

Tecnologías digitales aplicadas al patrimonio universitario

Francisco Javier Melero Rus | Dpto. Lenguajes y Sistemas Informáticos,
Universidad de Granada. Instituto DaSCI

URL de la contribución <www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/5642>

RESUMEN

El patrimonio universitario es un campo de pruebas ideal para el desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras. El intercambio de experiencias, conocimiento y proyectos entre las distintas áreas del saber que se produce en los campus universitarios es el caldo de cultivo fértil para aplicar los últimos avances tecnológicos al patrimonio universitario en su más amplio espectro. Desde las tecnologías 3D, aplicables a documentación y divulgación de los bienes mueble e inmueble, hasta la vertiginosa disrupción de la inteligencia artificial en los últimos años, nos encontramos en un contexto en el que la tecnología permite incrementar la accesibilidad del patrimonio, realizar investigaciones novedosas que manejen una mayor cantidad de datos, o incluso comprender documentos que hasta hace poco resultaban ininteligibles.

Las universidades, como generadoras y transmisoras del conocimiento universal, no permanecen ajenas a esta revolución tecnológica, y pueden aprovechar estos avances para dar un paso más en la cuarta misión de la universidad: la difusión del conocimiento y la cultura a través de la extensión universitaria. En este artículo se hace un somero repaso por gran parte de estas tecnologías, mostrando casos de uso en contextos universitarios y se apuntan algunas propuestas de retos y oportunidades que se presentan.

Palabras clave

Impresión 3D | Inteligencia artificial | Patrimonio inmueble | Patrimonio mueble | Realidad aumentada | Realidad virtual | Tecnología | Web |



Digital technologies for university heritage

ABSTRACT

University heritage is an ideal testing ground for the development of innovative technological solutions. The exchange of experiences, knowledge, and projects between the different areas of study that takes place on university campuses is a fertile breeding ground for applying the latest technological advances to university heritage in its broadest spectrum. From 3D technologies, applicable to the documentation and dissemination of movable and immovable assets, to the dizzying disruption of artificial intelligence in recent years, we find ourselves in a context in which technology makes it possible to increase the accessibility of heritage, to carry out innovative research that handles a greater amount of data, or even to understand documents that until recently were unintelligible. Universities, as generators and transmitters of universal knowledge, are not oblivious to this technological revolution, and can take advantage of these advances to take a further step in the fourth mission of the university: the dissemination of knowledge and culture through university extension. This article provides a brief overview of most of these technologies, showing cases of use in university contexts and outlining some of the challenges and opportunities they present.

Keywords

3D printing | Artificial Intelligence | Immovable Heritage | Movable Heritage | Augmented reality | Virtual reality | Technology | Web |

Cómo citar: Melero Rus, F.J. (2024) Tecnologías digitales aplicadas al patrimonio universitario. *revista PH*, n.º 113, pp. 170-185. Disponible en: <www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/5642> DOI 10.33349/2024.113.5642

Enviado: 05/06/2024 | **Aceptado:** 23/07/2024 | **Publicado:** 10/10/2024

INTRODUCCIÓN

El patrimonio universitario, material e inmaterial, se enfrenta a retos similares a los de todos los museos y colecciones patrimoniales del mundo, independientemente de su ubicación en países desarrollados o en vías de desarrollo. Son cada vez más las universidades que establecen una gestión profesional y consciente de su patrimonio cultural orientada no solo hacia dentro de la institución, sino también como una labor de extensión universitaria que las convierte en centros neurálgicos de la cultura y el conocimiento en las ciudades donde se ubican sus campus, y a su vez eleva a las instituciones universitarias a una posición de agentes conservadores y divulgadores de la historia, las tradiciones y la cultura de la humanidad.

Entrados en la tercera década del siglo XXI, el patrimonio universitario, por su estrecha relación con todas las disciplinas científicas que conviven bajo la misma institución, se ve influido, apoyado y alentado por la irrupción de las nuevas tecnologías digitales, que aportan nuevos prismas para la documentación, análisis, intervención y difusión de las obras de arte, los sonidos y los elementos que custodian universidades en muchos casos centenarias. Todo ello para contribuir al desarrollo de las múltiples facetas o tareas de los museos y colecciones universitarias: conservar, enseñar, investigar, entretener, etc.

Se expone a continuación una descripción de las principales tecnologías digitales de aplicación en los procesos de documentación, conservación, restauración y difusión del patrimonio. Estas tecnologías serán ilustradas con casos de éxito en el contexto universitario, y se propondrán aplicaciones aún poco exploradas. No cabe duda de que lo expuesto es de directa aplicación a cualquier otra colección museística, museo o centro de interpretación, ya sea universitario o no.

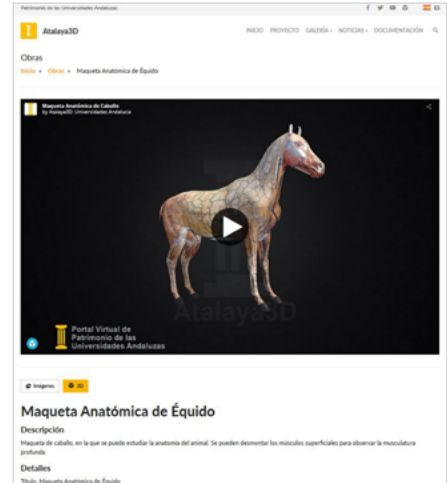


Oratorio de la Madraza de la Universidad de Granada escaneado en 3D

DIGITALIZACIÓN 3D

Digitalizar en 3D la realidad es obtener un conjunto de datos que representen de forma precisa y exacta un elemento físico existente, en el caso que nos ocupa una obra de arte, un elemento arqueológico o un edificio arquitectónico, entre otros posibles elementos físicos del patrimonio universitario. Esta digitalización tridimensional produce como resultado, bien un conjunto de puntos de la superficie del elemento real, o bien un muestreo del interior del objeto en función de determinada propiedad como la densidad del material, con una precisión y una resolución variable en función de las tecnologías utilizadas.

Para elementos de gran volumen, como edificios o yacimientos arqueológicos, la documentación más precisa se puede obtener con escáner láser, que permite obtener millones de puntos con precisión milimétrica. Para bie-



Digitalizando en 3D una maqueta anatómica de équido. A la derecha, resultado de la digitalización en la web

nes muebles, se suelen utilizar escáneres de luz estructurada que consiguen gracias al mecanismo de triangulación una precisión submilimétrica, captando el más mínimo detalle de la superficie. Incluso para obras pictóricas se pueden utilizar lentes capaces de alcanzar detalles del orden de micras.

Gracias a los avances del software fotogramétrico digital, también es posible digitalizar un elemento físico de forma pasiva permitiendo obtener una nube de puntos 3D que representan el elemento físico a partir de un amplio conjunto de fotografías digitales. Se utiliza tanto para grandes elementos como para objetos de pequeño volumen, si bien para obtener escala real y precisión equiparable a los sistemas activos, los entornos de captura de imagen y los equipos han de estar muy bien calibrados, lo que no siempre es posible.

En los trabajos del Portal Virtual de Patrimonio de las Universidades Andaluzas (Melero, Revelles y Bellido 2018), coordinado por la Universidad de Granada en el marco del proyecto Atalaya (renombrado actualmente como Wallada) y que comenzó en 2010, se han digitalizado en 3D 77 bienes muebles entre esculturas, instrumental científico o modelos anatómicos (como la maqueta de caballo de la Universidad de Córdoba en esta página), así como 28 bienes inmuebles (por ejemplo, el Oratorio de la Madraza de la Universidad de Granada mostrado en la página anterior). El resultado de estos trabajos de digitalización (ver imagen de la página siguiente) se puede contemplar tanto en las fichas oportunas del portal virtual (Universidad de Granada 2010) como en la plataforma Sketchfab (2020).

Otra técnica de digitalización 3D que esté empezando a ser explorada por la comunidad de la restauración de bienes culturales es la tomografía axial computerizada (TAC). Frente a las clásicas radiografías, un TAC permite examinar las obras de arte con muchísima más información y versatilidad,



Corte horizontal del TAC realizado a la escultura Inmaculada Concepción de la Universidad de Granada

así como con un nivel de detalle y una perspectiva tridimensional imposible de conseguir con otros medios. Es cierto que la principal limitación es el tamaño, pues la mayor parte de los dispositivos de captura prevén digitalizar cuerpos humanos, pero en el mercado se encuentran soluciones para piezas más grandes. En las imágenes de arriba se pueden observar los resultados de un TAC realizado a una Inmaculada Concepción de la Universidad de Granada, donde son perfectamente analizables los anillos de la madera, el grosor del estuco o la composición del ensamblaje.

RECONSTRUCCIONES Y RECREACIONES VIRTUALES 3D

El modelado en 3D es el proceso de diseñar y generar manual o procedualmente objetos digitales que no existen, o bien realizar estos objetos digitales



Maqueta fabricada a partir de datos GIS del Campus de Cartuja sobre la que se proyectaba un audiovisual en la exposición *Crónica de un paisaje. Descubriendo el Campus de Cartuja*.

a partir de pocas medidas del objeto físico. Para ello se suelen utilizar herramientas como 3DStudio o Blender, y los resultados, gracias a las últimas herramientas de renderizado fotorrealista como Arnold, permiten crear la ilusión de estar visionando una imagen real en lugar de generada por ordenador.

Estas herramientas, utilizadas profusamente en el cine para los efectos digitales y las reconstrucciones históricas, están al alcance hoy en día de los profesionales del diseño digital 3D, y permiten a cualquier institución museística y patrimonial crear reconstrucciones hiperrealistas de objetos o espacios pretéritos ya no existentes. Si estos escenarios incluyen personajes animados, se habla de recreaciones virtuales.

La Carta de Londres (London Charter 2006) establece los principios que han de regir cualquier visualización generada por ordenador de elementos patrimoniales modelados en 3D (Niccolucci y Hermon 2018). Bien merece una lectura detallada y su aplicación en cualquier proyecto, pues se trata de los objetivos y métodos a seguir a la hora de utilizar técnicas informáticas para visualizar patrimonio, la documentación y fuentes a utilizar, los criterios de sostenibilidad y los objetivos de difusión de estos resultados (Denard 2013).

Una vez se dispone de un modelo 3D de un elemento existente o reconstruido, se puede utilizar para generar diversos productos audiovisuales, orientados principalmente a la divulgación y transmisión del conocimiento. Normalmente, los productos de estas reconstrucciones son imágenes para ilustraciones, o vídeos para proyectar en las exposiciones. Estas animaciones por ordenador pueden ser incluso proyectadas en elementos tridimensionales para aumentar su capacidad didáctica, como hizo la Universidad de Granada en la exposición *Crónica de un Paisaje. Descubriendo el Campus de Cartuja*, cuya maqueta de proyección se muestra en la figura de arriba.

REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual (RV, o VR en su acrónimo inglés) es habitualmente asociada a la industria del entretenimiento, donde ha tenido una mayor implantación gracias a la sensación de inmersión que genera el uso de gafas especiales (HTC Vive, Meta Quest, etc.). Para que un elemento multimedia sea considerado como de realidad virtual, es imprescindible que el usuario se sienta inmerso en el escenario digital y ello se consigue influyendo artificialmente en al menos dos de los sentidos.

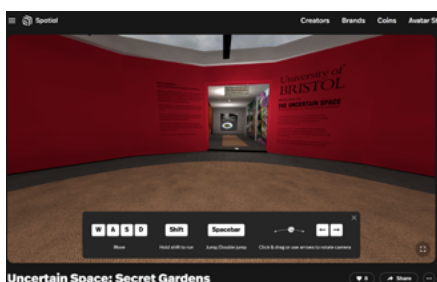
La aparición y mayor accesibilidad de las gafas de realidad virtual permite a las instituciones universitarias integrar en sus discursos expositivos experiencias digitales atractivas a los públicos más jóvenes. Además, la proliferación de espacios y plataformas en la red bajo el concepto (más mercadotécnico que real) de metaverso ha facilitado la generación de entornos virtuales no solo para el entretenimiento sino para la divulgación de la cultura. La Universidad de Bristol, por ejemplo, ofrece un mundo virtual donde explorar elementos de diversas colecciones desde botánicas, geológicas o artísticas, entre otras. Bajo el nombre *Secret gardens: exploring pathways through our collections* (Universidad de Bristol 2024), la universidad británica ha creado en la plataforma spatial.io una exposición virtual, a la que se puede acceder de forma inmersiva utilizando la app específica de la tienda Meta. Para facilitar la visita a la exposición de su personal, estudiantes y visitantes, ofrece en préstamo gafas de realidad virtual.

En 2019, el Museo Universitario de Arte Contemporáneo de México presentó el proyecto Correl (ZHVR Group 2018), un experimento de realidad virtual multiusuario para explorar la interacción colaborativa en procesos de ensamblaje de elementos arquitectónicos.

VISITAS VIRTUALES 360°

Un producto de divulgación que puede resultar más accesible, en términos económicos de producción y de llegada al público general son las visitas virtuales en 360°, ya que pueden ser reproducidas tanto en ordenador, dispositivos móviles y, de una forma totalmente inmersiva, con las gafas de realidad virtual.

Estas producciones audiovisuales, generadas con cámaras que capturan los 360° en torno al punto de observación, permiten generar en el observador, si lo hace con las gafas de realidad virtual, una experiencia totalmente inmersiva de la visita, como si realmente estuviera allí. Durante la pandemia de la covid-19, y ante la imposibilidad de visitar físicamente museos y espacios universitarios, y aprovechando los vídeos 360° realizados en el marco del



Mundo virtual *Secret Gardens* de la Universidad de Bristol (Reino Unido) en spatial.io



Anuncio de la campaña “#Quédate en casa y date una vuelta”, animando a realizar visitas virtuales 360° del patrimonio universitario

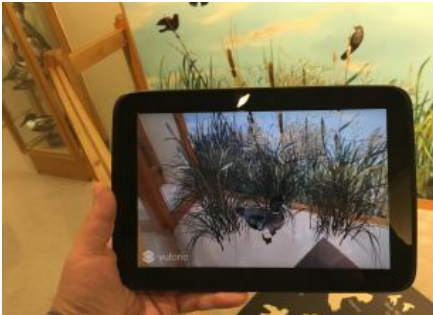
Portal Virtual de Patrimonio de las Universidades Andaluzas, se promovió la visita virtual a espacios como el Panteón de Sevillanos Ilustres (Atalaya3D 2020) de la Universidad de Sevilla, o el Hospital Real de la Universidad de Granada (Atalaya3D 2019), bajo el lema “#quedateEnCasa y date una vuelta”. Durante las semanas de confinamiento, las creatividades llevaban a realizar estas visitas, contabilizándose por decenas de miles las personas que descubrieron estos espacios universitarios.

A diferencia de los panoramas fotográficos 360°, que requieren de la interacción del usuario con la escena para su desplazamiento por ella, las visitas guiadas permiten al usuario concentrarse en la observación de los elementos, e integrar en la imagen capturada elementos digitales, a semejanza de lo que ocurre con la realidad aumentada.

REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada (RA, o AR en su acrónimo inglés) consiste en la superposición de elementos digitales sobre imágenes reales, de forma que el usuario ve gráficos 3D, imágenes 2D o texto sobre la escena real. Podemos decir que la realidad aumentada es ya una tecnología madura, pues está al alcance de todos los usuarios gracias a los teléfonos móviles que integran todo lo necesario para disfrutar de esta experiencia: una cámara, un procesador potente y una pantalla de visualización. Sin duda, muy diferente al contexto que se encontraron los pioneros de la realidad aumentada aplicada al patrimonio histórico, con el proyecto Archeoguide (Vlahakis et ál. 2001).

A diferencia de la realidad virtual, un usuario de realidad aumentada nunca pierde la noción del lugar donde se encuentra ni recibe estímulos artificiales



Patos mostrados con realidad aumentada en el Museo de la Michigan State University (Evjen 2019)

por el resto de los sentidos. Tan solo ve suplementada la información visual que percibe, y eso genera experiencias novedosas e imposibles de generar de otra manera.

Esta tecnología es muy útil en contextos de gamificación, para presentar de forma lúdica los contenidos de las exposiciones y museos. Casos de uso recientes en el patrimonio universitario son la colección de arte “Tito Rossini” en la Universidad Roma Tre (Poce et ál. 2020), el prototipo realizado para el hall de la diversidad animal del museo de la Michigan State University, o el proyecto ARtGlassExperience del Museo Universitario Palazzo Poggi de la Universidad de Bolonia (Mosca 2020). En todos estos casos, el uso de la realidad aumentada se realiza con la intención de conseguir una mayor implicación del visitante en el discurso de la exposición, mejorando la experiencia de este gracias al efecto sorpresa que para muchos usuarios aún genera esta tecnología.

Un nivel adicional en la experiencia de realidad aumentada es mediante el uso de un dispositivo más complejo para la visualización y la interacción, como pueden ser unas gafas tipo Hololens. En estos casos es posible crear escenas donde los elementos virtuales reaccionan a los gestos y acciones del usuario. En ese caso estamos hablando de realidad mixta, y nos encontramos en un entorno donde en un momento dado el usuario sí puede percibir que esos elementos digitales se encuentran en la realidad.

IMPRESIÓN 3D

Los modelos digitales 3D, ya sean obtenidos por digitalización o modelado 3D, son materializables gracias a las diferentes tecnologías de mecanizado e impresión 3D. Ya sea en plástico, polímero, resina o directamente tallando en madera (como la escultura de San Juan Evangelista de la Universidad de Granada, que se muestra en la página siguiente) o piedra, la posesión de un archivo digital con información tridimensional del patrimonio mueble e inmueble permite ampliar el uso de estos archivos más allá de la mera documentación o creación audiovisual (Scopigno et ál. 2017).

Las exposiciones con elementos táctiles han demostrado ser una forma fácil y accesible de aprender y experimentar la realidad. Ya no estamos hablando solo de crear elementos tocables para personas con su capacidad visual disminuida, sino también para su uso en experiencias educativas con niños. Y en este ámbito, la impresión 3D ha permitido que estas experiencias sean creadas por cualquier institución, generando emociones que de otra forma no sería posible, como en el caso de la exposición sobre Ramsés en el Museo de Oriente Próximo, Egipto y el Mediterráneo de la Universidad de la Sapienza (Nigro et ál. 2024). Gracias al abaratamiento de los costes de las

impresoras y el material, y la diversidad de sensores que se pueden integrar en el momento del diseño, se puede crear auténticas maquetas interactivas (Bruns et ál. 2023, Pistofidis et ál. 2023) con un bajo coste y un alto grado de personalización, no solo de bienes culturales sino también de modelos científicos como células (Tanabashi 2020).

Pero no solo estos usos inmediatos son de interés para el patrimonio universitario. La creación de réplicas para ocupar los espacios de obras originales cedidas temporalmente a otras instituciones, la fabricación a medida de embalajes para un transporte más seguro de las obras de arte, o la fabri-

Pieza en madera tallada en un bloque de forma automatizada (izquierda) a partir del modelo digital obtenido con escaneo 3D (centro) de la escultura del s. XV de S. Juan Evangelista (derecha)



cación de piezas idénticas para su uso en prácticas de asignaturas por los estudiantes son casos de uso directo. La Universidad de Cornell realizó réplicas exactas de tablillas cuneiformes para su uso por parte de los estudiantes de arqueología (Knapp et ál. 2008) e incluso por cualquier persona ajena a la universidad (Cornell University 2008)

Adicionalmente, y más en el contexto de la restauración de los bienes culturales, ya sean muebles o inmuebles, la impresión 3D ha resultado una gran aliada para la restitución de elementos perdidos de forma reversible y diferenciada del original. Ya en 2013, tras el gran terremoto que asoló el centro de Italia, se demostró la utilidad de la tecnología 3D y la impresión de elementos físicos para realizar restauraciones complejas, como la Madonna de Pietranico (Arbace et ál. 2013). No obstante, el uso de estas tecnologías debe hacer siempre bajo criterios éticos y científicos que garanticen la autenticidad e integridad de la obra original, la accesibilidad al resultado y la documentación del proceso, así como la reversibilidad y compatibilidad de la intervención y los materiales utilizados (Bourgeois et ál. 2024).

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Aunque existe un interés creciente por la tecnología y aplicaciones de la inteligencia artificial (IA) en el marco del patrimonio cultural e histórico, no existe actualmente una definición estándar de lo que es la IA.

Como referencia, se tomará la definición del High-Level Expert Group on Artificial Intelligence que define los sistemas de IA como “sistemas de software (y posiblemente también *hardware*) diseñados por las personas que dado un objetivo complejo, actúan en una dimensión física o digital mediante la percepción del entorno gracias a la adquisición de datos, la interpretación de datos estructurados o desestructurados recopilados, el razonamiento sobre el conocimiento o el procesado de la información, derivados de estos datos, y la toma de decisiones para conseguir el objetivo. Los sistemas de AI pueden utilizar reglas simbólicas o aprender un modelo numérico, y también se pueden adaptar su comportamiento analizando la forma en la que sus acciones previas afectan al entorno” (HLEG 2019)

Esta y otras definiciones existentes en la literatura comparten ciertos elementos que ayudan a describir los sistemas de IA: la percepción del entorno; la recopilación de los datos; la interpretación de los datos; el procesamiento de la información; la toma de decisiones, incluyendo el razonamiento y aprendizaje con cierto grado de autonomía; y la consecución de objetivos específicos.

En 2023, el Parlamento Europeo planteó una primera reflexión sobre el uso de la IA en el patrimonio cultural y los museos (Pasikowska-Schnass y Lim



Modelo poligonal 3D del Patio de los Mármoles del Hospital Real de Granada, obtenido a partir de digitalizaciones con escáner láser

2023). La IA ha permitido que las nuevas tecnologías se acerquen no solo al campo de la documentación tridimensional del patrimonio, como se ha comentado en las secciones anteriores, sino que facilita de una forma insospechada hace pocos años la documentación e investigación del patrimonio.

Herramientas como Traskribus (Read-Coop 2024) permiten el reconocimiento automático del texto de manuscritos antiguos gracias al uso de potentes redes neuronales. Esto añade capacidades de búsqueda a los archivos digitales, y la aplicación de otros algoritmos para la extracción de conocimiento como Stylo (Eder, Rybicki y Kestemont 2016), que relacionan textos por su uso léxico. Estas herramientas son aplicaciones directas de la IA a patrimonio universitario que tradicionalmente ha estado poco relacionado con la tecnología, ya que los manuscritos y fondos bibliográficos raramente han llegado más allá de un proceso de escaneo digital 2D.

La IA generativa, donde sus exponentes más conocidos son los modelos grandes de lenguajes (LLMs, en sus siglas en inglés) como ChatGPT o Gemini, aún debe desarrollarse más para su uso en contextos museísticos. Recientemente, el Museo de Arte Nasher de la Universidad de Duke le pidió a la herramienta de OpenAI que seleccionara obras y redactara los textos para el catálogo de la exposición (Small 2023). La herramienta de IA seleccionó 21 obras del museo, e incluso dio un orden y ubicación para ellas. Pero erró en titular las obras, los textos descriptivos carecían de sentido y había algunas “alucinaciones”, algo habitual en la IA generativa. Sin embargo, sí está resultando muy útil para realizar audiodescripciones de obras de arte, tal y como el Rijksmuseum holandés está haciendo con la herramienta Copilot de Microsoft (Microsoft 2024).

El patrimonio universitario inmueble se puede beneficiar también de la IA, puesto que algoritmos de análisis de nubes de puntos pueden ayudar a la creación de documentación HBIM de bienes existentes (Cotella 2023, Mishra y Lourenço 2024). A partir de esta nube de puntos, o el modelo final poligonalizado (como el mostrado en el Patio de los Mármoles del Hospital Real de Granada en la página anterior) es posible utilizar algoritmos inteligentes de detección de daños mediante algoritmos de visión artificial como YOLO, e incluso predecir daños futuros gestionando un gemelo digital del activo, con multitud de sensores que alimenten el sistema predictivo basado en redes neuronales (Biagini y Bongini 2023).

REFLEXIONES FINALES

Como se ha mostrado en las páginas anteriores, las nuevas tecnologías ofrecen una serie de beneficios y oportunidades de aplicación directa en el patrimonio universitario. Estos beneficios se pueden aplicar en los tres principales ámbitos de los que son responsables las universidades con respecto a su patrimonio:

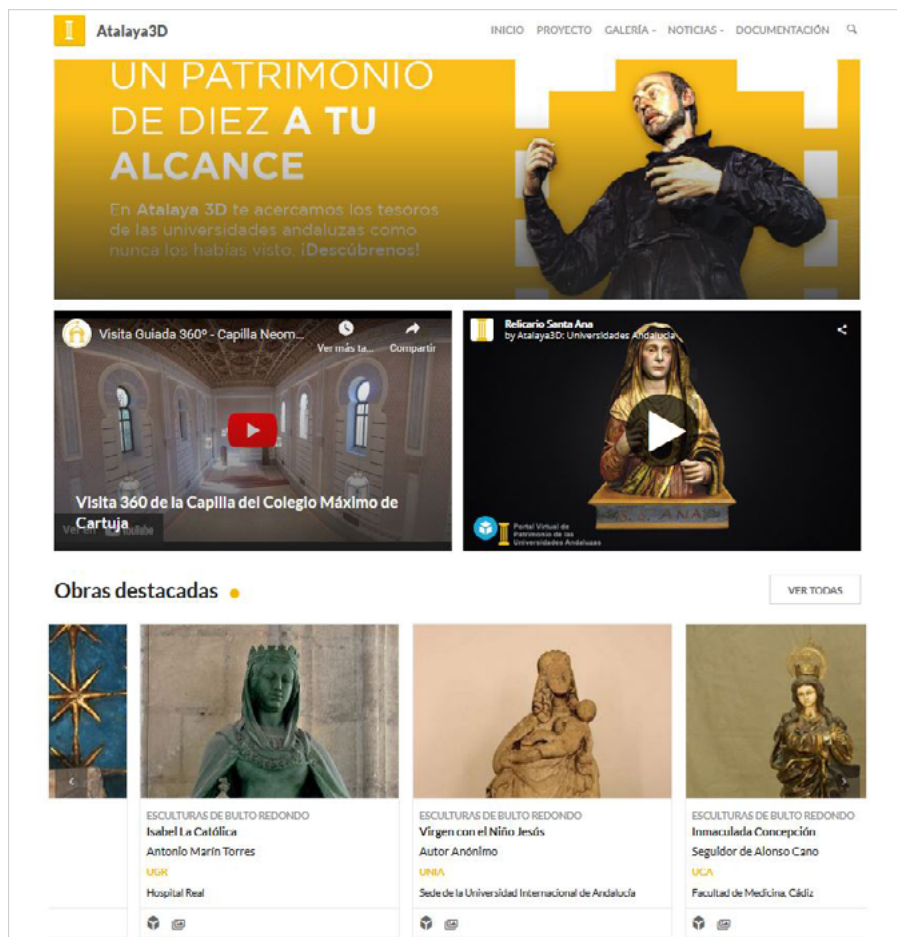
> Documentación e investigación. La digitalización 3D, la inteligencia artificial y los sistemas de generación de lenguaje permitirán una mejor y más eficiente documentación del patrimonio universitario.

> Restauración y conservación. Gracias a la digitalización y modelado 3D, los procesos de restauración y de monitorización de obras de arte y edificios históricos alcanzan un mayor nivel de precisión y versatilidad.

> Difusión y divulgación del patrimonio universitario. Tanto las herramientas tecnológicas de realidad virtual, aumentada y mixta, como las experiencias inmersivas 360° o la propia difusión vía web acercan el patrimonio de las universidades a la sociedad en general de una forma atractiva y adaptada a todos los públicos, como se ha comprobado con el Portal Virtual de Patrimonio de las Universidades Andaluzas.

Hay que resaltar que para el manejo y apropiado desempeño en estas tecnologías es necesaria una formación continua y actualizada de los profesionales de los diferentes departamentos involucrados, así como una inclusión de asignaturas teórico-prácticas sobre nuevas tecnologías en los planes de estudio de Historia del Arte, Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Documentación y el resto de estudios relacionados con la formación de los futuros profesionales.

Pese a todo lo bueno anteriormente descrito también hay ciertas cuestiones que aparecen a la par que el uso de estas nuevas tecnologías, y que no han



Portal Virtual de Patrimonio de las Universidades Andaluzas

sido aún resueltas de forma concluyente. Unas veces porque la legislación no va acompañada a los avances tecnológicos, y otras veces porque existe una clásica reticencia a lo nuevo, la realidad es que se presentan cada día cuestiones que no tienen una respuesta evidente. Por ejemplo, los derechos de autor y de explotación, o la propiedad intelectual de los intangibles digitales generados. ¿Qué régimen se aplica a los modelos digitales generados mediante digitalización 3D de las obras de arte? ¿Es una obra derivada? ¿Existen derechos de reproducción? ¿Se pueden restringir los usos? O en el caso de creaciones realizadas con herramientas de inteligencia artificial (como descripciones textuales o audios), ¿quién es el autor?

Sin duda que las nuevas tecnologías ofrecen unas oportunidades magníficas a las universidades para la documentación, estudio y difusión de su patrimonio, y a la vez, suponen un nuevo campo de estudio para disciplinas relacionadas como la informática y el derecho para desarrollar soluciones a los retos que se presentan.

BIBLIOGRAFÍA

- Arbace, L., Sonnino, E., Callieri, M., Dellepiane, M., Fabbri, M., Idelson, A.I. y Scopigno, R. (2013) Innovative uses of 3D digital technologies to assist the restoration of a fragmented terracotta statue. *Journal of Cultural Heritage*, 14(4), pp. 332-345
- Atalaya3D Patrimonio de las Universidades Andaluzas (2019) *Visita Guiada 360° Panteón de Sevillanos Ilustres (Universidad de Sevilla)*. Disponible en: <https://youtu.be/mjCupDscgU> [Consulta: 05/06/2024]
- Atalaya3D Patrimonio de las Universidades Andaluzas (2020) *Visita Guiada 360° Hospital Real Universidad de Granada*. Disponible en: https://youtu.be/HT_51uRaeg4 [Consulta: 05/06/2024]
- Biagini, C. y Bongini, A. (2023) BIM and Data Integration: A Workflow for the Implementation of Digital Twins. En: *Beyond Digital Representation: Advanced Experiences in AR and AI for Cultural Heritage and Innovative Design*. Cham: Springer Nature Switzerland, pp. 821-835
- Bourgeois, I., Ascensão, G., Ferreira, V. y Rodrigues, H. (2024) Methodology for the Application of 3D Technologies for the Conservation and Recovery of Built Heritage Elements. *International Journal of Architectural Heritage*, pp. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15583058.2024.2341327> [Consulta: 05/06/2024]
- Bruns A., Spiesberger A., Triantafyllopoulos A., Müller P. y Schuller B. (2023) "Do touch!" - 3D Scanning and Printing Technologies for the Haptic Representation of Cultural Assets: A Study with Blind Target Users. En: *Proceedings of the 5th Workshop on analysis, Understanding and proMotion of heritAge Contents (SUMAC '23)*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, pp. 21-28. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3607542.3617351> [Consulta: 05/06/2024]
- Cornell University (2008) *Cuneiforms Project*. Disponible en: <https://www.creativemachineslab.com/cuneiforms.html> [Consulta: 05/06/2024]
- Cotella, V.A. (2023) From 3D point clouds to HBIM: application of artificial intelligence in cultural heritage. *Automation in Construction*, 152, p. 104936
- Denard, H. (2013) Implementing best practice in cultural heritage visualisation: the London charter. En: *Good Practice in Archaeological Diagnostics: Non-Invasive Survey of Complex Archaeological Sites*. Cham: Springer International Publishing, pp. 255-268
- Eder, M., Rybicki, J., y Kestemont, M. (2016) Stylometry with R: a package for computational text analysis. *The R Journal*, 8(1), pp. 107-121
- Evjen, M. (2019) Prototyping AR in a University Museum: How User Tests Informed an Accessibility Plan Including and Beyond the Museum. *MW19: MW 2019*, 15 de febrero de 2019. Disponible en: <https://mw19.mwconf.org/paper/prototyping-ar-in-a-university-museum-how-user-tests-informed-an-accessibility-plan-including-and-beyond-the-museum/> [Consulta: 31/07/2024]
- HLEG [High-Level Expert Group On Artificial Intelligence] (2019) *A Definition of AI: Main Capabilities and Disciplines: Definition Developed for the Purpose of the AI HLEG's Deliverables*. Brussels: European Commission
- Knapp M., Wolff R. y Lipson H. (2008) Developing printable content: A repository for printable teaching models. En: *Proceedings of the 19th Annual Solid Freeform Fabrication Symposium, Austin TX*. pp. 603-612. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.26153/tsw/14988> [Consulta: 14/08/2024]
- London Charter (2006) *The London Charter for the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage*. Disponible en: <https://londoncharter.org> [Consulta: 05/06/2024]
- Melero, F.J., Revelles, J., y Bellido, M.L. (2018) Atalaya3D: Making Universities' Cultural Heritage Accessible Through 3D Technologies. En: *Proceedings of the EG Workshop of Graphics and Cultural Heritage 2018*, pp. 31-35
- Microsoft (2024) Access to art is a human right. Disponible en: <https://unlocked.microsoft.com/rijksmuseum/> [Consulta: 05/06/2024]
- Mishra, M. y Lourenço, P.B. (2024) Artificial intelligence-assisted visual inspection for cultural heritage: State-of-the-art review. *Journal of Cultural Heritage*, 66, pp. 536-550
- Mosca, O. (2020) Augmented Reality: digital enunciations in a museum. *EJC*, (30), pp. 239-248. Disponible en: <https://mimesisjournals.com/ojs/index.php/ec/article/view/765> [Consulta: 05/06/2024]
- Niccolucci, F. y Hermon, S. (2018) *Digital Authenticity and the London Charter. Authenticity and cultural heritage in the age of 3D digital reproductions*. McDonald Institute. Disponible en: <https://doi.org/10.17863/CAM.27029> [Consulta: 14/08/2024]
- Nigro, L., Montanari, D., Sabatini, S., De Giuseppe, M., Benedettucci, F.M., Lucibello, S., Fattore, L., Trebbi, L., Nejat, B. y Rinaldi, T. (2024) Caress the pharaoh. The tactile reproduction of Ramses II's "mummy" in the Sapienza University Museum of the Near East, Egypt and Mediterranean. *Journal of Cultural Heritage*, 67, pp. 158-163
- Pasikowska-Schnass, M. y Lim, Y.S. (2023) *Artificial intelligence in the context of cultural heritage and museums: Complex challenges and new opportunities*. EPRS: European Parliamentary Research Service. Belgium
- Pistofidis, P., Arnaoutoglou, F., Ioannakis, G., Michailidou, N., Karta, M., Kiourt, C. (...) y Koutsoudis, A. (2023) Design

and evaluation of smart-exhibit systems that enrich cultural heritage experiences for the visually impaired. *Journal of Cultural Heritage*, 60, pp. 1-11

- Poce, A., Maria Rosaria, R., Amenduni, F., De Medio, C. y Valente, M. (2020) Using different learning methodologies and tools to exploit the educational impact of a University Art Collection: a pilot phase at Roma Tre University (IT). *University Museums and Collections Journal*, 12(2), pp. 107-117
- Read-Coop SCE (2024) *Transkribus*. Disponible en: <https://www.transkribus.org/> [Consulta 05/06/2024]
- Small, Z. (2023) Giving ChatGPT Free Rein to Curate an Art Show. *New York Times*, 12 de septiembre de 2023
- Scopigno, R., Cignoni, P., Pietroni, N., Callieri, M. y Dellepiane, M. (2017) Digital fabrication techniques for cultural heritage: a survey. *Computer graphics forum*, vol. 36, n.º 1, pp. 6-21
- Skecthfab (2020) *Colección del Proyecto Atalaya3D*. Disponible en: <https://sketchfab.com/atalaya3d/models> [Consulta: 05/06/2024]
- Tanabashi, S. (2020) Object-based interaction in Japanese science and engineering university museums. *University Museums and Collections Journal*, 12(1), pp. 51-59
- Vlahakis, V., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Almeida, L., Stricker, D., Gleue, T., Christou, I., Carlucci, R. y Ioannidis, N. (2001) Archeoguide: first results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage sites. *Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage*, 9 (10.1145), 584993-585015
- Universidad de Bristol (2024) *Secret gardens: exploring pathways through our collections*. Disponible en: <https://www.spatial.io/s/Uncertain-Space-Secret-Gardens-64b94ada6d47e68fd40b1fa1> [Consulta: 05/06/2024]