

ACTAS de las II JORNADAS de Museos y Colecciones Museográficas Permanentes de la Comunidad Valenciana

NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA GESTIÓN TURÍSTICA DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO

3-4 de marzo de 2017 · l'Alfàs del Pi (Alicante)

Carolina Frías Castillejo y
José Antonio López Mira (eds)



ACTAS

II JORNADAS
de Museos y Colecciones
Museográficas Permanentes
de la Comunidad Valenciana

NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA GESTIÓN TURÍSTICA DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO

3-4 de marzo de 2017 · l'Alfàs del Pi (Alicante)

ORGANIZAN

Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esport -
Dirección General de Cultura y Patrimonio
Agència Valenciana de Turisme
Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi (Alicante)

COLABORA

Universidad de Alicante

COORDINACIÓN

Carolina Frías Castillejo y José Antonio López Mira

COMITÉ CIENTÍFICO

Carolina Frías Castillejo (Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi)
José Antonio López Mira (Dirección General de Cultura)
Jaime Molina Vidal (Universidad de Alicante)
Javier Muñoz Ojeda (Universidad de Alicante)

ACTAS

Edición: Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi
Diseño y maquetación: Andrés Díaz de Miguel
Impresión: Gráficas Cervantes (Alicante)

ISBN: 978-84-697-7374-1
Depósito legal: A-398-2017

ÍNDICE DE PONENCIAS Y COMUNICACIONES

PONENCIA INAUGURAL

- Virtualizar un yacimiento para interpretar el pasado. La guía interactiva de realidad aumentada del Museo al Aire Libre Villa Romana de l'Albir, Javier Esclapés Jover, Carolina Frías Castillejo y Jaime Molina Vidal 14

VIRTUALIZACIÓN DEL PATRIMONIO

PONENCIAS

- Patrimonio Virtual: aplicación práctica del uso de nuevas tecnologías a la documentación y puesta en valor del patrimonio, Javier Esclapés Jover, Daniel Tejerina Antón, Laia Fabregat Bolufer, Jaime Molina Vidal, Francisco Javier Muñoz Ojeda 28
- Nuevas tecnologías al servicio de la difusión y socialización del arte rupestre del Arco Mediterráneo de la Península Ibérica, Juan Francisco Ruiz López 38
- La fotogrametría como herramienta para la documentación arqueológica: el formato tridimensional y su capacidad para la comunicación arqueológica, Marco Aurelio Esquembre Bebia y José Ramón Ortega Pérez 54
- Fotogrametría de restos arqueológicos subacuáticos. El modelo del Pecio Bou Ferrer, José Antonio Moya Montoya y Francisco Javier Muñoz Ojeda 70

COMUNICACIONES

- Detección, registro y análisis de yacimientos mediante el uso de drones: las alquerías islámicas de Albacete, José Luis Simón García, Ignacio Segura Martínez y Fernando Simón Oliver 82
- El empleo de las nuevas tecnologías como herramienta multidisciplinar en el Museo Paleontológico de Elche, Ainara Aberasturi Rodríguez, Ignacio Fierro Bandera, Daniel Vidal y José Manuel Marín Ferrer 91
- Recursos virtuales para mostrar el patrimonio arqueológico y monumental de Petrer (Alicante), Fernando F. Tintero Fernández y Eloi Poveda Hernández 98
- Demostradores Tecnológicos en el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, Carmen Bachiller Martín 106

ÍNDICE DE PONENCIAS Y COMUNICACIONES

APPS, NUEVAS TECNOLOGÍAS Y GESTIÓN TURÍSTICA

PONENCIAS

Patrimonio y redes sociales: una alternativa para la divulgación, Mario Agudo Villanueva	112
Accesibilidad al patrimonio en las nuevas tecnologías, Paula Doncel Recas	120
Tecnologies geoespaciales aplicadas a l'arqueologia del paisatge, Ignasi Grau Mira	128
Nuevas tecnologías aplicadas a la gestión turística del patrimonio, Rosario Navalón García	140

COMUNICACIONES

Turisteando por nuestra ciudad, esa gran desconocida. "La llave de Elda", entre el patrimonio y la educación, Ana María Esteve López	155
Hacer accesible el patrimonio inmaterial. El proyecto del Museu Oral d'Agost, Jesús Peidro Blanes y Antonia López Abril	165
Itinerarios autoguiados: "memoria de arena", Francisco Javier Parrés Moreno	175

PATRIMONIO VIRTUAL: APLICACIÓN PRÁCTICA DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS A LA DOCUMENTACIÓN Y PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO

Jaime Molina Vidal, Javier Esclapés Jover, Daniel Tejerina Antón,
Laia Fabregat Bolufer y Francisco Javier Muñoz Ojeda¹

1. INTRODUCCIÓN

Patrimonio Virtual es un equipo multidisciplinar de la Universidad de Alicante, formado, por un lado, por profesorado y personal investigador (motivado por la aplicación de tecnologías emergente al Patrimonio) y, por otro, profesionales del ámbito de la ingeniería, la arqueología y la arquitectura que han desarrollado su experiencia laboral en el sector privado. Este equipo nace con el propósito de dar solución a la necesidad de integrar las últimas tecnologías en la documentación, investigación y puesta en valor del Patrimonio Cultural. Este puente entre ambos campos tan aparentemente opuestos (tecnología y patrimonio), se cimienta sobre tres líneas básicas: la investigación y el desarrollo de nuevas herramientas, su aplicación en proyectos de ámbito patrimonial y la divulgación de nuestra experiencia a través de la formación a profesionales dedicados al Patrimonio Cultural.

Una de nuestras prioridades es desarrollar las herramientas open source -programas de código abierto- y siempre que sea posible de licencia gratuita, en la medida en que puedan representar alternativas al software comercial, que consideramos igualmente válido. De este modo, en 2011 la aparición de programas de fotogrametría digital dirigidos al gran público, con interfaces más accesibles, coincidió con la eclosión de Blender, un software de edición 3D open source y de licencia gratuita que permitía obtener resultados profesionales.

Con el desarrollo de una oferta formativa universitaria on line sobre la virtualización del patrimonio se facilitó la expansión de estas herramientas entre especialistas dedicados a la arqueología, la arquitectura o la ingeniería. Tras seis años en que la formación se ha consolidado y crecido, llegando a ofertar el primer Máster en Patrimonio Virtual de carácter on line, se ha generado una auténtica comunidad de

profesionales en Virtualización del Patrimonio y Restauración Virtual. Dicha comunidad ha incorporado y normalizado el uso de herramientas como la fotogrametría digital al flujo habitual en la documentación arqueológica.

El equipo de Patrimonio Virtual ha realizado numerosos proyectos con el objetivo fundamental de probar y experimentar la aplicabilidad de las herramientas de virtualización al ámbito de la documentación, gestión y la divulgación del patrimonio arquitectónico, arqueológico e histórico.. De esta forma, el ámbito formativo universitario dirigido al long life learning , se ha ido retroalimentando de los resultados obtenidos en el desarrollo de los proyectos de investigación y a su vez, se han ido estableciendo colaboraciones, tanto a nivel nacional como internacional, para poder aplicarlos de forma práctica.

2. PROYECTOS

2.1. Guía interactiva de Realidad Aumentada para el Museo al Aire Libre Villa Romana de l'Albir (l'Alfàs del Pi, Alicante).

Tras un trabajo de recuperación, excavación y puesta en valor del sitio arqueológico conocido como Villa Romana de l'Albir nos propusimos el reto de ofrecer un nuevo modo de visitar y sumergirnos en la recreación virtual del conjunto termal. Con este objetivo, se desarrolló la guía interactiva de Realidad Aumentada del Museo al Aire Libre Villa Romana de l'Albir que permite -mediante el uso de un iPad- visualizar virtualmente la arquitectura original sobre los restos arqueológicos y ofrecer un recorrido para comprender el funcionamiento de cada una de las estancias de las termas.

Resulta fundamental señalar aquí que la guía de realidad aumentada fuese elaborada como un proyecto de investigación

desarrollado desde la propia Universidad de Alicante, siempre en colaboración y financiado por el Ayuntamiento de l'Alfas del Pi. En dicho proyecto multidisciplinar intervinieron arqueólogos, arquitectos, ingenieros, programadores y especialistas en musealización (FRÍAS CASTILLEJO, 2013: 177-184). Sobre la base de los trabajos arqueológicos se procedió a un estudio de las estructuras, así como su interpretación histórico-arqueológica para, bajo el atento asesoramiento de la arquitecta Laia Fabregat Bolufer (FABREGAT BOLUFER, 2012: 45-48), proceder a un levantamiento hipotético de los alzados y cubiertas no conservados. Esto sirvió de base para crear el modelo 3D del espacio arqueológico recreado, pasando en este punto a la inserción del mismo en la aplicación de Realidad Aumentada.

La Realidad Aumentada es una tecnología que unifica en una misma pantalla el mundo real con el virtual, permitiendo mezclar dos épocas, la actual (real) y la histórica (virtualizada), dando como resultado una iniciativa única e innovadora. Esta tecnología cada vez más se está aplicando en los museos y el patrimonio, pero el Museo al Aire Libre de la Villa Romana de l'Albir fue pionero en la implementación directa sobre los restos arqueológicos en el propio yacimiento y mediante el uso de dispositivos móviles.

Desde el principio la viabilidad del proyecto estuvo condicionada por la tecnología, uno de los primeros inconvenientes

a solucionar para la implementación de la aplicación de Realidad Aumentada al aire libre fue la ausencia de cobertura GPS, no pudiendo servirse de esta tecnología para la ubicación de los modelos en su lugar correcto. Por otro lado, el correcto funcionamiento de la aplicación estuvo condicionado por la combinación de la iluminación natural y los aspectos meteorológicos. De forma paralela a la resolución de estos problemas se confeccionó la narrativa que acompaña al visitante por el itinerario del museo para la comprensión de los distintos escenarios creados y que serían mostrados mediante el dispositivo móvil. De forma adicional, la aplicación se confeccionó en cuatro idiomas (castellano, valenciano, inglés y noruego), destacando su alta usabilidad y sencillez gráfica, lo que ofrece al visitante un excelente experiencia de usuario (figura 1).

2.2. Virtualización de una granja romana: el Clot de Galvany

En el caso de El Clot de Galvany (Elche) también se planteó un proyecto integral, desde la fase inicial de excavación de un yacimiento arqueológico hasta su restauración y puesta en valor mediante ilustraciones que recreasen los distintos momentos de uso del yacimiento.

Situado en el territorium de Ilici, en el paraje de El Clot de Galvany (Elche) (MOLINA VIDAL, 2015), junto a un humedal de tierras pobres, presentamos una granja

Figura 1.
Vista de la guía interactiva sobre los restos arqueológicos del Museo al Aire Libre Villa romana de l'Albir





Figura 2.
Vista de uno de los paneles con infografía 3D del Clot de Galvany

romana (ss. I-III d.C.), que tras su abandono en el s. XVII volvió a ser ocupada en forma de ermita. Tras llevar a cabo su excavación, estudio, consolidación y puesta en valor, se hizo necesario la instalación de una señalética con infografías 3D que recreasen los dos momentos de uso del sitio arqueológico.

Tras un minucioso estudio de los restos conservados se acometió su virtualización, tanto de la modesta granja romana como de la ermita del s. XVII que se construyó encima. Sin duda alguna la reconstrucción de la estructura romana supuso todo un reto por dos motivos: el mal estado de conservación de los restos conservados y la ausencia de paralelos de este tipo de estructuras en la bibliografía especializada. Estos dos problemas obligaron al equipo de arqueólogos y arquitectos de Patrimonio Virtual a formular diversas hipótesis antes de llegar al modelo definitivo.

Es imprescindible señalar lo importante que resulta a la hora de elaborar la memoria explicativa del proceso establecer un protocolo de actuación que garantice el registro científico de cada una de las decisiones tomadas. El alzado propuesto, los materiales usados, la apertura de vanos superiores, tipologías de cubiertas, etc., todo ello debe argumentarse sobre evidencias de índole diverso: restos con-

servados, bibliografía existente, paralelos arqueológicos o etnográficos o la lógica constructiva y funcionalidad contrastada por especialistas.

En esta fase del proyecto fue necesario crear un protocolo estándar que documentase cada una de las decisiones tomadas para virtualizar la estructura, recogiendo las diferentes decisiones en una ficha que denominamos Unidad Reconstructiva (UR) (MOLINA VIDAL-MUÑOZ OJEDA, 2015). Del modo más descriptivo y estandarizado posible, estas fichas recogen una explicación razonada de cada una de las decisiones tomadas en la reconstrucción, proporcionando así a la virtualización un respaldo documental que permite a cualquier investigador comprender las decisiones tomadas.

Tras la virtualización de los dos espacios constructivos se procedió a una selección de vistas y la maquetación de los paneles que se colocarían una vez finalizada la consolidación de las estructuras y su acondicionamiento para la visita. Es en este punto donde intervienen los especialistas en la musealización de espacios arqueológicos, ideando los recorridos más adecuados, la creación de paneles y la redacción de los textos que acompañan al visitante en su recorrido, para la comprensión de los restos arqueológicos visitados (figura 2).

2.3. Documentación de un yacimiento arqueológico mediante fotogrametría digital: Aypate (Perú)

A pesar de que la experiencia arqueológica de Patrimonio Virtual se desarrolla fundamentalmente en culturas del Mediterráneo, nos pareció realmente interesante poder colaborar en el proyecto que se está llevando a cabo en la ciudad inca de Aypate. La aplicación de las nuevas tecnologías al registro arqueológico y la puesta en valor del Patrimonio Cultural debe adaptarse a cualquier tipo de proyecto patrimonial, sea cual sea la cultura que lo haya gestado.

Este proyecto nació y se desarrolló con un doble objetivo: la aplicación de nuevos métodos y técnicas sobre el Patrimonio Cultural en Perú y, la extensión del uso de todas estos recursos entre los profesionales latinoamericanos.

La intervención se centró Complejo Arqueológico de Aypate (Ayabaca, Piura, Perú), en la sierra de Ayabaquina de Piura, uno de los yacimientos mejor conservados de la cultura incaica del norte de Perú. Desde el año 2011 diferentes instituciones y profesionales -peruanas y españolas- aunaron sus esfuerzos para llevar a cabo un estudio patrimonial y arqueológico pormenorizado de su ciudadela, creando de este modo un equipo multidisciplinar internacional.

La arquitectura de Aypate cuenta con una zona monumental en la que se han documentado mediante fotogrametría digital algunas de las edificaciones más características y representativas de estas ciudades incas: la Kallanka, el Ushnu y el Acllahuasi. La plaza central (considerada el lugar de reunión de la población) ocupa una extensión de unos 2.400 m² y alrededor de ella se sitúan los edificios más importantes hasta ahora documentados. Además, cuenta con una gran escalinata situada en el lado occidental que permitía el acceso a la zona superior, donde se encontraba el Ushnu (estructura piramidal compuesta por tres terrazas superpues-

tas que funcionaba como pozo de ofrendas). Junto al lado occidental de la plaza central de Aypate se construyó otro de los edificios emblemáticos de la zona monumental, la Kallanka (edificación rectangular, con función de alojamiento colectivo). Por último, localizado al sur del complejo arqueológico, se documentó el espacio con mayores dimensiones localizado hasta el momento: el Acllahuasi (recinto destinado a albergar a las acllas o escogidas del Inca y en el que tenían lugar diversas actividades: productivas, de culto o ceremoniales).

Desde el año 2012 se creó un grupo de trabajo internacional en colaboración con el Ministerio de Cultura del Perú (Proyecto Qhapaq Ñan), Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, la Universidad Nacional de Piura, la Universidad Autónoma de Madrid, y la Fundación Educación y Desarrollo, entre otros. El objetivo era realizar un estudio histórico-arqueológico de la ciudadela y cuyos resultados se materializaron en la exposición temporal: "Aypate: un presente con pasado y futuro" (Museo Vicús, Piura) en noviembre de 2013.

A partir de ese momento se incorporó la Universidad de Alicante a través del grupo de investigación Patrimonio Virtual al grupo de investigación multidisciplinar con la intención de intervenir en dos fases del trabajo: por un lado, en el registro arqueológico y documentación del propio yacimiento y, por otro, en la musealización de los restos conservados así como la introducción de nuevas tecnologías en el museo (que acabará alojando los restos aparecidos en dicho yacimiento).

Finalmente, el trabajo de Patrimonio Virtual consistió en la documentación mediante fotogrametría digital del sitio arqueológico y en la generación de ortofotomágenos empleadas en la elaboración de la planimetría (plantas, alzados y secciones) de las diferentes estructuras. Todo ello permitió llevar a cabo el estudio arquitectónico de los restos conservados en el yacimiento arqueológico, lo cual



Figura 3. Resultado final de ortoimagen obtenida mediante fotogrametría digital tras los trabajos llevados a cabo en Aypate

fue fundamental para conocer y analizar las distintas intervenciones de consolidación que se habían realizado y proyectar posteriores intervenciones arqueológicas. Algunos de los modelos 3D pueden visualizarse desde el perfil de Patrimonio Virtual en el repositorio Sketchfab, permitiendo al público disfrutar y conocer el potencial que encierra este gran yacimiento arqueológico (figura 3).

2.4. Documentación de un yacimiento arqueológico subacuático: Pecio Bou-Ferrer (La Vila Joiosa)

La documentación de un yacimiento arqueológico subacuático resulta todo un reto, al tratarse de un ámbito tradicionalmente ajeno a la aplicación de estas técnicas creadas para espacios físicos terrestres. Pero en 2014, tras contrastar la eficacia del software PhotoScan de Agisoft y contar con la capacidad más que contrastada del equipo que llevaba a cabo la excavación del pecio Bou-Ferrer, decidimos implementar en el flujo de documentación el uso de fotogrametría digital subacuática. El yacimiento planteaba

toda una serie de dificultades añadidas al medio en el que se encontraba: su profundidad (30 metros), con los consecuentes problemas de iluminación, y la habitual turbidez del agua por su cercanía a una piscifactoría y a la costa.

Precisamente la profundidad a la que se encuentra el yacimiento limitaba enormemente los tiempos efectivos de trabajo y excavación. Por lo que se imponía la necesidad de desarrollar métodos alternativos de documentación de las actividades arqueológicas que las agilizaran, liberando a los arqueólogos de determinadas tareas para permitirles intensificar la excavación. De este modo, en las intervenciones de los años 2014 y 2015 se realizó un registro tridimensional fotogramétrico para la obtención de modelos 3D y ortofotografías de precisión métrica, como complemento de las planimetrías y trabajos de documentación tradicionales. Gracias a la experiencia adquirida y los resultados obtenidos, la planimetría de la campaña 2016 se realizó íntegramente con técnicas de fotogrametría digital, documentando tres fases de la excavación.

Así fue como -siempre en plena colaboración con el equipo de excavación, de forma especial con J. A. Moya- se estableció un protocolo para sustituir definitivamente la documentación gráfica tradicional por la fotogrametría digital, teniendo en cuenta que “ante cualquier proyecto de restitución fotogramétrica subacuática es necesaria una primera evaluación del yacimiento y de las condiciones físicas reales” (MOYA-MUÑOZ, 2017). En el proyecto del pecio Bou Ferrer se dan las siguientes circunstancias: está localizado sobre un fondo a 24,5 metros de profundidad pero la parte inferior del yacimiento supera los 27 metros de profundidad; las aguas son generalmente turbias y la morfología del yacimiento, en su estado actual, es muy compleja y dificulta la captura de imágenes. La mayoría de autores coincide en señalar que la fase de captura en fotogrametría supone un 70% en el flujo de trabajo completo, frente a un 30% del resto del proceso. En el portal *Historic England*², sobre patrimonio cultural, afirman que “en fotogrametría, la calidad de los resultados depende casi totalmente de la calidad de la captura. La mala fotografía conducirá inevitablemente a resultados inexactos”. Aún así, se refieren siempre a trabajos de campo realizados en tierra, en el medio subacuático las dificultades obligan a estimar este porcentaje por encima del 90% teniendo en cuenta la necesidad de planificación, la alta probabilidad de tener

que realizar réplicas y los fuertes condicionantes del medio marino. Todas estas circunstancias se acentúan en el caso del pecio Bou Ferrer.

La creación de los modelos fotogramétricos permitieron obtener ortoimágenes que han servido de base para la elaboración de plantas estratigráficas así como la ubicación de piezas y elementos constructivos identificados durante la excavación (figura 4).

De forma paralela al trabajo de fotogrametría digital, en el propio yacimiento también se ha documentado la carga de ánforas romanas extraídas (hasta el momento se tiene registro de más de 400 contenedores). Como resultado de esta fase de trabajo, se ha podido acelerar el estudio de la carga extraída del yacimiento arqueológico, permitiendo elaborar los modelos 3D de las ánforas y la planimetría 2D (fundamentalmente, secciones de las piezas) para realizar el estudio tipológico pormenorizado.

2.5. Virtualización de la Villa Romana de Rufio

La villa de Rufio (Giano dell'Umbria, Perugia, Italia), situada en la vía Flaminia, es un gran complejo arqueológico que ocupa una extensión cercana a los 9.000 m² de superficie construida. En 2007 la Universidad de

Figura 4. Ortoimagen obtenida tras el procesamiento del modelo fotogramétrico; vista de la misma ortoimagen, plastificada y siendo usada por arqueólogo en el yacimiento arqueológico del Pecho Bou-Ferrer.

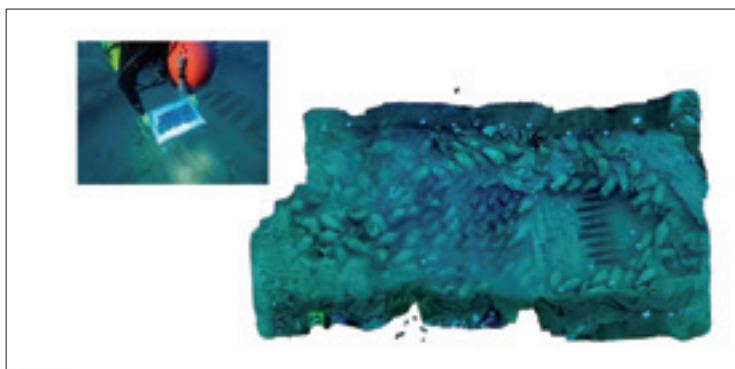




Figura 5.
Vista del modelo 3D creado para la visualización de la villa romana de Rufio

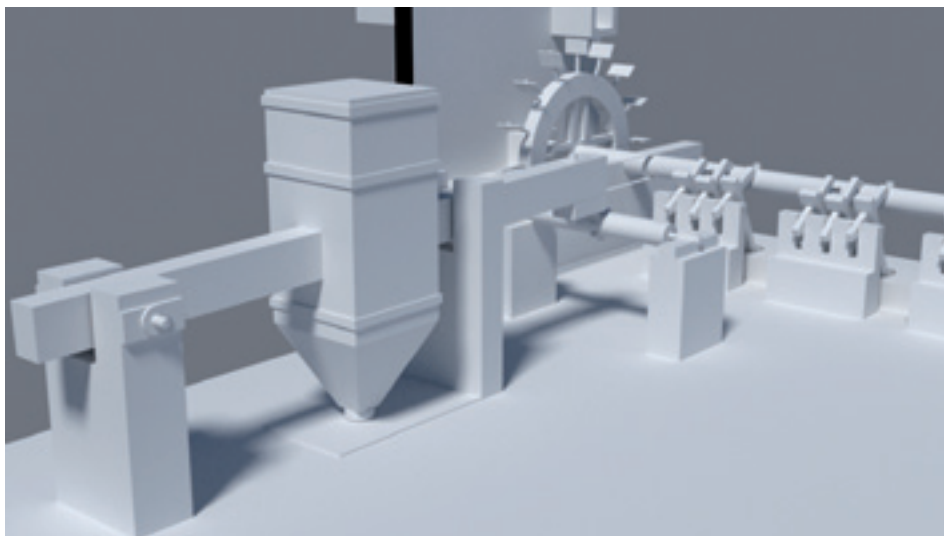
Alicante inició un proyecto de excavación arqueológica cuyo objetivo preferente era el análisis de la evolución de los modelos de producción agrario-mercantil de la economía romana examinando el tipo de mano de obra utilizado preferentemente en época augustea (MOLINA VIDAL *et alii*, 2017). Los resultados de la excavación nos situaron ante el *ergastulum* (alojamiento de esclavos) mejor conservado del imperio romano por lo que se planteó la necesidad de desarrollar virtualización. El objetivo de desarrollar reconstrucciones digitales 3D de los alojamientos serviles no solo era hacer más comprensibles y accesibles los restos encontrados, sino también experimentar el tipo de iluminación, ambiente y contexto en el que se desarrollaría parte de la vida de los esclavos de la villa, tratándose de un edificio semienterrado, con condiciones de salubridad limitadas. El equipo de Patrimonio Virtual tuvo la oportunidad de desplazarse a la localidad italiana de Giano dell'Umbria, en la provincia de Perugia (Umbria), para trabajar in situ en el yacimiento arqueológico. Tras varias campañas de excavación arqueológica, se pudo realizar una extensa fase de documentación 3D mediante fotogrametría digital de estructuras exhumadas y piezas arqueológicas, como la inscripción de Gaius Iulius Rufio, propietario de la villa (LLIDÓ LÓPEZ-MOLINA VIDAL, 2012) y Terminada la fase inicial de documentación se llevó a cabo la optimización del modelo 3D obtenido por medio de la técnica de retopología. En el estudio del conjunto edificatorio se tuvo en cuenta, entre otros factores, su rela-

ción con el entorno –especialmente con la principal vía de comunicación del territorio, conocida como vía Flaminia– y la época en la que fue construido.

Para la propuesta de reconstrucción virtual del volumen completo del edificio, se realizó un estudio de los materiales y técnicas de construcción empleados y de la relación entre las estancias y los patios interiores. A partir de la información proporcionada por los restos hallados y el estudio de fuentes y paralelos, también se plantearon hipótesis para aquellos elementos constructivos hoy no conservados, como la altura de los muros o la compleja distribución de las cubiertas, entre otros. En esta fase de planteamiento y análisis de viabilidad de las diferentes hipótesis se realizó el levantamiento planimétrico 2D, haciendo especial hincapié en las plantas del conjunto lo que permitió el planteamiento de accesos, controles, presencia de huecos de paso y ventilación en función de la posición de los distintos patios interiores, estudio del recorrido de la instalación de recogida de aguas, etc.

Finalmente se llevó a cabo la reconstrucción 3D del edificio completo al cual se le aplicaron –tras un profundo y riguroso estudio– los diferentes materiales y sus patologías. El modelo se completó con otros elementos presentes en la villa, tales como el agua (en el canal exterior de recogida de agua de lluvia del atrio) o la vegetación (como la hierba presente en los patios interiores) (figura 5).

Figura 6.
Vista de la recreación de la rueda hidráulica para molino papelerero.



2.6. Recreación 3D del funcionamiento mecánico de una rueda hidráulica. Museo Valencià del Paper. Banyeres de Mariola (Alicante)

La virtualización del patrimonio no sólo debe centrarse en la recreación de grandes espacios arqueológicos, sino que puede acercarnos a nuestro pasado más cercano a través de la arqueología industrial o la etnografía. Este es el caso del proyecto realizado inicialmente en cooperación con el Museu Valencià del Paper (Banyeres de Mariola, Alicante). Inicialmente, el proyecto contemplaba únicamente la recreación 3D de la rueda hidráulica para explicar el funcionamiento de la misma dentro del molino papelerero. Sin embargo, de acuerdo con la dirección del museo, se decidió llevar a cabo un proyecto más amplio que incluyera, además de la rueda, el resto de componentes necesarios para la fabricación del papel. Este sistema se completa con el elemento principal para la puesta en marcha del molino: el agua.

En su origen, el molino papelerero de Banyeres de Mariola era un molino harinero que cambió de uso, convirtiéndose en una fábrica de papel. Por este motivo, el edificio ha conservado la pieza principal: la rueda que, a partir de la transformación

del molino, serviría para poner el funcionamiento el árbol de levas. Este mecanismo está formado por tres elementos principales: la viga de grandes dimensiones y sección circular directamente conectada a la rueda y que gira con la rotación de la misma, los martillos que están en constante movimiento como consecuencia del giro de la viga, y las pilas de desfibrado en cuyo interior se encuentra la materia prima para la fabricación de la pasta de papel. Por otro lado, vinculada también al giro de la rueda, se encuentra la prensa, consistente en un gran martinete que golpea de forma constante la pasta de papel hasta obtener las finas láminas que posteriormente pasarán al espacio de secado.

En la fase de modelado de la rueda, al tratarse de un elemento de grandes dimensiones y dado que se buscaba un acabado realista, se estudió la forma, posición y tamaño de cada una de las piezas de madera que, ensambladas mediante tornillería y pasadores, permiten el montaje final de la rueda.

Una de las partes más importantes de este proyecto fue la creación e interacción del fluido (agua) que, accediendo a través de una acequia superior, cae sobre la rueda. Este movimiento de caída

del agua es la fuente de energía que, al impactar contra las palas de la rueda, acciona el movimiento del molino. Dicho fluido es recogido en un canal inferior, que decidimos representar “seccionado” para poder mostrar así el caudal del agua tras pasar por la rueda.

Para generar y coordinar los diferentes movimientos entre la rueda (con un movimiento uniforme de rotación), el árbol de levas y el martinete (con movimientos de golpeo continuos) se utilizó el motor de físicas de Blender, aplicando restricciones de movimiento a los diferentes elementos y teniendo en cuenta parámetros fundamentales para crear el funcionamiento real, como son la gravedad, la colisión y la masa de cada cuerpo que interviene en el proceso de creación del papel.

En la fase de texturizado se crearon y apli-

caron los materiales reales de la estancia del molino, con sus patologías propias generadas con el paso del tiempo y el uso, tales como manchas de humedad, salpicaduras de pasta de papel, desconchados y pérdida de revestimiento en las paredes, etc. En la rueda y resto de mecanismos se aplicaron las diferentes maderas (en las palas, ejes, vigas,...), se crearon los elementos metálicos de refuerzo y anclaje y se representaron también las piezas de material pétreo (como son las pilas donde reposa la materia prima de la pasta de papel).

Finalmente se elaboró una secuencia de animación que, mostrando el funcionamiento de cada una de las partes del molino, será proyectada en bucle formando parte del recorrido museográfico del Museu Valencià del Paper en el que se encuentra expuesta (figura 6).

BIBLIOGRAFÍA

- ESCLAPÉS, J., TEJERINA, D., ESQUEMBRE, M. A., BOLUFER, J., 2013: “Propuesta metodológica para la generación de recorridos virtuales interactivos”, *VAR*, Vol. 4-9.
- FABREGAT BOLUFER, L., TEJERINA ANTÓN, D., MOLINA VIDAL, J., FRÍAS CASTILLEJO, C., 2012: “Anastilosis virtual con Blender: las termas del yacimiento Villa romana de L’Albir (L’Alfàs del Pi, Alicante)”, *VAR*, Vol. 3-6, p. 45-48
- FRÍAS CASTILLEJO, C., BARREIROS MORAIS, L., MOLINA VIDAL, J., 2013: “La musealización de las termas de la villa romana de L’Albir (L’Alfàs del Pi, Alicante)”, *IV Congreso Internacional de musealización de yacimientos arqueológicos y patrimonio: “Arqueología, Patrimonio y Paisajes históricos para el s. XXI”*, pp. 177-185
- GRAU MIRA, I., MOLINA VIDAL, J., 2011: “La villa de Rufio (Giano dell’Umbria, Italia): el pabellón de servicio y las áreas periféricas”, *Excavaciones en el exterior 2010. Informes y trabajos 7*, pp. 159-165.
- LLIDÓ LÓPEZ, F., MOLINA VIDAL, J., 2012: “Gaius Iulius Rufio propietario en la vía Flaminia, entre Suetonio y la epigrafía”, *Epigraphica LXXIV*, pp. 75-82
- MOLINA VIDAL, J., 2015: “Poblamiento rural en el *territorium* de Ilici: la granja romana del Cabezo-Clot de Galvany (Elx, Alacant)”, *SAGUNTUM*, 47, pp. 105-120.
- MOLINA VIDAL, J., GRAU MIRA, I., LLIDÓ LÓPEZ F.- ÁLVAREZ TORTOSA J. F., 2017: “Housing slaves on Roman estates: a proposed *ergastulum* at the Villa of Rufio (Giano dell’Umbria)”, *JRA*, 30.
- MOLINA VIDAL, J., MUÑOZ OJEDA, F. J., 2015: “UR data sheet (Units of Reconstruction/Recreation)”, RUA <<http://hdl.handle.net/10045/46206>>
- MOYA MONTOYA, J. A., MUÑOZ OJEDA, F. J., 2017: “Fotogrametría de restos arqueológicos subacuáticos. El modelo del pecio Bou Ferrer”, (*en este mismo volumen*)