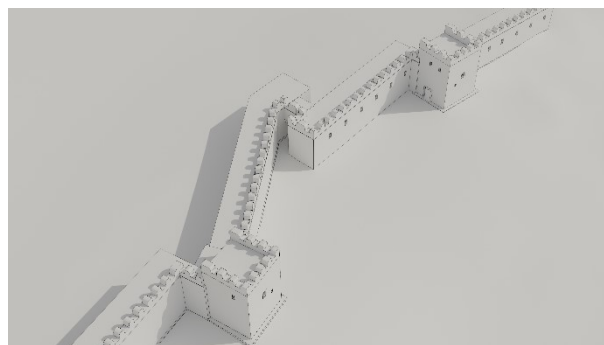


Figura 13: Hipótesis reconstructiva de la posible entrada monumental en recubrimiento del asentamiento en época púnica.

4.4. Los accesos

En la actualidad no se conocen a ciencia cierta los accesos al yacimiento. Si bien es cierto que a tenor de los datos arqueológicos a nuestra disposición podemos realizar hipótesis reconstructivas de uno de los accesos, que ya fue reconocido por el profesor D. Ruiz Mata (Barrionuevo Contreras et al., 1999: fig. 3 y p. 118; Ruiz Mata, 2022a: fig. 62 y p. 150); estas deberán ser necesariamente revisadas mediante futuros trabajos arqueológicos.

Planteamos que este posible acceso se conformaría como una puerta de “recubrimiento” (Montanero Vico, 2020b: pp. 507-509). Esto se debe a la proyección que realizan los

lienzos de muralla a raíz de los cambios de orientación de las torres. El cambio de ángulo de construcción de los muros provoca que uno de los lienzos de muralla se proyecte hacia el interior del asentamiento, justo en el punto en el que el lado contrario parece que finaliza en una esquina bien realizada con sillares de grandes dimensiones (Fig. 13).

Teniendo en cuenta las diferentes posibilidades estructurales analizadas, planteamos una entrada de recubrimiento con un cambio de ángulo en el lienzo de murallas que cerraría el acceso por el lado E, a diferencia de la hipótesis planteada por Ruiz Mata (2022a: Fig. 62 y p. 150) (Fig. 14).

“ENTRE FILÓN DE BIZANCIO Y LA ARQUEOLOGÍA”. LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL SISTEMA DEFENSIVO PÚNICO-HELENÍSTICO DEL YACIMIENTO “CASTILLO DE DOÑA BLANCA” (EL PUERTO DE SANTA MARÍA, CÁDIZ, ESPAÑA)

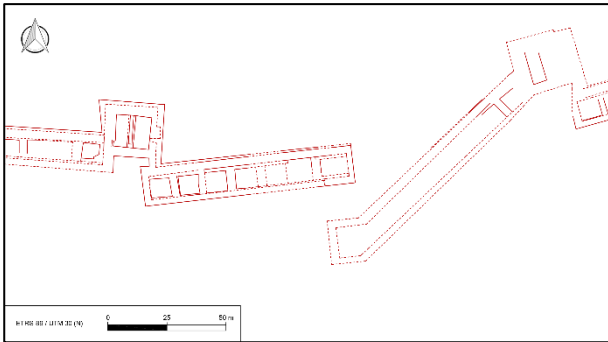


Figura 14: Hipótesis planimétrica actualizada de la configuración estructural de la entrada monumental en recubrimiento.

En cuanto a los paralelos de este tipo de accesos, el único documentado en el Occidente mediterráneo se corresponde con la conocida como “Porte du Couchant” en el yacimiento púnico de Kerkouane (Fantar, 1984). En este se documentan cuatro bloques interiores que podrían interpretarse como jambas, dando lugar a una puerta con una anchura interior de 3.41 m. Sin embargo, no se constata la presencia de elementos de defensa activa en las inmediaciones de este acceso.

5. Proceso de reconstrucción virtual

5.1. Modelado 3D

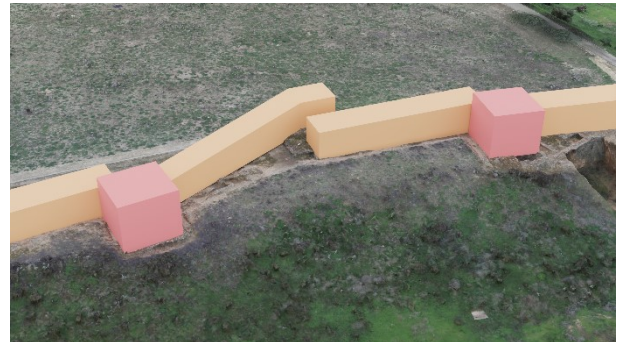
El proceso de modelado 3D se ha desarrollado íntegramente en el programa “Blender”, teniendo como elemento base la fotogrametría georreferenciada realizada en la primera fase de trabajo de campo. Sobre ella, a modo de esbozo, se colocaron los volúmenes conservados de las estructuras relacionadas con el sistema defensivo. Una vez definidas las orientaciones y el diseño estructural de las cimentaciones exhumadas, se crearon modelos proxis (o modelos simplificados) (Fig. 15). Estos han permitido explorar las diferentes hipótesis reconstructivas de la muralla, así como los elementos adyacentes de arquitectura efímera (por ejemplo, madera), necesarios en algunos casos para la conexión o el acceso a estas estructuras.

Una vez refinados los proxis, seleccionando las hipótesis más coherentes con las fuentes clásicas y los datos arqueológicos documentados, se modelaron finalmente las estructuras defensivas. Para ello se ha tenido en cuenta la disposición de cámaras que aportan más información en una simple imagen, generando cortes arquitectónicos que presenten la composición interior de las estructuras.

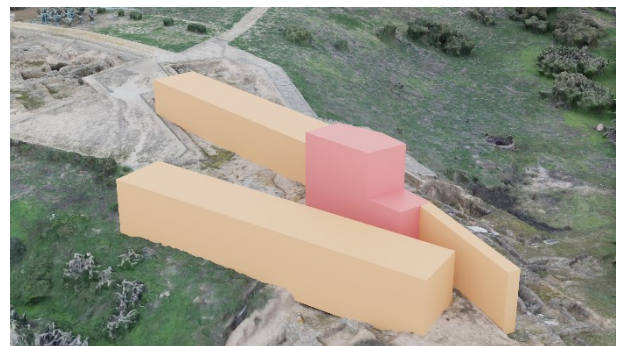
5.2. Texturizado fotorrealista

En el proceso de reconstrucción virtual se ha implementado un texturizado complejo, creando materiales PBR (*Physically Based Rendering*) específicamente para este proyecto. Estos son esenciales para lograr que las texturas interactúen de manera realista con la luz, los reflejos y las sombras, generando una apariencia convincente de los distintos materiales empleados en la construcción de los paramentos del sistema defensivo. La textura final se ha desarrollado mediante el uso combinado de diferentes nodos, con una interacción controlada por rampas de color y mapas de ruido de diferente intensidad (Fig. 16).

Además, se han adaptado de manera precisa a los restos arqueológicos documentados, desde la cimentación en sillarejos irregulares hasta el alzado en adobes, incluyendo incluso un recubrimiento de mortero de cal, novedad planteada tras las últimas intervenciones arqueológicas que han tenido lugar en el yacimiento.



(a)



(b)

Figura 15: Hipótesis volumétricas de diferentes estructuras defensivas del CDB: (a) Hipótesis volumétrica de la entrada Norte; (b) Hipótesis volumétrica del conjunto defensivo situado en el espigón.

5.3. Añadidos y renderizado final

Al resultado final del modelado y texturizado de la estructura, con intención de generar una infografía amable a todos los públicos, se le han añadido una serie de *assets* que permiten representar la muralla en un momento concreto. En este caso particular, se ha elegido la hipótesis reconstructiva del acceso planteado en la zona N del asentamiento, con intención de visualizar una estructura eminentemente militar, desde una perspectiva más cercana y humana.

Para lograr este efecto se han colocado diferentes personajes distribuidos espacialmente por toda la zona visible desde la cámara seleccionada, estableciendo diferentes escenas de la vida cotidiana del asentamiento, aportando realismo y dinamismo a la escena. Estos modelos (Figura 17), además de aportar una escala realista a la reconstrucción, contribuyen a que el espectador pueda imaginar de manera más clara cómo habría sido la interacción social en un punto clave de la fortaleza. Además, se han incorporado a la reconstrucción diferentes animales (bóvidos y cápridos) aportando otra capa de realismo y contexto a la escena.

El proceso de renderizado final ha sido cuidadosamente diseñado para integrar todos estos elementos de manera coherente, prestando especial atención a la iluminación, utilizando configuraciones que simulan las condiciones

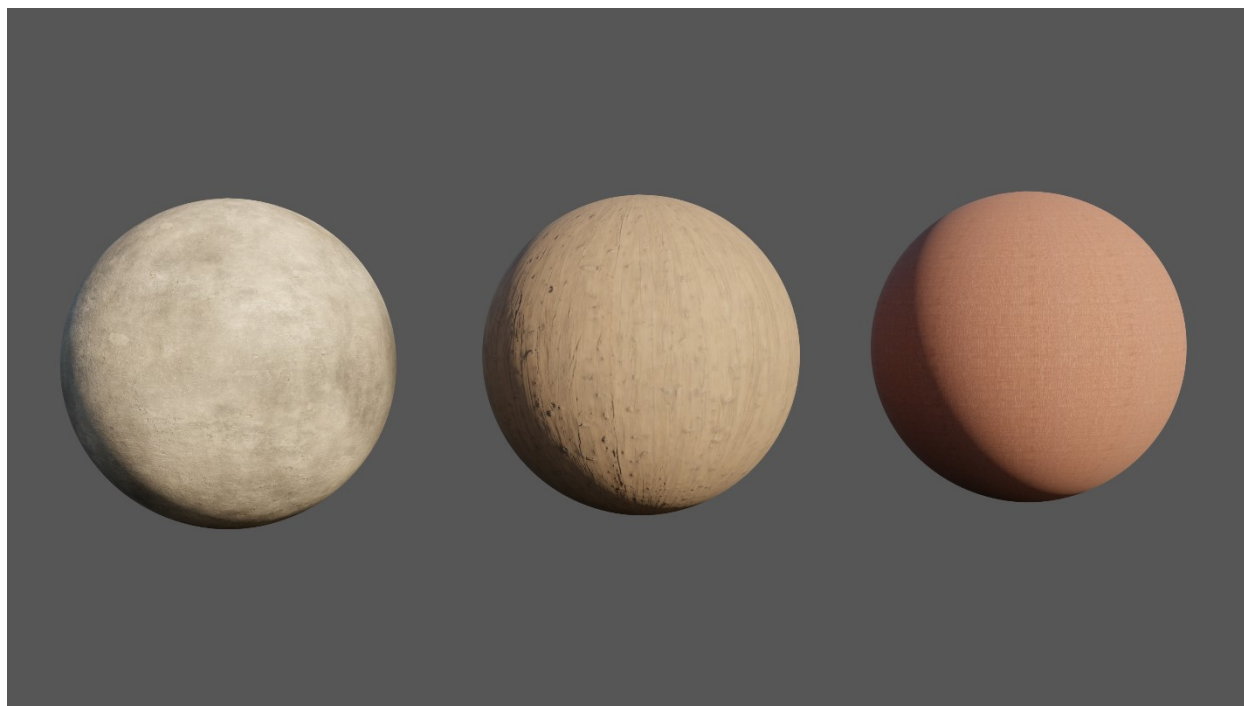


Figura 16: Principales materiales PBR inteligentes utilizados en el texturizado de la reconstrucción.



(a)



(b)

Figura 17: Algunos añadidos utilizados en la reconstrucción virtual objeto de estudio. a) Recreación de elemento de transporte de mercancías; b) Fauna documentada en el yacimiento.

naturales de luz, destacando los detalles arquitectónicos y aportando profundidad a las diferentes estructuras, personajes y animales.

Finalmente, se han aplicado algunos efectos de postproducción para mejorar la cohesión visual de la infografía, ajustando las iluminaciones y añadiendo elementos orgánicos como suciedad y aves, conformando una infografía final, histórica y arqueológicamente realista.

5.4. Evidencia histórico-arqueológica de la reconstrucción: Arqueología virtual y Extended Matrix

La reconstrucción virtual del sistema defensivo púnico-helenístico del CDB ha tenido en todo momento el objetivo principal de aplicar de forma práctica los postulados de la Arqueología Virtual (ICOMOS, 2017). Mediante los protocolos de registro semántico como "Extended Matrix" y las diferentes Escalas de Evidencia Histórico-Arqueológicas, se han recabado y documentado todas las decisiones adoptadas durante el proceso de reconstrucción, así como diseñado infografías en las que plantear la trazabilidad científica del proyecto.

Las fuentes consultadas, tanto las clásicas y específicas sobre poliorcética fenicio-púnica como las arqueológicas, además de la nueva documentación generada con la catalogación y reinterpretación de muros y estructuras realizada, han sido compiladas en la matriz, extrayendo de cada nodo la información necesaria para la reconstrucción de cada elemento del sistema defensivo (Fig. 18). Los datos recabados han posibilitado la generación de hipótesis reconstructivas sólidas sobre las defensas del enclave, desde su configuración estructural, su altura o la funcionalidad de los espacios, hasta su diseño vinculado con la poliorcética púnico-helenística.

Además, en la matriz se han insertado todos los *assets* utilizados para dotar de vida a la escena, utilizando para ello las fuentes arqueozoológicas disponibles, además de paralelos etnográficos plausibles.

En cuanto a la implementación de Escalas de Evidencia Histórico-Arqueológicas, tenemos nuestras reservas. Si bien es cierto que este tipo de representaciones gráficas ayudan al entendimiento general de la hipótesis reconstructiva que se plantea, consideramos necesaria una revisión al respecto de los protocolos al uso, que escapa a los objetivos de este trabajo y deberá tratarse en foros específicos sobre el tema. Esta diferencia no solo se concibe desde el punto de vista gráfico (tratado en algunos trabajos, por ejemplo, [Ortiz, 2018](#)), sino desde el propio enfoque y planteamiento teórico de la herramienta.

En el caso particular de la reconstrucción virtual del sistema defensivo púnico-helenístico del CDB se han utilizado diversas escalas, como la Escala de Evidencia Histórico-Arqueológica ([Aparicio y Figueiredo, 2017](#))⁵ (Figura 19a), la Escala de Evidencia para Reconstrucciones Virtuales ([Ortiz, 2018](#)) (Figura 19b) y la propia escala utilizada en la Extended Matrix (Figura 19c).

6. Discusión

A pesar de los avances logrados, es necesario continuar investigando, especialmente en lo que respecta a la localización de los accesos y la interpretación de algunos elementos arquitectónicos específicos. Las futuras excavaciones y los estudios comparativos con otros yacimientos, combinados con el uso de nuevas tecnologías, permitirán seguir profundizando en el conocimiento de la poliorcética fenicio-púnica del CDB y, por ende, en los sistemas defensivos protohistóricos del sur de la península Ibérica.

La implementación de la arqueología virtual en los procesos de investigación, excavación y análisis estructurales supone hoy en día un avance en el ámbito de la historia y la arqueología. La inserción de personal especializado en virtualización del patrimonio dentro de los grupos multidisciplinares de trabajo posibilita una mejora sustancial no solo en el proceso de investigación, sino en la más que necesaria difusión y transferencia de los resultados al público en general ([Demetrescu, Fanini, y Cocca, 2023](#)). La trazabilidad científica que plantea la inserción de esta nueva disciplina, así como el continuo desarrollo de nuevas herramientas y protocolos ([Galeano et al. 2024](#)) posibilita una base sólida sobre la que plantear nuevas teorías o hipótesis reconstructivas, que provoquen una mejora sustancial en el conocimiento de la historia que los restos arqueológicos albergan.

Por otro parte, en lo que respecta a la difusión de los resultados mediante el uso de escalas de evidencia, se aprecia que las diferentes escalas aplicadas no llegan a transmitir realmente todas las decisiones adoptadas durante el proceso de reconstrucción, aunando en algunos casos hipótesis reconstructivas realizadas en función de los tratados militares de Filón de Bizancio, con otras hipótesis basadas en paralelos histórico-arqueológicos.

7. Conclusiones

El estudio del sistema defensivo del CDB mediante la aplicación práctica de la arqueología virtual ha permitido avanzar en el conocimiento de la poliorcética púnico-helenística del sur de Iberia. El uso de nuevas tecnologías aplicadas al patrimonio histórico-arqueológico, como la fotogrametría georreferenciada y la modelización 3D ha sido fundamental para documentar y reconstruir el sistema defensivo púnico-helenístico del yacimiento, ofreciendo una interpretación más detallada de su funcionamiento, diseño interior y organización espacial (Fig. 20).

Las hipótesis reconstructivas sobre la muralla del CDB, basada en compartimentos modulares y galerías superiores para artillería, encuentran paralelismos en otros yacimientos peninsulares, reforzando la idea de que existía una planificación común en las fortificaciones púnico-helenísticas, adaptada a las necesidades defensivas del momento. El hallazgo de poternas y la reinterpretación de ciertas estructuras vinculadas a la defensa activa del asentamiento, ha generado nuevas hipótesis de trabajo necesarias para el reimpulso de la investigación de un asentamiento de primer orden como el CDB (al menos en lo que a poliorcética se refiere).

Además, las pautas que Filón de Bizancio define en sus tratados se constatan, parcialmente, en el registro arqueológico documentado hasta ahora en el yacimiento, enmarcando esta estructura defensiva en la tónica general de las fortificaciones de corte helenístico del Mediterráneo.

Todos los datos, tanto los arqueológicos como las fuentes escritas y la bibliografía crítica, utilizados de forma conjunta, permiten proponer una hipótesis reconstructiva sólida sobre la que desarrollar un potente discurso histórico sobre la evolución militar del asentamiento y su configuración defensiva vinculada con los diferentes acontecimientos bélicos que trajo consigo el devenir de la Segunda Guerra Romano-Cartaginesa ([Niveau de Villedary y Mariñas et al., e.p.](#)), que deberán ser estudiados en trabajos específicos.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del Grupo de Investigación del PAIDI HUM-509 “Phoenix Mediterranea. Investigación, difusión y transferencia del Patrimonio histórico-arqueológico y cultural de Andalucía Occidental” de la Universidad de Cádiz. Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a Ana María Niveau de Villedary y Mariñas, investigadora principal del grupo, por su apoyo constante y todas las oportunidades brindadas. Asimismo, agradecemos a Natalia López Sánchez y Carolina Pérez Infantes por su incansable ayuda en los procesos de toma de datos en el yacimiento, indispensables para realizar este estudio.

Agradecemos especialmente la inestimable y esencial ayuda del Dr. David Montanero Vico, quien, a través de su estudio detallado de los bolafios del CDB, ha logrado determinar las dimensiones de este tipo de maquinaria bélica en el contexto de la poliorcética púnico-helenística. Su apoyo ha sido clave para enriquecer nuestra comprensión del sistema defensivo del Enclave Arqueológico.

⁵ Aunque en este caso en su versión 2.0, en la que se ha implementado un cambio en cuanto a la coloración del menor grado de evidencia para que no destaque en la infografía final, aún sin publicar, disponible en

<https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2022/06/06/hacia-una-nueva-version-de-la-escala-de-evidencia-historico-arqueologica/>

También, al Dr. Fernando Prados Martínez por su valiosa participación y ayuda en la gestión de la información, así como en el diagnóstico y caracterización de muros y estructuras.

Finalmente, queremos agradecer a la dirección del Enclave Arqueológico “Castillo de Doña Blanca”, Francisco Alarcón Castellanos, por las facilidades brindadas para llevar a cabo esta investigación. Agradecimiento que hacemos extensible a Nicolás Betanzos Fabero y José Manuel Delgado Carrión por su apoyo durante el desarrollo de los trabajos.

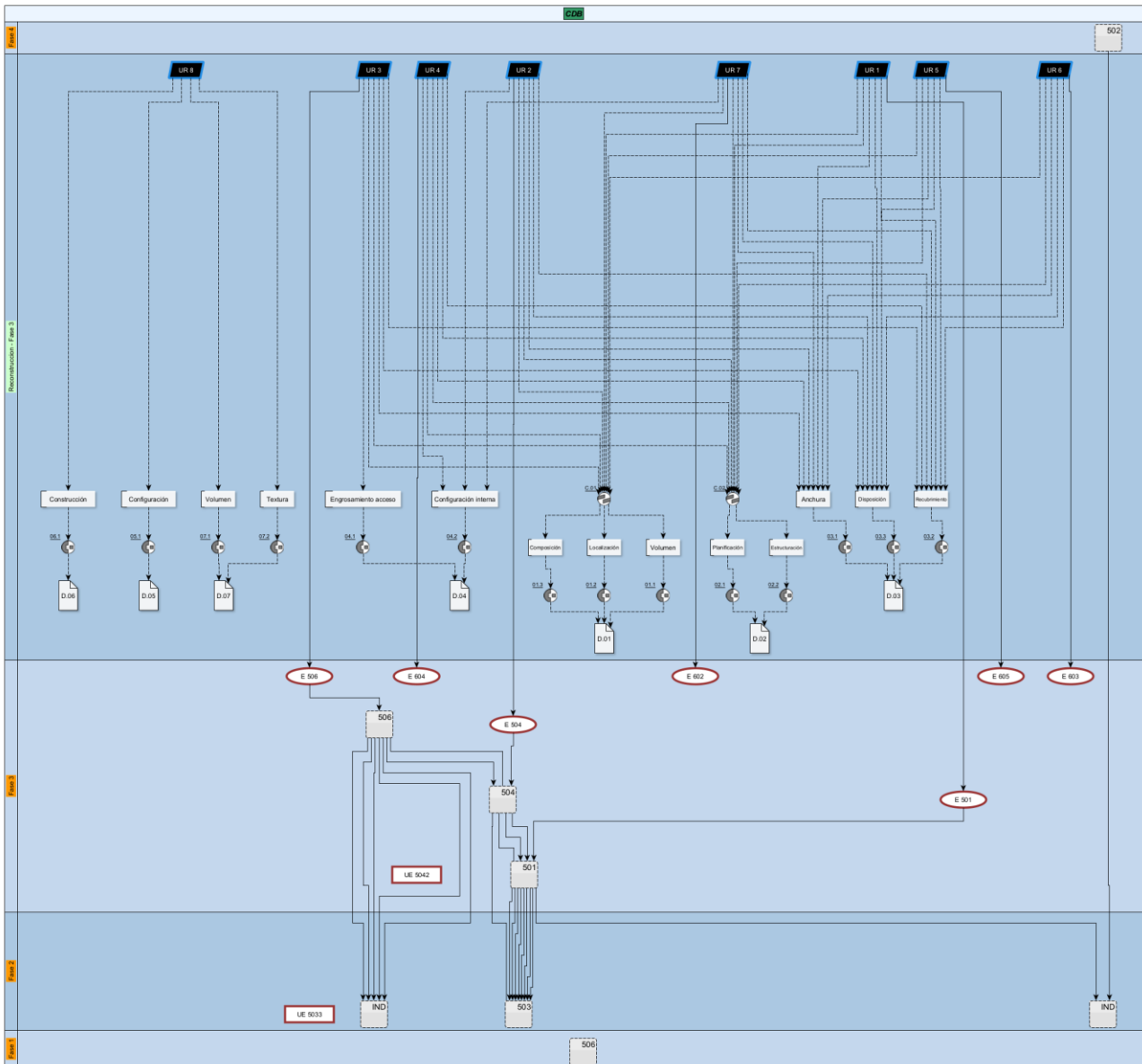
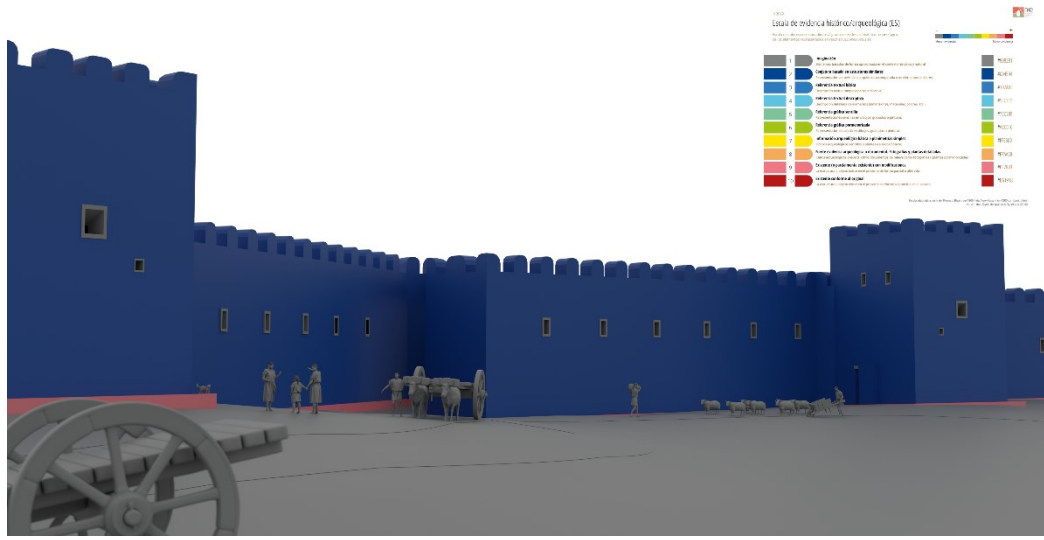


Figura 18: Extended Matrix del proyecto, en las que aparecen las diferentes Unidades Reconstructivas generadas.

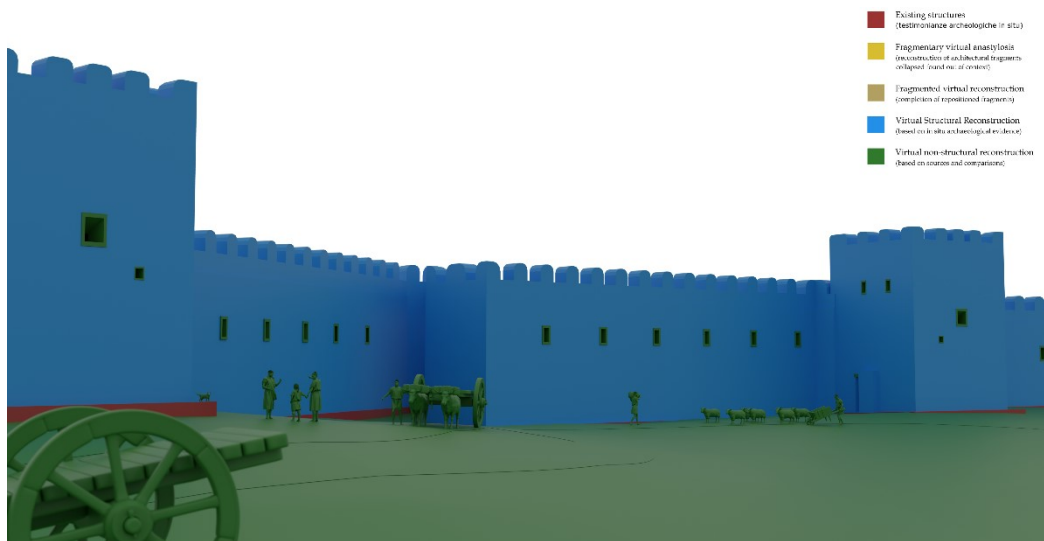
“ENTRE FILÓN DE BIZANCIO Y LA ARQUEOLOGIA”. LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL SISTEMA DEFENSIVO PÚNICO-HELENÍSTICO DEL YACIMIENTO “CASTILLO DE DOÑA BLANCA” (EL PUERTO DE SANTA MARÍA, CÁDIZ, ESPAÑA)



(a)



(b)



(c)

Figura 19: Diferentes escalas de evidencia aplicadas a la reconstrucción virtual del sistema defensivo del CDB: a) Escala de Evidencia Histórico-Arqueológica; b) Escala de Evidencia para Reconstrucciones Virtuales; c) Carta de Referencia F de la Extended Matrix.



Figura 20: Reconstrucción virtual del acceso monumental del sistema defensivo púnico-helenístico del CDB.

Referencias

- Aparicio Resco, P., y Figueiredo, C. (2017). El grado de evidencia histórico-arqueológica de las reconstrucciones virtuales: hacia una escala de representación gráfica. *Revista Otarq: Otras Arqueologías*, 1(1), 235–247. <https://doi.org/10.23914/otarq.v0i1.96>
- Barrionuevo Contreras, F. J., Ruiz Mata, D., y Pérez Pérez, C. J. (1999). Fortificaciones de casernas del Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María, Cádiz). En *XXIV Congreso Nacional de Arqueología. Impacto colonial y Sureste Ibérico* (pp. 115–123). Cartagena.
- Bartoloni, P. (1971). Fortificazioni puniche nel Mediterraneo. *Cultura e Scuola*, 37, 193–198.
- Berrocal Rangel, L. (2004). La defensa de la comunidad: sobre las funciones emblemáticas de las murallas protohistóricas en la península Ibérica. *Gladius*, XXIV-(1), 27–98. <https://doi.org/10.3989/gladius.2004.36>
- Blánquez Pérez, J., y Roldán Gómez, L. (2009). La muralla de casernas de la ciudad púnica de Carteia (San Roque, Cádiz). *Almoraima*, 39, 94–104.
- Blánquez Pérez, J., Roldán Gómez, L., y Jiménez Vialás, H. (2017). La nueva muralla púnica de Carteia (San Roque, Cádiz). Investigaciones del Proyecto Carteia Fase II (2006-2013). En F. Prados Martínez y F. Sala Sellés (Eds.), *El Oriente de Occidente. Fenicios y púnicos en el área ibérica. VII Edición del Coloquio Internacional del CEFYP en Alicante* (pp. 509–536). Alicante: Universidad d'Alacant.
- Campbell, D. B. (2003). *Greek & Roman Artillery 399 BC - AD 363*. New Vanguard 89, Osprey Publishing, Oxford.
- Caruso, E. (2006). Le fortificazioni di Lilibeo: un monumentale esempio della poliorcetica punica in Sicilia. En *Guerra e pace in Sicilia en el Mediterraneo antico (VIII-III sec. a.C.) (Vol. I, pp. 283–305)*. Pisa: *Arte, prassi e teoria della pace e della guerra*.
- Cobos Rodríguez, L. M. (2009). *Memoria Final - Actividad Arqueológica Puntual - Bastión y muralla norte Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María)*. (Memoria de excavación inédita).
- Demetrescu, E. (2015). Archaeological stratigraphy as a formal language for virtual reconstruction. Theory and practice. *Journal of Archaeological Science*, 57, 42–55. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.02.004>
- Demetrescu, E., y Fanini, B. (2017). A white-box framework to oversee archaeological virtual reconstructions in space and time: Methods and tools. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, 500–514. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.06.034>

“ENTRE FILÓN DE BIZANCIO Y LA ARQUEOLOGÍA”. LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL SISTEMA DEFENSIVO PÚNICO-HELENÍSTICO DEL YACIMIENTO “CASTILLO DE DOÑA BLANCA”
(EL PUERTO DE SANTA MARÍA, CÁDIZ, ESPAÑA)

- Demetrescu, E., y Ferdani, D. (2021). From field archaeology to virtual reconstruction: A five steps method using the Extended Matrix. *Applied Sciences*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/app11115206>
- Demetrescu, E., Fanini, B., y Cocca, E. (2023). An Online Dissemination Workflow for the Scientific Process in CH through Semantic 3D: EMtools and EMviq Open-Source Tools. *Heritage*, 6(2), 1264–1276. <https://doi.org/10.3390/heritage6020069>
- Galeano, A., Sanseverino, A., Berto, S., Demetrescu, E., y Limongiello, M. (2024). Extended BIM: a proposed workflow for the integration of the HBIM and EM approaches. In IMEKO TC4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (pp. 115–120). <https://doi.org/10.21014/tc4-arc-2023.023>
- Fantar, M. H. (1984). *Kerkouane, cité punique du Cap Bon (Tunisie)*. Túnez: Institut National d'Archéologie et d'Art.
- Garlan, Y. (1974). *Recherches de poliorcétique grecque*. Atenas, Paris: Bibliothèque des Écoles françaises d'Athènes et de Rome. https://www.persee.fr/doc/befar_0257-4101_1974_mon_223_1
- ICOMOS. (2017). *Los Principios de Sevilla. Principios Internacionales de la Arqueología Virtual*.
- Marsden, E. W. (1969). *Greek and roman artillery. Historical Development*. Oxford: Clarendon Press.
- Montanero Vico, D. (2020a). Demolishing casemate walls: pasos hacia una primera clasificación tipológica de las murallas de la Edad del Hierro IIA-IIB en Fenicia y en norte de Israel. En *IX Congreso Internacional de Estudios Fenicios y Púnicos* (pp. 443–459). Mérida: Mytra 5.
- Montanero Vico, D. (2020b). *Fortificaciones y poliorcética feniciopúnica en el Mediterráneo central y occidental (siglos IX-II a.C.)*. Universitat de Barcelona.
- Moret, P. (2013). Las fortificaciones bárquidas en la Península Ibérica. *Desperta Ferro: Antigua y Medieval*, 17, 38–43.
- Niveau de Villedary y Mariñas, A. M., Sicre-González, P., y López Sánchez, N. (e.p.). El sistema defensivo púnico-helenístico del Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María, Cádiz) a revisión. En J. Noguera, M. C. Belarte, D. Montanero Vico, y P. Moret (Eds.), *Les fortificacions urbanes preromanes a la Mediterrània occidental: origen, funcions i evolució estructural. IX Reunió d'Arqueologia de Calafell*. Barcelona: Arqueo Mediterrània, 16, Universitat de Barcelona.
- Niveau de Villedary y Mariñas, A. M., López-Sánchez, N., y Sicre-González, P. (e.p.). Gadir bajo la esfera de Carthago. En J. M. López Ballesta, S. F. Ramallo Asensio, y B. Cutillas Victoria (Eds.), *La huella de Carthago en Iberia. X Encuentros Internacionales del Mediterráneo: PHICARIA: Vol. X*. Murcia: Universidad Popular de Mazarrón (Murcia).
- Olcina Doménech, M., Guilabert Mas, A., y Tendero Porras, E. (2010). Lectura púnica del Tossal de Manises (Alicante). *Mainake*, XXXII, 229–249.
- Olcina Doménech, M. H. (2024). *El Tossal de Manises-Ákra Leuké. Historiografía del yacimiento arqueológico y la etapa prerromana (Volumen I)*. Alicante: MARQ Museo Arqueológico de Alicante.
- Ortiz Cordero, R. (2018). *La Mezquita-Catedral de Córdoba. Metodología de trabajo para reconstrucciones virtuales*. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Ramallo Asensio, S. F., y Martín Camino, M. (2015). Qart-Hadast en el marco de la Segunda Guerra Púnica. En J. P. Bellón Ruiz, A. Ruiz Rodríguez, M. Molinos Molinos, C. Rueda Galán, y F. Gómez Cabeza (Eds.), *La Segunda Guerra Púnica en la península ibérica. Baecula, arqueología de una batalla*, 129–162. Jaén: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Jaén.
- Rihll, T. E. (2006). On artillery towers and catapult sizes. *Annual of the British School at Athens*, 101, 379–383. <https://doi.org/10.1017/S0068245400021353>
- Ruiz Gil, J. A., Lagóstena Barrios, L. G., Pérez Marrero, J., Trapero Fernández, P., Catalán González, J., Rondán-Sevilla, I. M., y Ruiz Barroso, M. (2023). GPR survey in the Punic Harbour of La Martela (El Puerto de Santa María, Spain) and the methodology used for the processing and archaeological visualisation of the data. En I. P. Haynes, T. Ravasi, S. Kay, S. Piro, y P. Liverani (Eds.), *Non-Intrusive Methodologies for Large Area Urban Research*, (pp. 99–105). Archaeopress. <https://doi.org/10.2307/jj.15136039.20>
- Ruiz Mata, D. (1986). Informe sobre las excavaciones sistemáticas realizadas en el yacimiento del Castillo de Doña Blanca (Puerto de Santa María, Cádiz). *Anuario Arqueológico de Andalucía*, 2, 360–365.
- Ruiz Mata, D. (1987). Informe sobre la campaña de excavaciones de 1987 realizada en el Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María, Cádiz). *Anuario Arqueológico de Andalucía*, 2, 280–284.

- Ruiz Mata, D. (1990a). Castillo de Doña Blanca: Resultados de las Investigaciones. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, 2, 301–303.
- Ruiz Mata, D. (1990b). La colonización fenicia en la bahía de Cádiz a través del Castillo de Doña Blanca. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, 2, 291–300.
- Ruiz Mata, D. (1993). La colonización fenicia en la Bahía de Cádiz a través del Castillo de Doña Blanca. Puerto de Santa María. En J. M. Campos Carrascto y F. Nocete Calvo (Eds.), *Investigaciones arqueológicas en Andalucía (1985-1992) Proyectos. VI Jornadas de Arqueología andaluza*, 489–496. Huelva.
- Ruiz Mata, D. (1999). La fundación de Gadir y el Castillo de Doña Blanca: Contrastación textual y arqueológica. *Complutum*, 10, 279–317.
- Ruiz Mata, D. (2001). Arquitectura y urbanismo en la ciudad protohistórica del Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María, Cádiz). En D. Ruiz Mata y S. Celestino Pérez (Eds.), *Arquitectura Oriental y Orientalizante en la Península Ibérica*, 261–274. Madrid: Centro de Estudios del Próximo Oriente.
- Ruiz Mata, D. (2022a). *Cádiz y el castillo de Doña Blanca. Retazos de arqueología fenicia*. Barcelona: Bellaterra Edicions.
- Ruiz Mata, D. (2022b). *La ciudad fenicia del Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María, Cádiz). Historia y Arqueología, investigaciones (1979-2003)*. Barcelona: Cuadernos de Arqueología Mediterránea 28.
- Ruiz Mata, D. (2022c). La ciudad fenicia del Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María, Cádiz). Resultados de un Proyecto de Investigación (1979-2003). *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de La Universidad Autónoma de Madrid*, 48(1), 141–227. <https://doi.org/10.15366/cupauam2022.48.1.005>
- Ruiz Mata, D., y Pérez Pérez, C. J. (1995). *El poblado fenicio del Castillo de Doña Blanca (El Puerto de Santa María, Cádiz)*. El Puerto de Santa María, Cádiz: Ayuntamiento de El Puerto de Santa María.
- Sáez Abad, R. (2004). *La poliorcética en el mundo antiguo*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Shatzman, I. (1995). Stone-Balls from Tel Dor and the Artillery of the Hellenistic World. *Scripta Classica Israelica*, XIV, 52–72.
- Sicre-González, P., y Ortiz-García, J. (2024). Virtual recreation as a valid scientific representation for raising public awareness. *Archeologia e Calcolatori*, 35(2), 147–155. <https://doi.org/10.19282/ac.35.2.2024.16>
- Winter, F. E. (1994). Problems of tradition and innovation in Greek fortifications in Asia Minor, late fifth to third century B.C. *Revue Des Études Anciennes*, 96(1), 29–52. <https://doi.org/10.3406/rea.1994.4559>