

DESDE LAS TÉCNICAS FOTOGRAMÉTRICAS A LA DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO DE LA GUERRA CIVIL ESPAÑOLA EN PINTO (MADRID)

Inés del Castillo Bargueño, Sergio Isabel Ludeña, Ángela Crespo Fraguas y Miguel Ángel Díaz Moreno¹

Resumen:

A lo largo del año 2014 se trabajó en la localización, la documentación y la prospección de vestigios de la Guerra Civil Española en el término municipal de Pinto (Madrid). Este proceso tuvo como resultado la identificación y el conocimiento de diversas áreas relacionadas con el conflicto y localizadas en el Parque Regional del Sureste de la Comunidad de Madrid, hecho que ha permitido su conservación hasta nuestra época actual.

Todo proyecto arqueológico presenta diversos procesos, desde la documentación hasta su posterior divulgación al público. Por ello, se decidió, para la mejor comprensión de los diferentes elementos hallados, aplicar el uso de las nuevas tecnologías. El objetivo final era realizar una infografía de las estructuras bélicas y de una selección de materiales encontrados en prospección mediante técnicas fotogramétricas, software de edición 3D, visores web y realidad aumentada.

Palabras clave:

Guerra Civil Española, Pinto, fotogrametría, software de edición 3D, reconstrucción virtual.

Abstract:

Along the year 2014 has been worked in the documentation and archeology survey about the remains of Spanish Civil War in the municipal area of Pinto (Madrid). This process has obtain as result the knowledge and identification about several areas located in the Parque Regional of Sureste of the Comunidad de Madrid, this fact has allowed their conservation until our presents days.

All this archeological project has several process, since the documentation until his following cultural dissemination to the public. By all this, has decided, for the best understanding of the differents founded elements, apply the new technologies. The last aim was realized an inphography about the civil war structures and about selection of materials founded in the archeological survey by techniques of photogrametric, modeling 3D software, viewer web and augmented reality.

¹ Equipo de Cota 667- Arqueología y Patrimonio - pintocota667@gmail.com



Key words:

Spanish Civil War, Pinto, photogrammetry, 3D modeling software, virtual reconstruction.

Introducción

La vertiginosa evolución de las nuevas tecnologías digitales ha afectado a todos los ámbitos de nuestra vida. Como es lógico, el mundo científico, y la Arqueología en particular, no ha sido una excepción. Esto no se ha producido de manera repentina, sino como una paulatina evolución.² Los arqueólogos llevan años empleando programas informáticos, entre los que han destacado especialmente los de diseño gráfico, y este hecho llevó a una interesante sinergia que facilitó el trabajo a la hora del estudio y de la difusión del patrimonio. Hasta el presente, estas tecnologías y otras nuevas técnicas han ido entrando en el campo de la Arqueología o consiguiendo un mayor nivel de desarrollo, lo que nos ha permitido disponer de gran cantidad de *softwares* de calidad para la construcción y edición de representaciones tridimensionales. Este cambio de perspectiva del uso de las imágenes planas obtenidas de las formas más tradicionales a estas renovadas formas nos conduce, entre otras muchas opciones, a la posibilidad de generar virtualmente un entorno más realista y complejo.

Son muchas las técnicas y novedosas tecnologías que podríamos destacar actualmente en el campo arqueológico, como el láser escáner o el georradar, pero nos centraremos concretamente en las que hemos empleado para desarrollar nuestro caso práctico: la fotogrametría y el *software* de edición 3D.

La fotogrametría es una técnica que nos permite obtener modelos tridimensionales a partir de fotografías. Ha tenido una amplia evolución en los últimos años, especialmente por la aparición de *softwares* más novedosos y de sencillo manejo. Así, en la actualidad podemos generar estos modelos únicamente con una cámara de fotografía convencional y un ordenador personal. Ello deja a la técnica en un lugar a tener en cuenta en comparación con el láser escáner, ya que, aunque la calidad de este último es ligeramente mayor en cuanto a la geometría, la textura fotográfica conseguida es mucho mejor a la que se puede lograr con un láser escáner. Por supuesto, en lo que al coste se refiere, la fotogrametría supone un amplio abaratamiento en comparación con el otro. Con todo, cada una de estas técnicas tiene sus casos y momentos de aplicación, según el fin que se quiera obtener.

2 J.M. TEJADO SEBASTIÁN: "Escaneado en 3D y prototipado de piezas arqueológicas: las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del patrimonio arqueológico". Iberia: Revista de la Antigüedad, N°8, 2005, p. 138.



El caso del *software* de edición 3D fue en parte similar. El paso del tiempo y la mejora de los diferentes programas logró que fuera más sencillo su manejo y aplicación, hecho en el que posiblemente tuviera que ver la gran expansión de la industria del videojuego. En la actualidad se dispone de una gama amplísima, con diferentes especializaciones entre ellos, incluso entre los de código libre. Estas aplicaciones pueden ser posiblemente la clave para conseguir alcanzar una mayor verosimilitud y realismo en nuestra infografía, lo que la entrega mayor atractivo e interés para el público.

En 2014 se desarrolló un proyecto de estudio y revalorización del patrimonio arqueológico de la Guerra Civil Española en el término municipal de Pinto (Madrid). Dentro de este, uno de los problemas principales con el que nos encontramos era el de acercar al público general al conocimiento de los vestigios del conflicto que habían pervivido hasta nuestros días. Por ello, más allá de la documentación virtual que pudiera realizarse de las diferentes estructuras y materiales arqueológicos localizados en las diferentes posiciones, se decidió emplear la infografía para solventar esta cuestión.

Con este fin en mente se escogió una de las posiciones estudiadas, denominada Los Yesares, localizada junto a la Cañada Real y con una presencia muy completa de elementos representativos, para tratar tanto algunas estructuras bélicas (fortín, pozos de tirador y trincheras) como una selección de materiales que habían sido recogidos en la campaña de prospección. A partir de estas elecciones se desarrollarían diferentes infografías para conseguir la correcta divulgación de este conjunto relacionado con la Guerra Civil Española.

Nuevas aportaciones de las nuevas tecnologías en Arqueología

La mencionada evolución de las nuevas tecnologías y su aplicación a la Arqueología ha conducido a la mejoría de la recogida, administración e interpretación de la información arqueológica. De este modo, se han conseguido abrir nuevas puertas en el proceso de documentación, el estudio de los datos obtenidos y los procesos de difusión y de divulgación de los resultados de las investigaciones llevadas a cabo.³

Por supuesto, hemos de tener en cuenta que esta virtualización del patrimonio arqueológico es totalmente compatible con los métodos tradicionales empleados. De hecho, como veremos, la relación que se establece entre las técnicas clásicas y las más novedosas puede llevar a una mejor construcción del discurso científico y aumentar el número de hipótesis que podemos plantear.

3 J.M. TEJADO SEBASTIÁN: "Escaneado en 3D y prototipado de piezas arqueológicas: las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del patrimonio arqueológico". *Iberia: Revista de la Antigüedad*, N°8, 2005, p. 136.



Queremos destacar tres aspectos en los que los modelos tridimensionales que generamos pueden servir de apoyo a los métodos tradicionales. El primero es la documentación, en la cual la fotogrametría nos permite una mayor recogida de datos y una mejor precisión de estos en un tiempo más reducido. Asimismo, por medio de esta técnica se recoge información de difícil percepción a simple vista, que, posteriormente, se puede observar en el modelo 3D, en el cual queda plasmada.

El segundo se centra en el ámbito de la investigación y del estudio, donde los modelos tridimensionales obtenidos mediante fotogrametría pueden ser modificados para la comprobación o el planteamiento de las múltiples hipótesis que puedan aparecer a lo largo de este proceso. Esto evita las intervenciones en muchos casos sobre los elementos patrimoniales físicos, que así no sufren daño alguno, y, además, permite la fácil adaptación de los modelos tridimensionales a los cambios que sucedan por nuevos estudios.

El tercero, y más importante para nuestros objetivos planteados en este proyecto, es el de la difusión y de la divulgación. En este ámbito las nuevas tecnologías en su conjunto han supuesto una revolución. En el campo de la difusión, gracias al amplio desarrollo que han vivido los medios de comunicación y el empleo de internet, podemos acercar los resultados de los estudios a otros profesionales de forma casi instantánea. Finalmente, en cuanto a la divulgación de los resultados en el público general, el lenguaje visual, atractivo y de sencilla comprensión permite que cualquier persona pueda entender con mayor facilidad el entorno generado de forma virtual y sus componentes. Esto puede incluso unirse al empleo de novedosas técnicas como la realidad aumentada, es decir, una visualización del mundo real a través de un dispositivo electrónico a la que se le añaden elementos virtuales, los cuales dan lugar a una realidad mixta en tiempo real. El empleo de estos aparatos, especialmente los de telefonía móvil, y las aplicaciones que con ellos pueden tener a su disposición los usuarios corrientes, lleva a que este último recurso sea clave a la hora de visitar un yacimiento arqueológico o tratar con sus diferentes elementos.

Estas nuevas tecnologías han provocado un gran avance a la hora de representar la información recogida, especialmente porque a través de los modelos tridimensionales se pueden realizar amplios progresos en las interpretaciones y estudios arqueológicos. Al mismo tiempo, su lenguaje visual en tres dimensiones permite un mejor entendimiento y mayor atractivo para la divulgación a un público general, lo que amplía el número de interesados en el ámbito científico y, de gran importancia, también en la sociedad.⁴ Por ello, este desarrollo tecnológico se presenta como una herramienta más de la metodología arqueológica.

4 J.M. TEJADO SEBASTIÁN: "Escaneado en 3D y prototipado de piezas arqueológicas: las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del patrimonio arqueológico". *Iberia: Revista de la Antigüedad*, N°8, 2005, p. 139.



La reconstrucción virtual de la ladera sur de Los Yesares

El objetivo primordial que se perseguía a la hora de realizar este proyecto era la divulgación del conjunto de posiciones de la Guerra Civil española localizadas en el término municipal de Pinto. Por ello, para lograr una mejor comprensión del objeto de estudio, se decidió aplicar las nuevas tecnologías ya citadas anteriormente a una selección de estructuras bélicas inmuebles y de materiales hallados en prospección.

En el caso de las estructuras se decidió aplicar estas nuevas tecnologías a unos elementos del área del conflicto bélico. Dentro de la extensa superficie que abarca todo el conjunto de posiciones se seleccionó una zona de menor tamaño, pero de gran importancia para entender todo el contexto. Esta fue la de Los Yesares. En este sector se pueden encontrar numerosas estructuras (fortines, trincheras, pozos de tirador, refugio, abrigos, zanjas antitanque, etc.), por lo que, por su amplia cantidad, se optó por tratar particularmente a las de la ladera sur del yacimiento.

Se eligió esta zona debido a que presentaba varias de las estructuras bélicas más representativas del conjunto arqueológico. De este modo, seleccionamos de esta ubicación un fortín, dos pozos de tirador y un tramo de trinchera que unía todas estas elementos. El estado de conservación en el que estos se encuentran es medio. Los pozos de tirador se hallan bastante colmatados pero se puede vislumbrar su forma y medidas. Lo mismo ocurre en el caso del tramo de trinchera, la cual presenta zonas más deterioradas que otras. Sin embargo, el fortín mantiene la estructura original, de tal modo que solo ha sufrido leves daños superficiales (pintadas, deterioro meteorológico, acción humana, etc.).

Por otro lado, en el caso de los materiales se realizó una selección previa de todos aquellos que se habían encontrado en las prospecciones llevadas a cabo en el yacimiento de Los Yesares. De este modo, se escogió lo más representativo y llamativo, tratando de representar el equipamiento que pudiera llevar un soldado durante el conflicto bélico. Entre estos podemos destacar enseres cotidianos, armamento, elementos de higiene, etc.

Para la construcción de los modelos tridimensionales se siguió el siguiente proceso. Primero, la generación de un modelo tridimensional a partir del levantamiento fotogramétrico de cada estructura y material, por medio de las fotografías obtenidas de estos. Segundo, la modificación de los modelos generados con fotogrametría con un *software* de edición 3D, Blender, para suplir los errores generados en el anterior proceso y, además, generar el acabado final de estos. Por último, en las estructuras se decidió realizar una reconstrucción de estas durante el periodo bélico y, así, conseguir una mayor comprensión por parte del público.

Las estrategias llevadas a cabo para la realización de la documentación fotogramétrica fue diferente en cada caso, ya que las estructuras planteaban dificultades distintas de las que podíamos hallar en los materiales, al igual que ocurría de manera contraria. De este modo, a lo largo del texto se desarrollarán ambos procesos de forma separada.



Para realizar la toma de fotografías en las estructuras se intentaron solventar los fallos que se podían generar a la hora de realizar el modelo tridimensional. Estos errores que podían aparecer eran los formados por la incidencia de la luz directa en los elementos, la presencia de sombras, la existencia de vegetación, etc. Por todo ello se trató de rodear cada uno mientras se sacaban fotografías desde diferentes alturas y posiciones. Además, se intentó controlar la luz fotografiando los restos bélicos en las últimas horas del día, cuando la luz era difusa y no incidía de manera directa. Sin embargo, la vegetación al tratarse de un yacimiento al aire libre, no se pudo eliminar *in situ*, por lo que, posteriormente, sería corregido en la edición tridimensional de los modelos.

Por otro lado, para la realización de las fotografías de los materiales, la estrategia fue ligeramente modificada debido a que estos, al ser de menor tamaño, necesitaban mayor detalle que las estructuras. Además, al no hallarse al aire libre, se pudieron controlar mucho más las condiciones del entorno. De este modo, mediante la regulación de la luz con el uso de focos y de una tienda difusora de luz, unido a un torno giratorio, se consiguió fotografiar en diferentes posiciones desde distintas alturas y, además, obtener planos de detalle.

Una vez realizada la captura de fotografías se procedió a generar los modelos tridimensionales con el programa Agisoft Photoscan, en calidad alta. La diferencia fundamental entre las estructuras y los materiales es que en estos últimos se crearon a partir de diferentes *chunks*, tal y como se denomina cada proyecto que forma un modelo tridimensional. Se debe señalar que la mayoría de los modelos se generaron correctamente, con algunos leves errores en la textura que se podían corregir posteriormente en Blender. En cambio, hubo otros modelos, particularmente algunos de los materiales, que no se crearon mediante las técnicas fotogramétricas, por lo que se siguió otra metodología diferente.



Fig. 1. Resultado del renderizado del fortín de la ladera sur de Los Yesares. Elaboración de los autores.



En el caso de los modelos que se generaron tridimensionalmente de manera correcta, se procedió a la corrección de errores con el *software* libre, de edición 3D, Blender. En el caso de las estructuras se eliminaron los errores que se habían generado por la masa vegetal que se encontraba en el yacimiento y fue sustituida por vegetación virtual de licencia de *creative commons*. Además, se realizó un posterior renderizado, es decir, la generación de una escena virtual en la que se añaden luces y sombras para dar un mayor realismo a las infografías generadas. Por otro lado, a los materiales se les llevó a cabo una corrección de los errores en la geometría y en la textura. Finalmente, se aplicó, al igual que en las estructuras, un renderizado de la escena. En el caso de los materiales que no se generaron de manera tridimensional se siguió el siguiente proceso. Primero, se realizó el dibujo arqueológico de estos. Posteriormente, se digitalizaron los resultados para poder vectorizarlos en programas de formato CAD, que cuenta con compatibilidad con Blender, el cual permite la generación de geometría de manera tridimensional de los mismos. Por último, cuando estos adquirieron la forma 3D se añadió una textura a partir de las fotografías tomadas previamente de cada objeto y se realizó, al igual que en los anteriores casos, el renderizado.



Fig. 2. Resultado del renderizado de fragmento del interior de un casco alemán M35, material hallado en prospección. Elaboración de los autores.

Antes de empezar a desarrollar cómo se hicieron las reconstrucciones de nuestras estructuras, se debe definir primero qué es la reconstrucción virtual. Esta se entiende como el intento de recuperación visual, a partir de un modelo virtual, en un momento determinado de una construcción u objeto fabricado por el ser humano en el pasado a partir de las evidencias físicas existentes sobre dicha construcción u objeto, las inferencias comparativas científicamente razonables y en general todos los estudios llevados a cabo por los arqueólogos y demás expertos



vinculados con el patrimonio arqueológico y la ciencia histórica.⁵

Definido este término, se puede entender con mayor claridad lo que se va a explicar a continuación. Las estructuras en las que se les aplicó este proceso fueron dos pozos de tirador y el tramo de trinchera que los unía. No se realizó la reconstrucción virtual del fortín por su buen estado de conservación, casi similar al de los tiempos de la guerra. Para poder generar estos modelos tridimensionales de una manera científica y con las correctas medidas se siguieron las pautas que se plantean en el artículo de “La fortificación de campaña en la Guerra Civil Española”, escrito por Jacinto Arévalo. De este modo, los modelos que ya se habían generado de manera tridimensional con anterioridad fueron esculpidos de manera virtual en el programa Blender para que la geometría alcanzase las medidas deseadas. Además, en el modo esculpido, una vez que adquirieron las dimensiones que podrían haber tenido durante el conflicto bélico, se recreó, para dar un mayor realismo, las posibles marcas que los picos que hubiesen dejado en el terreno. Posteriormente, se crearon sacos terreros, en el caso de los pozos de tirador, mediante la edición geométrica y se trató de darlos el mayor realismo posible. Igualmente, se añadió la misma vegetación que en los anteriores modelos tridimensionales.



Fig. 3. Proceso de la reconstrucción virtual de uno de los pozos de tirador de la ladera sur de Los Yesares. Elaboración de los autores.

Una vez obtenido el modelo 3D, se le añadió una textura obtenida de las fotografías que se usaron para el levantamiento fotogramétrico y, en el caso de los sacos terreros, se obtuvo una textura libre de derechos. Por último, se procedió,

⁵ V. M. LÓPEZ-MENCHERO BENCHIDO y A. GRANDE: “Hacia una Carta Internacional de Arqueología Virtual, el borrador SEAV”. *Virtual Archaeology Review*, Vol. 2, Nº4, 2011, p.72.



al igual que en los anteriores modelos, a renderizar la escena para obtener un mayor realismo.



Fig. 4. Resultado del renderizado de la reconstrucción virtual de uno de los pozos de tirador de la ladera sur de Los Yesares. Elaboración de los autores.

Al finalizar el proceso de generación de los modelos tridimensionales se hizo una campaña de difusión, como la presentación de diversas comunicaciones en congresos o el diseño de pósteres. En estos últimos se diferenció entre las estructuras bélicas y los materiales de prospección. Para provocar una mayor interacción entre estos y el público se implementó en ellos realidad aumentada mediante el programa Aurasma.

Para implementar la realidad aumentada se generaron vídeos de las estructuras y de los materiales en el propio *software* Blender con la escena renderizada, para apreciar de este modo los diferentes ángulos de los modelos y conseguir que el espectador tenga una experiencia directa con estos. Además, en los propios pósteres se añadió un código QR en el que se accedía a un visor web donde se puede acceder a la mayoría de los modelos tridimensionales. De este modo, se consigue que la interacción del público sea en la mayor totalidad posible.



La aplicación de estas tecnologías a los propios pósteres, o la posterior divulgación en los visores web, ha permitido un mayor acercamiento al yacimiento por parte de un público no especializado en la Arqueología o en el campo científico. Así, se consiguió cumplir uno de los objetivos fundamentales del proyecto, que era tanto la divulgación. Además, esta consiguió que los resultados se dieran a conocer y se acercasen de una forma que, de otro modo, no hubiese sido posible con tanta rapidez.



Fig. 5. Póster de “Estructuras bélicas de la Guerra Civil Española en Los Yesares, Pinto. Elaboración de los autores.

Conclusión

Como hemos visto, las nuevas tecnologías son un elemento más del método arqueológico. Ante todo, volvemos a insistir en que no deben entenderse como un sustitutivo de las técnicas tradicionales, pues estas han sido la base para todos los planteamientos que se han realizado en este proyecto. Sobre estos fuertes cimientos hemos podido levantar el resto de la estructura —recoger gran cantidad de información, esbozar diferentes hipótesis, mostrar reconstrucciones, etc.—, pero siempre bajo el amparo de los planteamientos introducidos por la ciencia arqueológica y su método.

Por otro lado, queremos resaltar el carácter interdisciplinar⁶ que presentan las nuevas tecnologías, ya que la combinación de las diversas técnicas y procesos llevan no solo a la cooperación entre los propios científicos, sino que rompe la barrera

6 L. RICO CANO: “La difusión del patrimonio a través de las nuevas tecnologías: nuevos entornos para la educación patrimonial histórico-artística”. Formación de la ciudadanía: las TICs y los nuevos problemas, 2004, p. 117.



del tiempo y del espacio, permitiendo una rápida y efectiva comunicación. Nos encontramos en un momento clave de nuestra historia, donde las nuevas tecnologías aplicadas a la Arqueología o a la propia musealización marcarán un antes y un después. De este modo, se establece un puente entre el pasado, presente y futuro, con el objetivo común de la preservación del patrimonio más allá del tiempo.⁷

La creación de espacios virtuales lleva a nuevas posibilidades didácticas hacia el público general. Además, esta puede ser un apoyo fundamental a la hora de representar las diferentes hipótesis que se plantean los investigadores a la hora de tratar con el patrimonio arqueológico.⁸ Todo ello hemos de tenerlo muy en cuenta a la hora de realizar nuestras infografías y planteamientos.

La Arqueología tiene un ciclo de trabajo que, aunque muchas de las personas externas a ella lo ignoran, va más allá de la simple excavación. Es un amplio desarrollo de la que este elemento es únicamente un breve recurso, ni mucho menos el principal. Se ha de considerar que desde la documentación inicial hasta la divulgación final de los resultados obtenidos es un proceso completo. Esto es algo que, incluso, algunos de nosotros como profesionales tendemos a olvidar. Debemos recalcar la importancia de este último punto, pues en nuestras manos se encuentran los restos del pasado y la historia, de los cuales, por supuesto, no somos dueños. Hemos de tratar, ante todo, hacer perdurar esta información y devolverla a la sociedad como verdadera parte de su propio legado.

Bibliografía

- D. VIZCAÍNO LEÓN, J. J. BIENES CALVO, E. BRAVO HINOJO y J. M. SOLER: "La reconstrucción virtual del patrimonio arqueológico al servicio de la divulgación y puesta en valor de la Villa Romana de Liédana (Navarra, España)", *Virtual Archaeology Review*, Vol. 4, Nº 8, 2013, p. 104-108.
- F.J. LÓPEZ FRAILE: "La infografía 3D como sistema de documentación y divulgación". *Técnicas aplicadas a la Arqueología. Estudios de diseño gráfico*, 2007, p. 429-444.
- J.A. FERNÁNDEZ, L. GÓMEZ y V. QUIROSA: "El patrimonio intangible. Infografía para preservar la memoria del pasado". *Arqueoweb. Revista sobre Arqueología en internet*. Nº 12, 2009.
- J.M. ARÉVALO: "La fortificación de campaña en la Guerra Civil Española". *Revista de Historia Militar*, 98, 2005, p. 181-221.

7 D. VIZCAÍNO LEÓN, J. J. BIENES CALVO, E. BRAVO HINOJO y J. M. SOLER: "La reconstrucción virtual del patrimonio arqueológico al servicio de la divulgación y puesta en valor de la Villa Romana de Liédana (Navarra, España)", *VAR*, Vol. 4, Nº 8, 2013, p. 105.

8 S. RASCÓN MARQUÉS y A. L. SANCHÉZ MONTÉS: "Las nuevas tecnologías aplicadas a la didáctica del patrimonio". *Pulso: revista de educación*, Nº 31, 2008, p. 74.



- J. M. RODRÍGUEZ HIDALGO: "De la reconstrucción tradicional a la virtual. Una visión desde la Arqueología". *Virtual Archaeology Review*, Vol. 1, Nº 1, 2010.
- J.M. TEJADO SEBASTIÁN: "Escaneado en 3D y prototipado de piezas arqueológicas: las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del patrimonio arqueológico". *Iberia: Revista de la Antigüedad*, Nº8, 2005, p. 135-160.
- S. RASCÓN MARQUÉS y A. L. SANCHÉZ MONTÉS: "Las nuevas tecnologías aplicadas a la didáctica del patrimonio". *Pulso: revista de educación*, Nº 31, 2008, p. 67-91.
- V. M. LÓPEZ-MENCHERO BENCHIDO y A. GRANDE: "Hacia una Carta Internacional de Arqueología Virtual, el borrador SEAV". *Virtual Archaeology Review*, Vol. 2, Nº4, 2011, p.71-75.

