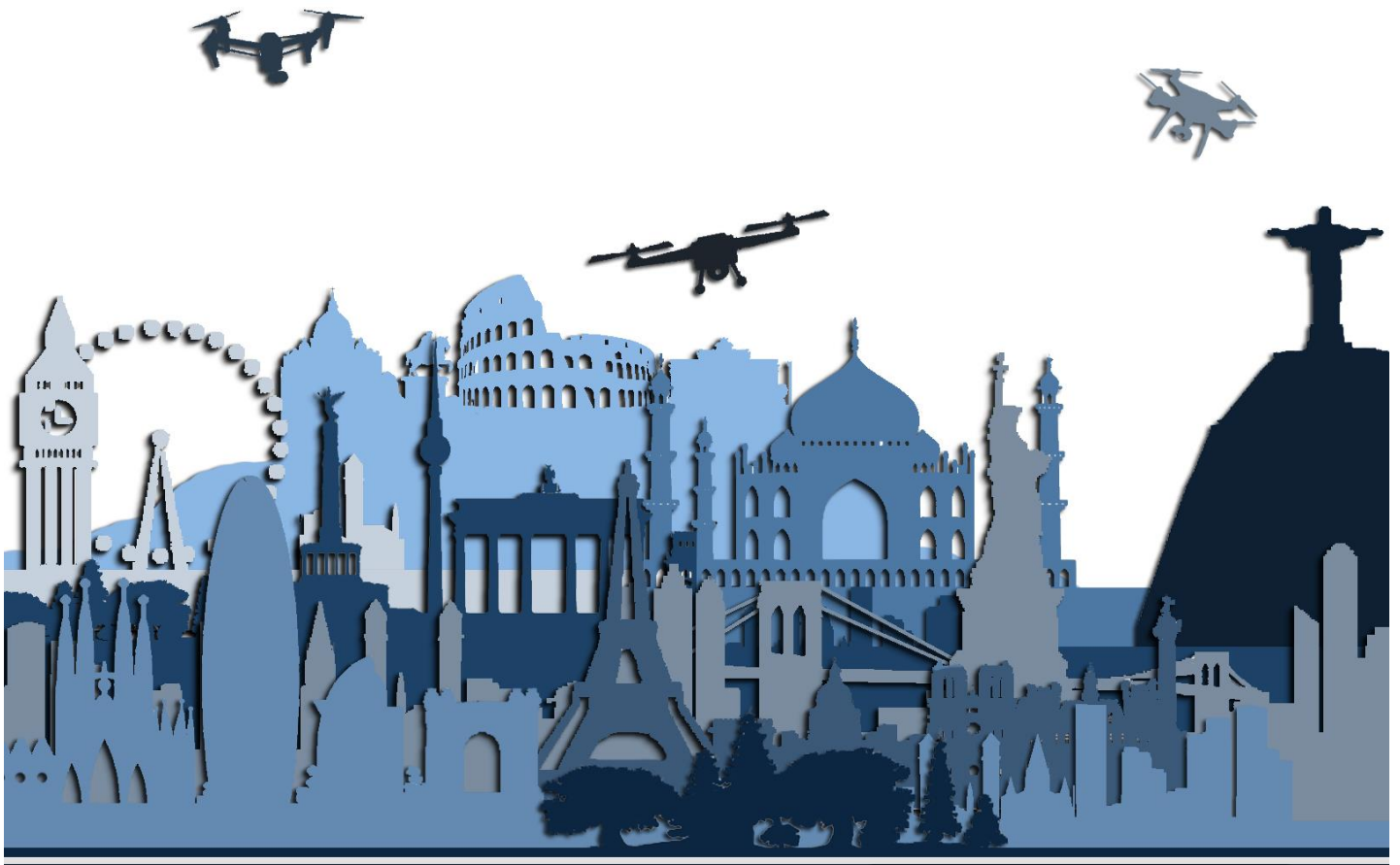




UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



Análisis de las aplicaciones y necesidades del uso de los RPAS en las diferentes categorías del patrimonio cultural.



María Serna Prieto

Tutora: Virginia Santamarina Campos

Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

TRABAJO FINAL DE MÁSTER 2016-2017

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a Virginia Santamarina Campos, por segunda vez, la ayuda recibida durante la realización del trabajo y la oportunidad que me ha brindado al realizar este proyecto. Al Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales el permitirme realizarlo y a todos aquellos que comparten sus investigaciones y avances con los demás para que podamos aprender y crecer gracias a sus frutos.

También a todos mis profesores, por haber depositado su granito de arena en mi camino y haberme beneficiado en todos los sentidos.

A mis padres, por todo el apoyo recibido durante todos estos años y por su confianza en mí.

Y, por supuesto, a todos mis compañeros y amigos: sin vuestro apoyo estos años no hubieran sido la mitad de enriquecedores de lo que han sido.

Gracias.

Resumen:

Una parte fundamental de la conservación del patrimonio está relacionada con su registro y difusión, la puesta en valor y la concienciación sobre sus valores y la importancia para la sociedad.

Las aeronaves no tripuladas tuvieron sus comienzos como herramientas militares, pero se han desarrollado a lo largo de los años de tal manera que en la actualidad se aplican a una infinidad de labores en diferentes ámbitos. Gracias a los últimos avances tecnológicos, las (este tipo de aeronaves) no tripuladas, son capaces de desempeñar tareas prácticas en los diferentes campos del patrimonio cultural, como por ejemplo la documentación, análisis y difusión e incluso algunos tratamientos de conservación, de una manera más exhaustiva y sencilla con resultados de mayor calidad. Este proyecto analiza las necesidades y aplicaciones actuales en los diferentes campos del patrimonio cultural.

Palabras clave: RPAS (remotely piloted aircraft systems), aeronave no tripulada, drone, aplicaciones, necesidades, bienes culturales, patrimonio cultural, conservación, difusión, actualidad.

Resum:

Una part fonamental de la conservació del patrimoni, està relacionada amb el seu registre, difusió i la conscienciació dels seus valors en la societat.

Les aeronaus no tripulades van tindre els seus començaments com a ferramentes militars, però s'han desenrotllat al llarg dels anys de tal manera que a l'actualitat s'apliquen a una infinitat de llabors en diferents àmbits. Gràcies als últims avanços tecnològics, les aeronaus no tripulades, son capaços d'exercir tasques a diferents camps del patrimoni cultural, com per exemple la documentació, anàlisi, difusió e inclús alguns tractaments de conservació, d'una manera més exhaustiva i simple amb uns resultats de major qualitat. Este projecte analitza les necessitats i aplicacions actuals en els diferents camps del patrimoni cultural.

Paraules clave: RPAS (remotely piloted aircraft systems), aeronaus no tripulade, drone, aplicacions, necessitats, biens culturals, patrimoni cultural, conservació, difusió, actualitat.

Abstract:

A fundamental part of the conservation of the heritage, is related to his record and diffusion, the putting in value and the raising awareness on his values and the importance for the company.

The not crewed aircraft took his beginning as military tools, but they have developed throughout the years in such a way that at present they are applied to an infinity of labors in different areas. Thanks to the last technological advances, the not crewed aircraft, they are capable of recovering practical tasks in the different fields of the cultural heritage, as for example the documentation, analysis and diffusion and enclosedly some treatments of conservation, of a more exhaustive and simple way with results of major quality. This project analyzes the needs and current applications in the different fields of the cultural heritage.

Key words: RPAS (remotely piloted aircraft systems), not crewed aircraft, drone, applications, needs, cultural goods, cultural heritage, conservation, diffusion, current importance.

Índice

1. Introducción
2. Objetivos
3. Metodología
4. Aeronaves no tripuladas y su desarrollo en la actualidad
5. Aplicaciones en el ámbito del patrimonio cultural
 - 5.1 Patrimonio artístico
 - 5.2 Patrimonio arqueológico
 - 5.3 Patrimonio arquitectónico
 - 5.4 Patrimonio natural o ambiental
 - 5.5 Patrimonio inmaterial
6. Necesidades por cubrir el ámbito del patrimonio cultural
7. Conclusiones
8. Bibliografía
9. Índice de imágenes
10. Anexos

1. Introducción

Es un hecho que el uso de los aparatos aéreos no tripulados ha tenido un gran desarrollo en los últimos años, sobre todo en su aplicación en el ámbito de la industria creativa. Aunque su uso todavía está en desarrollo en este campo ya se han realizado trabajos de documentación, identificación, análisis y divulgación de actividades y patrimonio cultural con muy buenos resultados.

El concepto de industria cultural y creativa debe entenderse en el sentido de sectores de actividad organizada compuestos por las funciones necesarias para permitir que los bienes y actividades de contenido cultural, artístico o patrimonial lleguen al público o al mercado. Por ello, no se limitan a los productores de contenidos, sino que engloban todas otras actividades conexas o relacionadas que contribuyen a la realización y la difusión de los productos culturales y creativos, es decir, reproducción y duplicación; soporte técnico y equipamiento de apoyo; promoción, difusión, circulación, venta y distribución; conservación; comunicación, información y formación¹. Tanto las fotografías como las filmaciones aéreas suponen actualmente un recurso imprescindible para una campaña de publicidad, una noticia en TV, filmación de eventos, como parte de un proceso creativo o incluso para registrar obras y espacios patrimoniales (Fig. 1). Este tipo de vuelos son muy recurridos para la divulgación y publicidad de actividades y tradiciones culturales ya que es posible obtener resultados profesionales, a bajo coste, en comparación con la infraestructura que suponía antes obtener imágenes aéreas².

¹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA. *Políticas para la creatividad: Guía para el desarrollo de las industrias culturales y creativas*. Pág 18.

² SANTAMARINA CAMPOS, V; CARABAL MONTAGUD M^a; MAS BARBERA, X; KRÖNER, S. Ficha proyecto expositivo Restaura 3.0. *Aplicación de los DRONES (RPAs) en el ámbito de las industrias creativas y el patrimonio cultural*.



Fig. 1: Aeronave no tripulada sobrevolando Hollywood

Las aeronaves no tripuladas se utilizan principalmente para eventos al aire libre, aunque hay una amplia gama de industrias que podrían beneficiarse de su uso en interiores. Dado que los RPAS existentes carecen de un sistema de posicionamiento interior preciso, firme y asequible, así como de características avanzadas de seguridad, el control de cualquier aparato en ambientes interiores es particularmente difícil y peligroso³. El piloto debe tener mucha destreza y precisión a la hora de realizar el vuelo para no acercarse demasiado a los muros o elementos que estén en el interior. Sin embargo, actualmente este tipo de vuelos sí que se realizan puntualmente, aunque son escasos debido al riesgo y responsabilidad que conllevan. Esta herramienta también ha resultado muy útil para la salvaguarda de nuestro patrimonio, gracias al uso de vehículos aéreos no tripulados en el campo de la conservación del patrimonio histórico se han facilitado y hecho posible muchos trabajos que antaño resultaban verdaderamente dificultosos o incluso imposibles. La ejecución de las tareas es rápida y eficiente, sobre todo al tratarse de grandes monumentos. Hoy en día, el seguimiento de monumentos históricos es muy importante y puede consistir en diferentes tareas, como registro continuo de los diferentes parámetros ambientales tales como la temperatura o la humedad o inspecciones visuales periódicas de la estructura externa e interna de los edificios, entre otras. Mientras que los primeros parámetros mencionados son relativamente simples y de bajo costo, una inspección requiere un planeamiento sofisticado. Una inspección exterior de, por ejemplo, una iglesia, necesita una estructura temporal para poder analizar toda la superficie exterior, como un

³ SANTAMARINA CAMPOS, V., MIGUEL MOLINA, B., SEGARRA OÑA, M., MIGUEL MOLINA, M. *Importance of indoor aerial filming for Creative Industries (CIs): looking towards the future* (2017). En: *International Journal of Cultural and Digital Touris*. Atenas, Grecia.

andamio, y por supuesto técnicos y profesionales especialistas que ejecuten dicho análisis. La inspección interior es aún más complicada, ya que los elementos ornamentales u objetos que se encuentran en el interior pueden interferir en el montaje de la estructura temporal, la cual hay que montar con especial atención con el fin de no causar daño a los objetos de valor. Tanto la inspección de la arquitectura interior como la exterior necesita la aprobación previa de las autoridades competentes.

Al considerar estos inconvenientes, el uso de vehículos aéreos no tripulados parece más práctico. Los vuelos proyectados de las aeronaves pueden ser programados en la oficina, y la inspección completa puede durar menos de una hora - a menudo sólo unos minutos. Por lo tanto, la necesidad de cerrar parcialmente el interior de la iglesia o bloquear parte de una calle durante un tiempo debido a un andamio, no sería necesario. Una vez que un vuelo se ha programado se puede repetir fácilmente, y las imágenes pueden ser tomadas exactamente siempre desde el mismo ángulo y desde exactamente la misma posición, la grabación de imágenes se puede repetir con más frecuencia y la comparación de los documentos audiovisuales generados en cada vuelo será más fidedigna. Todo esto ayuda a detectar pequeños daños con el fin de actuar tan pronto como sea posible y para evitar un deterioro grave del monumento. En este ámbito la empresa Pix4D® ha realizado varios trabajos gracias a la técnica de la fotogrametría y su software Pix4Dmapper® que permite realizar modelos digitales altamente detallados. Este método reduce el tiempo de trabajo que se extendería a meses con métodos convencionales en casos de monumentos o extensiones de terreno de grandes dimensiones.⁴

En este estudio se recogen algunos de los trabajos y avances realizados sobre los recursos patrimoniales, la valoración del patrimonio cultural es distinta según el momento histórico y el lugar del mundo, cada país tiene su propio criterio a la hora de establecer medidas de protección, y los elementos destacados no son siempre comparables. La principal iniciativa internacional para lograr la puesta en valor, protección y conservación del patrimonio a nivel mundial ha sido la Convención para la protección del Patrimonio Mundial, cultural y natural promovida



Fig. 2: Conferencia general UNESCO.

⁴ PIX4D. Pix4Dmapper Pro - Pix4D <<https://pix4d.com/product/pix4dmapper-pro/>>

por la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) en 1972 y que, ratificada por la mayoría de los países, tiene una gran aceptación (Fig. 2). Los bienes patrimoniales se pueden dividir según la clasificación jurídica en bienes muebles e inmuebles, y según la clasificación disciplinar en patrimonio artístico, patrimonio arqueológico, patrimonio arquitectónico, patrimonio natural o ambiental, patrimonio etnográfico o etnológico y patrimonio documental y bibliográfico.

2. Objetivos

Como objetivo principal, este trabajo plantea analizar las aplicaciones y necesidades del uso de los RPAS en las diferentes categorías del patrimonio cultural.

Como objetivos secundarios se plantean:

- Conocer los distintos tipos de aeronaves y sus posibles usos en patrimonio cultural.
- Diferenciar los tipos de patrimonio cultural y exponer el uso que de RPAS en cada uno de ellos.
- Identificar las debilidades y fortalezas, y amenazas y oportunidades del uso de esta tecnología en el ámbito del patrimonio cultural.

3. Metodología

3.1 Estudio de fuentes documentales

3.1.1.- Investigación en Archivo

Se ha realizado la búsqueda de información en las publicaciones de los casos expuestos y de cualquier temática vinculada con el uso de aeronaves no tripuladas en el ámbito del patrimonio cultural. Una vez examinados los resultados obtenidos, se realizará un análisis para poder

determinar las necesidades actuales del área. A través de este análisis se podrán proponer ideas para mejorar los servicios ofrecidos por los multicópteros en el caso del patrimonio cultural.

3.1.2.- Análisis de las fuentes bibliográficas

Consulta de diferentes textos publicados sobre trabajos realizados con aeronaves no tripuladas en los diferentes ámbitos del patrimonio cultural, empresas productoras de imágenes aéreas, legislación vinculada al sector, registros videográficos, etc., con el fin de determinar el marco teórico de la cuestión.

PLAN DE TRABAJO

- Localización de los archivos y recopilación de la información de interés consultada en ellos.
- Organización y catalogación del conjunto de documentos recopilados.
- Análisis e interpretación, que permita la elaboración de conclusiones.

3.2 Actividades relacionadas con el tema de estudio

Información obtenida mediante la asistencia a actividades relacionadas con las aplicaciones de las aeronaves en el ámbito del patrimonio cultural: Curso sobre la aplicación de los drones (rpas) al ámbito de la conservación y restauración (2015) y II Jornadas internacionales: Normativa, pilotaje y aplicaciones de aeronaves no tripuladas (2016). Esta información será utilizada para comprender las actuales utilidades de los aparatos aéreos no tripulados en diferentes áreas y determinar las necesidades que todavía existen en el ámbito del patrimonio.

PLAN DE TRABAJO

- Recopilación de la información de interés aprendida en las actividades.
- Digitalización de información, que facilite posteriormente el trabajo a partir de la misma.
- Organización y catalogación de la información.
- Análisis e interpretación que permita la elaboración de conclusiones.

4. Aeronaves no tripuladas y su desarrollo en la actualidad

La aviación no tripulada tuvo sus comienzos en los modelos construidos por inventores como Cayley, Stringfellow o Du Temple además de otros pioneros de la aviación, siendo éstos previos a los propios intentos de desarrollo de aeronaves tripuladas a lo largo de la primera mitad del siglo XIX. Estos modelos, por tanto, sirvieron como pruebas para el desarrollo de modelos de mayor tamaño con piloto a bordo, en este sentido, se podrían denominar como precursores de la aviación tripulada⁵. La aviación civil siempre se ha basado en la noción de que un piloto dirige la aeronave desde el interior y, con mucha frecuencia, con pasajeros a bordo. Retirar el piloto de la aeronave plantea nuevas dificultades técnicas y operacionales, cuya magnitud se lleva estudiando activamente en la comunidad aeronáutica desde hace algunos años. Los sistemas de aeronaves no tripuladas se basan en novedades tecnológicas aeroespaciales de última generación, que ofrecen avances que pueden abrir nuevas y mejores aplicaciones comerciales o civiles, así como mejoras de la seguridad operacional y eficiencia de toda la aviación civil⁶. El término vehículo aéreo no tripulado (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) se hizo común en los años 90 para describir a las aeronaves robóticas, el documento «Joint Publication 1-02, Department of Defense Dictionary» editado por el Ministerio de Defensa de los Estados Unidos define UAV como:

«Un vehículo aéreo motorizado que no lleva a bordo a un operador humano, utiliza las fuerzas aerodinámicas para generar la sustentación, puede volar autónomamente o ser tripulado de forma remota, que puede ser fungible o recuperable, y que puede transportar una carga de pago letal o no. No se consideran UAV a los misiles balísticos o semibalísticos, misiles crucero y proyectiles de artillería».

Además de los misiles y los proyectiles de artillería, esta definición también excluye a planeadores, globos y dirigibles y a los objetos arriestrados (que carecen de control remoto u

⁵ UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. Diploma de especialización profesional universitario en aplicaciones y operación con drones-rpas. *Origen y desarrollo de los drones*, 2015. Consultado en 06/05/2017 <<http://drones.uv.es/origen-y-desarrollo-de-los-drones/>>

⁶ ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL. *Circular 328, Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS)*. Pág 3.

autónomo). Este término no es más que uno entre cerca de la docena de nombres que han ido recibiendo las aeronaves no tripuladas a lo largo de su existencia (Fig. 3)

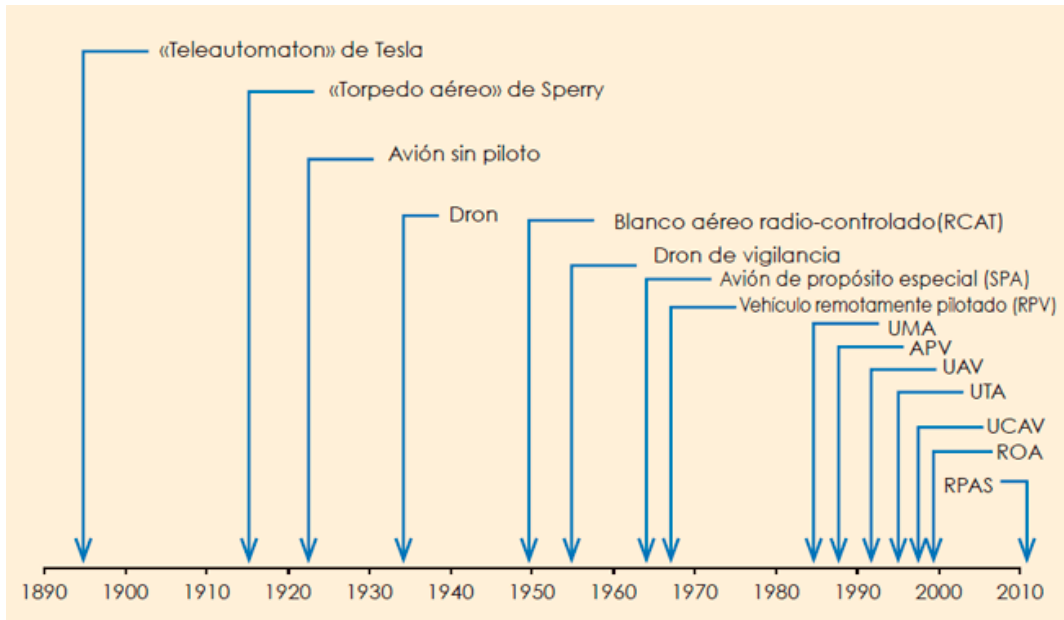


Fig. 3: Cronología de los nombres aplicados a las aeronaves robóticas.

Estas aeronaves fueron principalmente planteadas para usos militares. Durante la primera Guerra Mundial, la aviación no tripulada se veía frenada por falta de desarrollo tecnológico mientras que la convencional progresó con gran rapidez. Elmer Ambrose Sperry⁷ fue la primera persona en solucionar todos los problemas que surgían a la hora de establecer el vuelo no



Fig. 4: Avión automático Hewitt-Sperry.

tripulado y desarrolló una aeronave no tripulada viable. Elmer Sperry realizó unas exitosas pruebas con giróscopos para aplicaciones marítimas, gracias a ello desarrolló un giroestabilizador para aviones el cual, el pionero de la aviación Glenn Hammond Curtiss mejoró y consiguieron un primer prototipo capaz de realizar un trayecto programado (Fig. 4). En paralelo, la compañía Curtiss Aeroplane

⁷ Elmer Ambrose Sperry (12 de octubre de 1860, Cortland, N.Y. - 16 de junio de 1930, Brooklyn, N.Y.), inventor industrial estadounidense, conocido por sus compases giroscópicos y estabilizadores adoptados por la Armada de los Estados Unidos y usados en las dos guerras mundiales.

and Motor Company se centraron en la fabricación de células de vuelo para torpedos aéreos no tripulados, el primer vuelo controlado con éxito de una aeronave no tripulada tuvo lugar, por fin, el 6 de marzo de 1918. El método de guiado del torpedo era primitivo pero agudo: una vez conocido el viento y la distancia del objetivo, se calculaban las revoluciones de motor necesarias para alcanzar el blanco. La aeronave se controlaba con un giróscopo simple⁸ (Fig. 5) y disponía de un barómetro aneroide⁹ (Fig. 6), una vez alcanzadas las revoluciones calculadas, se desprendían las alas del fuselaje, dejando caer el torpedo sobre el objetivo.



Fig. 5: Giróscopo.



Fig. 6: Barómetro aneroide.

Tras este avance se sucedieron más inventos, sin embargo, ninguno de estos dispositivos fue satisfactorio como para ser utilizado con fines militares antes del final de la I Guerra Mundial, aunque sí marcaron el comienzo de una nueva tecnología. Durante la década de 1920 se reavivó el interés del ejército británico por los sistemas no tripulados, de este modo fue desarrollado un avión monoplano capaz de transportar un cargamento militar de 114 kg, siendo capaz de volar a una distancia de 480 kilómetros, y realizando su primer vuelo en 1927¹⁰. La Segunda Mundial fue la que estimuló el desarrollo y el uso en Europa de aviones blanco no tripulados y vehículos aéreos no tripulados de reconocimiento, fundamentalmente se utilizaron para la formación y el entrenamiento de las fuerzas de artillería de ejércitos durante la guerra. En la década de los 50 se desarrollaron con éxito una serie de blancos aéreos no tripulados que continuaron en

⁸ Giróscopo: Disco que, en movimiento de rotación conserva su eje invariable, aunque cambie la dirección de su soporte.

⁹ Barómetro aneroide (barómetro metálico): Cosa que se considera índice o medida de un determinado proceso o estado.

¹⁰ CUERNO REJADO, C; GARCIA HERNANDEZ, L; SANCHEZ CARMONA, A; CARRIO FERNANDEZ, A; SANCHEZ LOPEZ, J.L; CAMPOY CERVERA, P. *Evolución histórica de los vehículos aéreos no tripulados hasta la actualidad*. En: Revista Dyna: Vol. 91 n°3, Pág 283

producción hasta los años 80, adoptando sistemas de radio-control cada vez más evolucionados (Fig. 7). Otra aplicación relevante desarrollada durante esta época fue la de señuelos antirradar, eran lanzados desde bombarderos con el objetivo de confundir a los sistemas radar enemigos. Poco a poco se fueron mejorando las aeronaves, durante la década de los 60 algunos aparatos se equiparon con cámaras para misiones de reconocimiento sobre territorio enemigo, las fotografías eran reveladas en la base cuando el UAV retornaba. Estas naves eran más difíciles de detectar y de derribar que los aviones de reconocimiento tripulados y, además, no daban lugar a incidentes diplomáticos relacionados con la captura de un piloto humano (Fig. 8).



Fig. 8: Modelo Northrop MQM-33 Falconer, fabricado en la década de los 50.



Fig. 7: Modelo Northrop MQM-74 Chukar, fabricado en la década de los 60.

En los años 70 estuvieron en auge las misiones de reconocimiento y vigilancia tanto de corto alcance, como de largo alcance y elevada altitud. Estos sistemas se fueron haciendo más sofisticados debido a la Guerra Fría, tanto en los requisitos de misión como en la seguridad de sus comunicaciones. Se llevaron a cabo varios proyectos esperanzadores que, sin embargo, no tuvieron éxito debido a ser demasiado ambiciosos para la tecnología de la época. Estas aeronaves serían capaces de comunicar a las unidades de tierra información del campo de batalla en tiempo real mediante una señal de video, y les daría información sobre las fuerzas enemigas situadas más allá de la línea de visión de los soldados, también se intentó acoplar sensores para localizar e identificar los objetivos enemigos de día o de noche o utilizar un láser para designar a los objetivos para la artillería, entre otras opciones. Algunas naves sí que se llegaron a desarrollar, aunque no eran del todo fiables y las actividades que realizaban eran más sencillas y de menos precisión.

Desde la década de los 80 hasta los 2000 las capacidades de las aeronaves fueron avanzando y desarrollándose en el ámbito militar. Se han ido equipando con cámaras convencionales y de infrarrojos de barrido lineal para la vista nocturna y se empezaron a diseñar con diámetros reducidos y mayor velocidad para hacerlos difícilmente detectables. Transportaban un transmisor de video que podía enviar imágenes en tiempo real a la estación de control en tierra estando hasta a 70 km de la base, se incorporaron sistemas de navegación más precisos basados en GPS que permitían volar siguiendo más de cerca el terreno, y un radar de apertura sintética para poder realizar operaciones en cualquier condición meteorológica (Fig. 9). Sus formas eran cada vez más aerodinámicas, en los años 90 la mayor disponibilidad del sistema de posicionamiento global (Global Positioning System; GPS) y de las comunicaciones satélite independizó a los UAS de operar dentro del alcance de la señal de radio y de los sistemas de navegación inexactos basados en giróscopos y datos de aire. De esta forma, junto con los sistemas digitales de control de vuelo (Digital Flight Control System; DFCS), el alcance y la precisión de la navegación mejoraron apreciablemente, como resultado se desarrollaron sistemas de medio y largo alcance (Fig. 10).¹¹



Fig. 9: Modelo Westland Wisp, modelo fabricado en la década de los 80.



Fig. 10: Modelo Global Hawk, fabricado en la década de los 90.

Entramos en el siglo XXI, esta década ha presenciado el incremento en el uso militar de los sistemas no tripulados. Un paso adelante llevado a cabo en esta década fue la modificación para llevar armamento en algunos UAV de medio y largo alcance para una respuesta inmediata cuando se detectaba la existencia de fuerzas enemigas contra las que era necesario atacar. Por otro lado, la NASA se planteó llevar a cabo campañas de muestreo y análisis de las capas altas de la atmósfera en todo el planeta, junto con la obtención de información para su uso en la

¹¹ UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. Diploma de especialización profesional universitario en aplicaciones y operación con drones-rpas. *Op. cit.*

predicción del tiempo mediante UAV. A largo plazo se espera que esta actividad pueda ser llevada a cabo por la evolución del UAS Zephyr®, las primeras versiones del cual han demostrado, a lo largo de esta década, la capacidad de esta aeronave para desarrollar misiones a gran altura y con gran autonomía (Fig. 11). Los planes actuales de la NASA y Qinetiq®, empresa desarrolladora de la aeronave, son extender su altura y su autonomía a un vuelo continuo durante 6 meses, descendiendo sólo para tareas de mantenimiento. Las operaciones civiles, más diversas que las militares, también se han empezado a desarrollar en este comienzo de siglo.

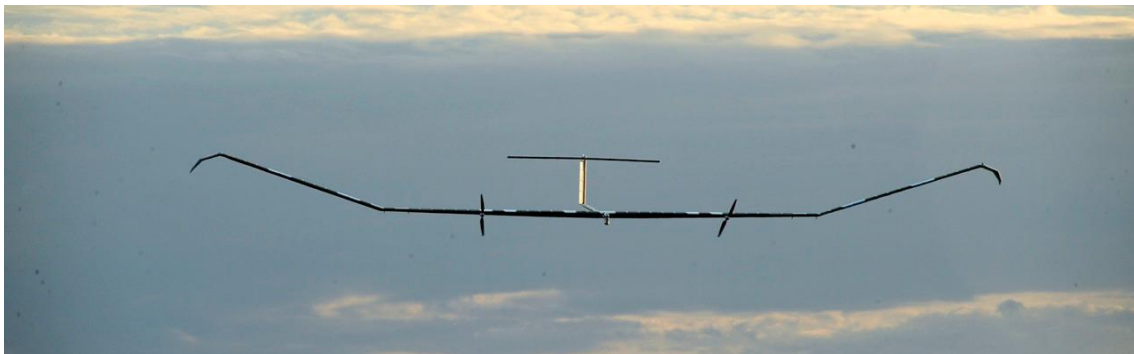


Fig.11: Modelo Zephyr.

En este momento, a parte de su continuidad en el uso militar, los RPAS se han desarrollado también en otras direcciones, la tecnología está apoyando estas tendencias con microprocesadores cada vez más asequibles y capaces de realizar gran variedad de actividades. Se pueden dividir en dos grandes grupos según el tipo de alas y su sistema de control. Según el tipo de alas se pueden establecer dos tipologías, las aeronaves de alas fijas, que son las que disponen de alas fijas similares a las de un avión (Fig. 12), y los multirrotor que disponen de varios



Fig. 12: Modelo de alas fijas Parrot DISCO FPV®



Fig. 13: Modelo multirrotor hexacóptero DJI Spreading Wings S900 Professional®

rotores con hélices que les permiten estabilizarse en el aire (Fig. 13). Estos aparatos son los más indicados para realizar fotografías o filmaciones de vídeo ya que se pueden mantener fijos en el aire sin variar su posición gracias a estabilizadores o podemos moverlos y girarlos en la dirección que deseemos por medio de aplicación de giroscopios. Otra clasificación de los RPAS se establece por el sistema de control del aparato, se pueden dividir en dos grandes grupos. Por un lado, los

llamados sistemas de control autónomo, en los que el aparato no necesita de un piloto que lo controle desde tierra si no que se guía mediante sistemas GPS y sensores integrados. El aparato dirige un plan de vuelo concreto establecido con anterioridad, este plan se realiza por medio de diferentes softwares especializados en los que se establecen una serie de puntos por medio de sistemas GPS y se crea una ruta que es la que el aparato seguirá. Por último, están las aeronaves con sistemas de control remoto en el que la aeronave es pilotada por un técnico mediante un mando que dirige directamente el aparato, además si la aeronave tiene cámara integrada, el vuelo se puede supervisar mediante un monitor donde es posible visualizar directamente el recorrido que la aeronave realiza.¹²

Se están utilizando nuevos materiales y configuraciones impulsadas hacia una evolución con



Fig. 14: Imagen aérea de la torre de Pisa

misiones completamente nuevas, que no han sido nunca llevadas a cabo por ningún otro tipo de avión. Las últimas incorporaciones de esta novedosa tecnología son, por ejemplo, las aplicaciones en ámbitos publicitarios y de marketing. Las grabaciones aéreas con aeronaves no tripuladas son ideales para todo tipo de proyectos audiovisuales desarrollados tanto

por agencias de publicidad y comunicación como para dar difusión turística a eventos, ciudades o patrimonio cultural (Fig. 14). Con los aparatos de hoy en día se pueden obtener planos espectaculares a través de perspectivas innovadoras, imágenes desde un ángulo totalmente distinto, de máxima calidad y originalidad. Los resultados son similares a la utilización de helicópteros, pero con un precio mucho más económico y asequible, además la flexibilidad que ofrecen las aeronaves profesionales es máxima para esquivar y sortear obstáculos físicos y estructurales donde un helicóptero no podría acceder jamás y se reducen los riesgos humanos ya que son aeronaves no tripuladas (Fig. 15)

¹² SERNA, M. *Uso de aeronaves no tripuladas (RPAS) en la conservación preventiva de bienes culturales (TFG)*. Pág 13.



Fig. 15: Aeronave sobrevolando la gran esfinge de Giza en Egipto.

Además de realizar grabaciones aéreas, las aeronaves actuales son capaces de desarrollar labores mucho más complejas. Las tareas en las que las aeronaves están siendo cada vez más protagonistas son las especializadas en el ámbito de la topografía y la geografía. Se han desarrollado aeronaves y softwares que aportan muchas ventajas con respecto a las técnicas convencionales. Con los métodos de topografía clásica, trabajar 100 hectáreas puede llevar hasta 4 semanas, sin embargo, con una aeronave en 40 minutos se podría llegar a cubrir el mismo terreno. En apenas 24 horas se puede obtener un modelo digital completo de un terreno específico ahorrando casi un mes de trabajo convencional (Fig. 16). Todos estos avances también se están comenzado a aplicar a otros campos como la arqueología, la seguridad de terrenos privados y eventos e incluso se están realizando avances en empresas de reparto de paquetes para realizar las entregas con estas aeronaves, se han creado aeronaves capaces de transportar carga de hasta 2,3 kg para la distribución de paquetes (Fig. 17).



Fig. 16: Simulación de captación de imágenes aéreas mediante la técnica fotogramétrica.



Fig. 17: Aeronave no tripulada cargando un paquete para entregar.

En el ámbito del patrimonio cultural también se están comenzado a incorporar aeronaves no tripuladas para realizar tareas de documentación, registro e incluso pueden llegar a realizar algunas tareas de conservación preventiva. Se ha demostrado que son muy eficaces para controlar y registrar bienes culturales de características específicas, es importante contar con un medio que es capaz de filmar y fotografiar desde todos los ángulos del objeto sea cual sea su dimensión y, además, sin la necesidad del montaje de medios auxiliares. De este modo los registros son mucho más completos, teniendo la posibilidad de crear modelos 3D a escala del bien cultural (Fig. 18, 19 y 20).¹³



Fig. 18: Levantamiento fotogramétrico a partir de fotografías aéreas de las termas orientales del yacimiento arqueológico de La Alcudia.

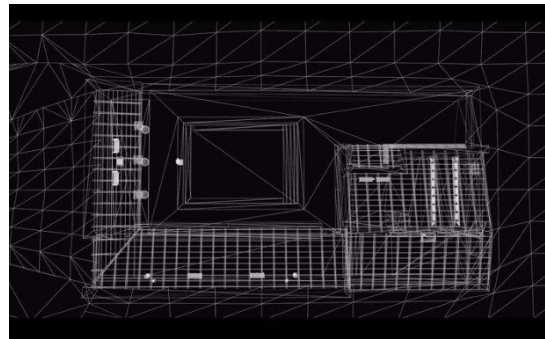


Fig. 19: Realización de la nube de puntos.



Fig. 20: Reconstrucción 3D con el software Blender.

Aunque la tecnología actual es capaz de hacerlo, existen leyes y normativas aéreas que hay que cumplir y dificultan las operaciones, sobre todo al sobrevolar poblaciones o zonas protegidas. A nivel legal, en la Unión Europea hay dos grandes grupos de RPAS, por un lado, están los RPAS de peso superior a 150 kg. que se rigen por la normativa de la European Aviation Safety Agency (EASA), y por otro lado están los de peso inferior a 150 kg. los cuales están regulados por las autoridades de aviación civil de cada estado. En España, el 17 de octubre de

¹³ SERNA, M. *Op. Cit.* Pág 8.

2014 se estableció una ley publicada en el BOE como Ley 18/2014 que establece la aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia de estos aparatos. Este reglamento examina los distintos escenarios en los que se podrán realizar los diferentes trabajos aéreos en función del peso de la aeronave e implanta las obligaciones que deben cumplir los pilotos y las empresas que las utilicen.¹⁴

En España, la ley clasifica las aeronaves en aparatos de más de 25 kg, de hasta 25 kg y de menos de 2 kg. En el caso de vuelos en el exterior, las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima sea inferior a 2 kg, siempre que cuenten con medios para poder conocer la posición de la aeronave, podrán volar en lugares no habitados y en espacio aéreo no controlado más allá del alcance visual del piloto, pero dentro del alcance de la emisión por radio de la estación de control y a una altura de elevación máxima de 120 metros. Las aeronaves que no excedan de 25 kg tienen las mismas restricciones que las inferiores a 2 kg, sin embargo, deben estar siempre dentro del alcance visual del piloto, a una distancia no mayor de 500 m. Además, estas aeronaves no necesitarán estar inscritas en el Registro de Matrícula de Aeronaves, y tampoco necesitarán el certificado de aeronavegabilidad de AESA, sin embargo, los propietarios sí necesitarán la licencia de piloto, que se puede obtener en escuelas especializadas. Hay dos tipos de licencias de piloto, una básica que permite pilotar las aeronaves de hasta 25 kg dentro del alcance visual y el avanzado que permite volar aeronaves de hasta 25 kg, pero fuera del alcance visual. Las aeronaves civiles cuya masa máxima sí supere los 25 kg y no sea superior a 150 kg y aquéllas cuya masa sea igual o superior a 150 kg destinadas a la realización de actividades de lucha contra incendios o búsqueda y salvamento, sólo podrán operar en zonas de vuelo al aire libre con las condiciones y limitaciones establecidas en su certificado de aeronavegabilidad emitido por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, en espacio aéreo no controlado. El no respetar estos requisitos puede llevar al establecimiento de sanciones, éstas serían proporcionales a los riesgos que se hubieran afrontado. Además, en caso de que causen daños a terceros existe incluso la posibilidad de sancionar por vía penal o civil.¹⁵

Independientemente de su peso hay unos requisitos comunes tanto para los pilotos como para las empresas que las utilicen: Todas las aeronaves civiles pilotadas por control remoto

¹⁴ AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA. *Nuevo marco regulatorio temporal para las operaciones con drones.*

¹⁵ GOBIERNO DE ESPAÑA. *Boletín oficial del estado. Núm. 252. Sección 6.ª Aeronaves civiles pilotadas por control remoto.* Sec. I. Pág.83976

deberán llevar en su estructura una placa de identificación en la que deberá constar de forma legible a simple vista, la identificación del aparato y su número de serie, así como el nombre de la empresa operadora y los datos necesarios para ponerse en contacto con la misma. Además, todas las empresas operadoras de aeronaves deben disponer de un manual de operaciones y de un estudio aeronáutico de seguridad para cada operación, la velocidad máxima del viento en el que puede volar, altura, etc. Deben adoptar las medidas adecuadas para garantizar la seguridad del vuelo y la protección de las personas y bienes subyacentes. Todos los pilotos de drones deberán acreditar que son titulares de cualquier licencia de piloto, incluyendo la de piloto de ultraligero, o demostrar de forma fidedigna que disponen de los conocimientos teóricos necesarios para obtenerla. Los vuelos realizados deberán documentarse, estando obligado el ejecutor a conservarlos a disposición de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.¹⁶

Muchas de las acciones relacionadas con la conservación de los bienes culturales se realizan en espacios interiores, los vuelos en recintos completamente cerrados no son dependientes de la jurisdicción de AESA, ya que no forman parte del espacio aéreo. Los responsables de esos recintos son los que deben decidir si autorizan el vuelo de drones en su interior y en qué condiciones (Fig. 21). Los trabajos con patrimonio en exteriores sí que se tienen que ceñir a las normas anteriormente descritas, y es responsabilidad de la empresa que realice el vuelo conocer las normas y aplicarlas para no tener problemas legales a la hora de realizar los trabajos. Es imprescindible sobre todo a la hora de realizar vuelos sobre eventos o en zonas pobladas tener todas las licencias en regla. Sin embargo, todavía las restricciones son muchas y gran variedad de trabajos que se ya se pueden realizar gracias al avance de la tecnología no son posibles debido a las restricciones legales que hay en la actualidad.

¹⁶ GOBIERNO DE ESPAÑA. *Op. Cit.* Pág. 83977

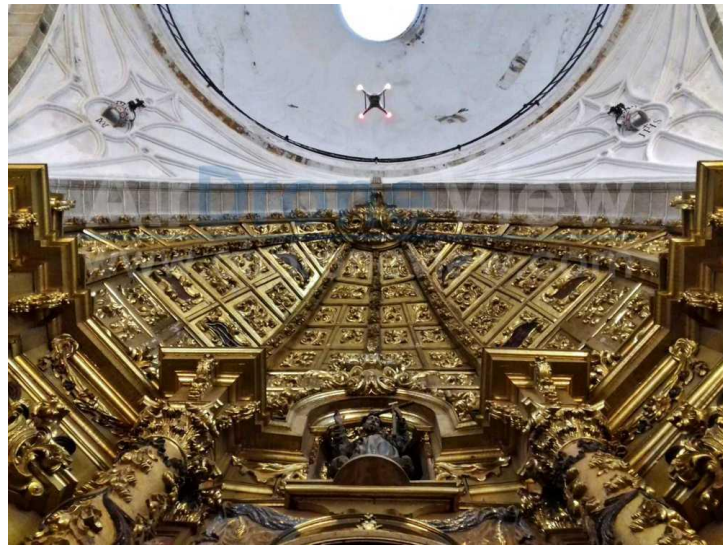


Fig. 21: Empresa Air Drone View realizando un vuelo en el interior de una iglesia.

5. Aplicaciones en el ámbito del patrimonio cultural



Fig. 22: Ejemplo de bienes muebles: colección pictórica del Museo del Prado, Madrid.



Fig. 23: Ejemplo de bien inmueble, Alcázar de Sevilla.

En este estudio se recogen algunos de los trabajos y avances realizados sobre los diferentes tipos de patrimonio cultural. Existen dos tipos de clasificaciones respecto al patrimonio: según la clasificación jurídica los bienes patrimoniales se subdividen en bienes muebles, aquellos que no se encuentran fijados al suelo o al edificio en que se encuentren y que pueden desplazarse o cambiar su ubicación sin que ello afecte a su naturaleza, como las colecciones de los museos (Fig. 22). Y los bienes inmuebles, que son aquellos que se basan en estructuras que en sí mismas son un bien cultural, como los yacimientos arqueológicos o los edificios históricos, en los que muchas veces

se encuentran instalados museos¹⁷ (Fig. 23). Por otro lado, la clasificación utilizada para exponer los trabajos escogidos a continuación ha sido la disciplinar, donde los bienes culturales se subdividen según el desarrollo de las distintas disciplinas: Patrimonio artístico, patrimonio arqueológico, patrimonio arquitectónico, patrimonio natural o ambiental, patrimonio etnográfico o etnológico y patrimonio documental y bibliográfico.

5.1 Patrimonio artístico

El patrimonio artístico es el más representativo en el patrimonio cultural al ser entendidos como productos y testimonios de la capacidad creativa del ser humano. Están vinculados a la visión humanista de la cultura y a la construcción de patrimonio nacional de cada país. Los bienes artísticos pueden ser tanto pictóricos como escultóricos o incluso, en ocasiones, arquitectónicos, también se pueden incluir instrumentos musicales. Estos bienes tienen una naturaleza dual, por un lado, tienen valor histórico ya que muchos de ellos representan momentos de la historia y testimonios del pasado. Por otro lado, son objetos artísticos ya que también son realizados para ser contemplados estéticamente y poseen valores sensoriales, formales y expresivos.



Fig. 24: Aeronave sobrevolando el interior de la Catedral de Toledo.

Se han realizado varios trabajos con el uso de aeronaves no tripuladas para registrar y difundir patrimonio artístico, un ejemplo de ello es la grabación del interior de la Catedral de Toledo con una aeronave no tripulada. El vídeo se creó para la promoción del concierto «QVIXOTE» del 28 de marzo de 2015, con motivo de las celebraciones por el IV centenario de la publicación de la II parte de El Quijote. La Orquesta y el Coro del Teatro Real, dirigida por Hartmut Haenchen interpretó la IX Sinfonía de Beethoven en el interior del templo. La filmación la realizó la empresa fmcreativa

¹⁷ RAMOS, O; SANDOVAL, E; HUEYTLETL, A. *Normas básicas para la conservación preventiva de los bienes culturales en museos*. Pág 6.

Studio® con un equipo de especialistas, las alturas permitieron descubrir imágenes impresionantes y perspectivas inéditas hasta ahora. Es posible apreciar la calidad de las esculturas y la majestuosidad del templo, sin duda la grabación fue una gran herramienta para difundir el suceso y hacer llegar a la sociedad tanto el acto cultural como el valor artístico de la Catedral (Fig. 24 y 25).

Otro ejemplo de aplicación de aeronaves en patrimonio artístico es la reconstrucción 3D de la estatua del Cristo Redentor en Brasil realizada por la empresa Pix4D® con la colaboración de Aeryon Labs Inc.® y la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro. Pix4D® es una empresa dedicada al mapeo de superficies con aeronaves no tripuladas, ha realizado trabajos para ámbitos



Fig. 25: Aeronave sobrevolando el interior de la Catedral de Toledo.

muy dispares como son la agricultura, la topografía, el monitoreo ambiental, la cartografía, la minería, la arqueología y el patrimonio cultural, entre otros.

La estatua del Cristo Redentor es el icono de la ciudad de Río de Janeiro y la estatua más importante de Brasil. Fue diseñada por el escultor francés Paul Landowski y construida por el ingeniero brasileño Heitor da Silva Costa, en colaboración con el francés Albert Caquot entre



Fig. 26: Imagen aérea del Cristo Redentor, rio de Janeiro.

1922 y 1931. La estatua mide una altura total de 38 metros (30 metros para la estatua misma y 8 metros para la base) y sus brazos tienen 28 metros de ancho. Se encuentra en la cima de la montaña Corcovado a 700 metros de altura en el Parque Nacional del Bosque de Tijuca (Fig. 26). Hasta 2015, todos los modelos 3D y réplicas

de la estatua habían sido diseñadas a mano ya que la tecnología de escaneo como LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging)¹⁸, no han podido escanear la estatua completa debido a su tamaño, su ubicación, difícil acceso y a las

¹⁸ Detección y selección de imágenes láser.

condiciones meteorológicas de la montaña. En total, 3.584 imágenes fueron capturadas en un tiempo de vuelo de aproximadamente 8 horas, distribuidas durante 7 días. Cada día se disponía de aproximadamente 1 hora y 30 minutos debido a la restricción por el horario de visitas, y se realizaron vuelos de 10 minutos, que es lo que dura aproximadamente la autonomía de las baterías (Fig. 27).



Fig. 27: Aeronave realizando el vuelo para la captura de imágenes aéreas.

El trabajo fue un éxito a pesar de las condiciones climáticas desfavorables, la iluminación inestable dependiendo del clima del día y el horario restringido por las visitas para la adquisición de datos. La aeronave utilizada fue Aeryon Scout® (Ver Anexo I. Especificaciones técnicas) (Fig. 28), el vuelo fue manual ya que debido a la fuerza del viento con control remoto la aeronave podría desplazarse fácilmente. Las imágenes fueron procesadas con Pix4DMapper Pro®, este es un software específico de Pix4D® que convierte las imágenes en mapas 2D de alta precisión, georreferenciados y modelos 3D. Son personalizables, precisos, y se complementan una amplia gama de aplicaciones y otros softwares. Se utilizaron 2.090 de esas imágenes y mediante Pix4Dmapper Pro® se creó el modelo 3D del Cristo Redentor y sus alrededores en alta resolución. Este modelo consta de una nube con 134,4 millones de puntos y una malla de textura con 2,5 millones de triángulos (Fig. 29 y 30).



Fig. 28: Aeronave Aeryon Scout.

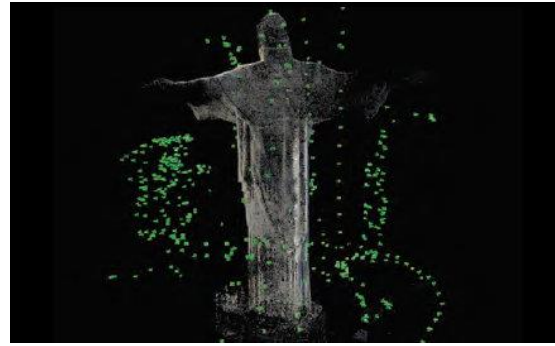


Fig. 29: Proceso de realización del modelo 3D del Cristo Redentor con Pix4Dmapper Pro®.



Fig.30: Modelo 3D del Cristo Redentor realizado con Pix4Dmapper Pro®.

Como se puede observar, la calidad de la reconstrucción es impecable. Es posible visionar el modelo a escala real y acercarse a los lugares más recónditos de la escultura para observar de cerca sus detalles. De esta manera se crea un gran acercamiento de los espectadores a la obra, tanto que ahora somos capaces de admirar la gran escultura desde nuestros propios ordenadores.

5.2 Patrimonio arqueológico

El patrimonio arqueológico es una de las categorías más importantes dentro del patrimonio cultural. Antaño solamente se consideraban importantes los objetos arqueológicos y los yacimientos en los que se hallaban eran meros espacios contenedores, actualmente el contexto del objeto es igual o más importante que el objeto encontrado en sí. Los objetos arqueológicos son contextualizados y se entienden con su lugar de origen y son tratados como parte de un conjunto de datos que ayudan a reconstruir las culturas del pasado. Las zonas arqueológicas se



Fig. 31: Ejemplo de Yacimiento arqueológico, San Esteban en Murcia.



Fig. 32: Ejemplo de zona arqueológica, Ciudad de Teotihuacan en México.

pueden dividir en dos categorías, por un lado: los yacimientos, son los lugares o el escenario geográfico donde se encuentran bienes muebles o inmuebles estudiados con metodología arqueológica. Pueden estar en la superficie, en el subsuelo o en el fondo marino (Fig. 31). Por otro lado: las zonas arqueológicas, son yacimientos arqueológicos de gran importancia que se encuentran plenamente integrados en su entorno como por ejemplo el complejo de la ciudad arqueológica de Teotihuacán (México) (Fig. 32). En el patrimonio arqueológico se incluyen todos los bienes de las ramas de la arqueología (prehistórica, clásica, medieval e industrial), siempre que tengan un

carácter histórico, y los bienes paleontológicos (fósiles) que son aquellos que se estudian e interpretan para conocer el pasado de la vida.

La empresa Pix4D® ha realizado numerosos trabajos en este ámbito específico gracias a las aeronaves no tripuladas, a continuación, se mostrarán algunos ejemplos. En primer lugar, el mapeo de la antigua ciudad de Paquimé en México. En el siglo XIII, la inmensa ciudad de Paquimé



Fig. 33: Situación en el mapa de la ciudad de Paquimé.

se levantó en el desierto chihuahuense del norte de México (Fig. 33), Charles Di Peso, el primer arqueólogo de Paquimé, estima que la ciudad cubría aproximadamente 36 hectáreas (Fig. 34 y 35). Los nativos que originalmente poblaron la ciudad vivían en pequeñas aldeas agrícolas, pero un cambio cultural desconocido fue el impulso para la

construcción de una política central donde los montículos ceremoniales, los edificios y las canchas de juego de estilo mesoamericano llenaron el centro de la ciudad. Estas características construcciones fueron realizadas con muros de adobe y mampostería de piedra, además se han encontrado sistemas subterráneos de drenaje, estructuras ceremoniales subterráneas, enterramientos localizados, corrales, pinturas murales, piezas de concha marina y cerámicas pintadas, entre otros objetos y estructuras. En definitiva, fue una ciudad con gran cantidad de recursos, centro de comercio, religión y poder político, algunos investigadores lo catalogan como una de las más grandes y complejas comunidades antiguas al norte de Mesoamérica. Por desgracia, en algún momento alrededor de mitad del siglo XIII (1450 Dc) las fibras sociales de esta gran ciudad comenzaron a desenredarse, y lugar fue finalmente abandonado. Durante casi un siglo los arqueólogos han estado trabajando en el noroeste de Chihuahua (México), para descubrir pruebas que podrían comenzar a responder a preguntas sobre la magnitud de la producción, el comercio, la organización social, política y religiosa en Paquimé. (Fig. 36 y 37)



Fig. 34: Imagen aérea tomada por Charles Di Peso en 1960.



Fig. 35: Imagen aérea tomada por Charles Di Peso en 1960.



Fig. 36: Imagen aérea realizada en 2015.



Fig. 37: Detalle de los muros de la ciudad de Paquimé.

En 1998 se añadió a la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO y se describió como evidencia de la evolución cultural de Norteamérica, y en particular al desarrollo comercial y cultural prehispánicos. A pesar de su fama ha habido pocos estudios sobre el origen, la estructura y el declive de esta civilización, los arqueólogos no se han centrado en estos temas de investigación debido al gran tamaño y complejidad del conjunto. Durante la década de 1960, Di Peso realizó una serie de fotografías aéreas del complejo, las cuales le ayudaron a visualizar

la complejidad y la escala del lugar. Las imágenes aéreas que capturó son útiles para ver la disposición de la ciudad y su relación con el terreno, las fuentes de agua y otros recursos naturales. La calidad de imagen proporcionó una valiosa pista histórica durante las excavaciones que se estaban realizando. Actualmente, siguiendo los pasos de Di Peso, se ha realizado un reconocimiento aéreo en 2015 como parte del proyecto las "Raíces de Casas Grandes" dirigido por el Dr. Michael Searcy, esta vez sin embargo se utilizó un sistema aéreo no tripulado (UAS) equipado con una unidad GPS y una cámara digital de alta resolución. Se capturaron imágenes georeferenciadas con gran detalle de Paquimé con el fin de actualizar los mapas e imágenes de Di Peso que ahora tienen casi cincuenta años.

Antes de realizar el vuelo fue necesario obtener la aprobación del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), y de Mauricio Salgado Servín, director del Centro Cultural Paquimé. Pedir permiso para volar en cualquier ubicación es crucial para todas las misiones aéreas no tripuladas, esto permite que todas las instituciones responsables estén involucradas en el vuelo, además los propietarios también pueden proporcionar información valiosa sobre el área circundante que puede no ser evidente para los operadores de las aeronaves. Se determinó despegar y aterrizar el aparato a unos 700 metros de Paquimé para minimizar la posibilidad de chocar con cualquier parte del lugar durante las acciones de despegue o el aterrizaje. El vuelo sobre Paquimé se realizó con un Trimble Gatewing X100® (Ver Anexo I. Especificaciones técnicas) de ala fija que se lanza a través de una catapulta y el monitoreo durante el vuelo se realizó con la ayuda de Micropilot Horizon 3.4®, que se ejecuta en una Tablet (Fig. 38 y 39). El X100 está equipado con un GPS, piloto automático, enlace de datos de 2,4 GHz, y una cámara Ricoh GR IV® de 10 megapíxeles.

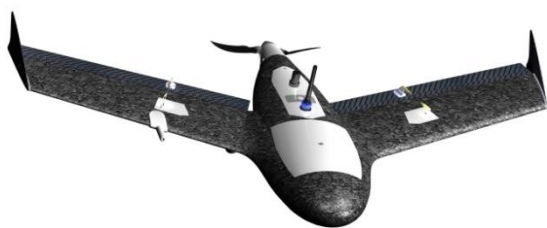


Fig. 38: Trimble Gatewing X100®.

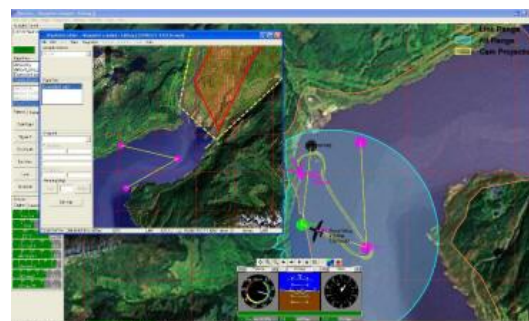


Fig. 39: Captura del software Micropilot Horizon 3.4®.

El vuelo se realizó en aproximadamente 32 minutos, voló a 150 metros sobre el suelo a una superposición lateral del 80 por ciento. Durante el vuelo, la cámara Ricoh capturó 422 fotografías de 3648x2736 píxeles almacenadas localmente en una tarjeta de memoria SD interna. Estas fotografías proporcionaron la materia prima y los datos necesarios para producir



Fig. 40: Ruta de vuelo establecido.

nuevos mapas y modelos 3D en el software Pix4Dmapper®. Estas imágenes fueron marcadas geográficamente durante el vuelo y gracias a ocho puntos de control GPS en tierra se proporcionó información adicional de geolocalización para crear un orto-mosaico georreferenciado (Fig. 40 y 41).

Documentar Paquimé utilizando una pequeña aeronave combinado con las herramientas digitales dio la capacidad de forma de manera eficiente y precisa el mapa de esta antigua ciudad con un alto nivel de detalle (Fig. 42). La nube de puntos también proporciona la capacidad de calcular y medir en tres dimensiones, fueron capaces de medir el tamaño de varios edificios y estructuras. Esto es especialmente útil, ya que ahora podemos calcular la altura, el ancho y el volumen de toda la arquitectura de Paquimé, además se pudo calcular que el "depósito 2" podría contener aproximadamente 828 m³ (828.000 litros) de agua cuando estaba completamente lleno. Estos datos son importantes para el estudio e investigación de la civilización ya que se puede entender más sobre el número de personas que pudieron haber vivido en Paquimé basado en lo que sabemos sobre el consumo humano de agua en ambientes calurosos y áridos.

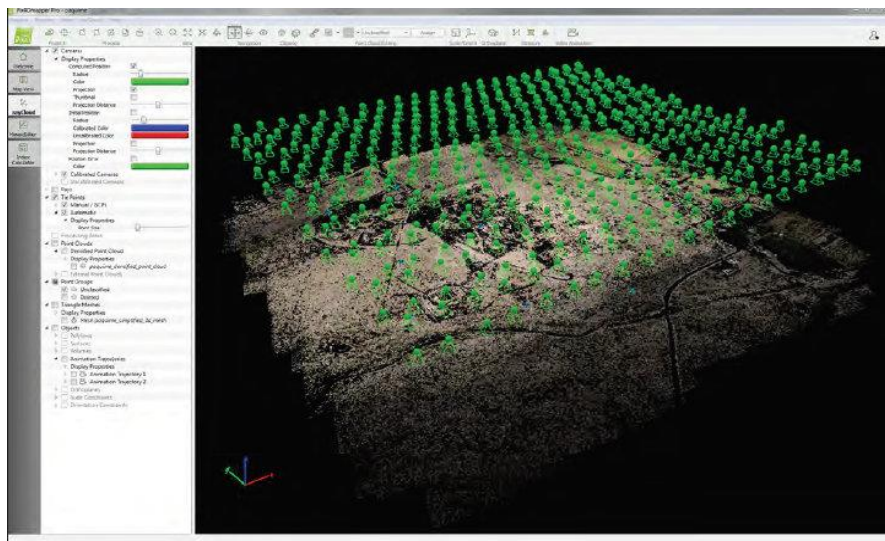


Fig. 41: Realización de la nube de puntos mediante el software Pix4D®.



*Fig. 42:
Orto-mosaico georreferenciado
de la ciudad de Paquimé.*

Otra novedosa aplicación del uso de aeronaves llevada a cabo por Pix4D® es la realización de un modelo a escala de un monumento arqueológico perceptible para personas con discapacidad visual. El parque arqueológico de Kourion en Chipre fue mapeado en mayo de 2016. Mientras que la mayoría de los restos arqueológicos, entre ellos varios edificios con mosaicos bien conservados, corresponden a la época romana y bizantina, los restos más antiguos se vinculan a asentamientos y tumbas de la época neolítica (circa 5500 a 4000 aC). La zona arqueológica de Kourion es administrada por el Departamento de Antigüedades de Chipre y es parte del patrimonio de la humanidad de Pafos (elegida como Capital Europea de la Cultura en el año 2017) (Fig. 43 y 44). El monumento elegido fue un anfiteatro que data del siglo II a.C. aunque los restos actuales pertenecen a las reformas realizadas durante la época romana entre los siglos II y III d.C. Tenía capacidad para unos tres mil quinientos espectadores.



Fig. 43: Vista desde la parte superior del anfiteatro de Kourion.



Fig. 44: Imagen aérea del anfiteatro de Kourion.

El fabricante británico de aeronaves no tripuladas QuestUAV® en colaboración con la Universidad de Tecnología de Chipre, obtuvo imágenes aéreas de alta resolución del parque arqueológico y creó un modelo virtual en 3D. El piloto de QuestUAV® con una de sus aeronaves Surveyor Q-200® (Ver Anexo I. Especificaciones técnicas) voló más de 100 hectáreas del parque



Fig. 45: Piloto preparando el vuelo con la aeronave.

arqueológico a 120 metros de altura, equipado con una cámara A6000 Sony con lente de 16mm gran angular, obteniendo 330 fotografías aéreas durante a 20 minutos (Fig. 45 y 46). El disparador automático de la cámara realizó imágenes nítidas incluso a velocidades de viento de hasta 40 km/h.



Fig. 46: Surveyor Q-200® con su equipación.

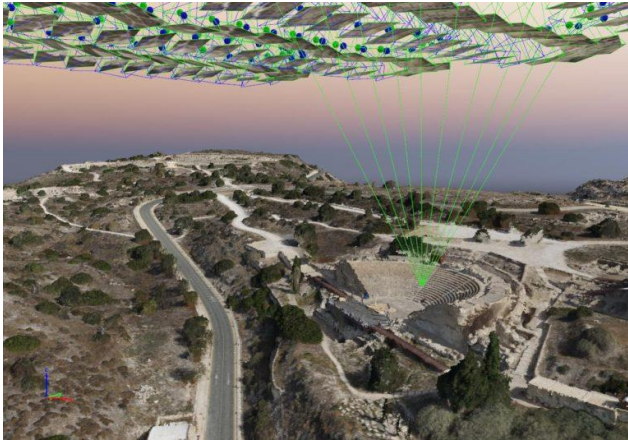


Fig. 47: Proceso de creación del modelo 3D mediante Pix4Dmapper Pro®.

Los resultados del estudio se han utilizado para crear mapas de lugares de la antigua ciudad de Kourion con un nivel de detalle nunca visto (Fig. 47). En el verano de 2015, los mapas seleccionados, incluyendo el anfiteatro, fueron utilizados como plantilla para modelos de exposición de impresión 3D en el centro de visitantes del yacimiento. Ahora están en exhibición con anotaciones y

descripciones en Braille, así las personas con discapacidad visual podrán experimentar de forma interactiva la historia de Kourion (Fig. 48). Los modelos 3D impresos son una maravillosa manera de presentar estos resultados de los mapas y usarlos para ayudar que las exposiciones sean más dinámicas y entretenidas para el público además de darles la oportunidad a personas con discapacidades visuales de disfrutar del monumento.



Fig. 48: Resultado final de la impresión 3D del anfiteatro de Kourion.

5.3 Patrimonio arquitectónico

Se puede considerar que forma parte del patrimonio histórico-artístico, aunque cuenta con problemáticas y características específicas. Este tipo de patrimonio se puede dividir en: Patrimonio arquitectónico rural, como edificaciones típicamente rurales (arquitectura tradicional), edificios históricos, castillos, murallas, palacios, iglesias, molinos, etc, y conjuntos históricos urbanos como centros urbanos, núcleos históricos, barrios y conjuntos monumentales, tramas urbanas, ciudades patrimonio, parques y jardines históricos etc. La mayoría del patrimonio arquitectónico es propiedad de la Iglesia, la cual otorga más valor religioso al edificio que valor patrimonial o histórico por lo que el proceso de secularización¹⁹ de las edificaciones ha provocado el abandono de muchas de las mismas.

La compañía de fotografía y filmación aérea Aerial Eye® ha creado una reconstrucción 3D del castillo de Clifden, en el condado de Galway. Fue construido por John d'Arcy en el siglo XVIII en un estilo gótico típico, se habitó durante 90 años hasta la década de los 40 del siglo XIX que fue



Fig. 49: Castillo de Clifden, Irlanda.

abandonado y cayó en la ruina (Fig. 49). Este proyecto nace para demostrar cómo el de mapeo con aeronaves no tripuladas puede formar parte en la preservación digital de los activos culturales primarios de Irlanda. El proyecto tiene como objetivo demostrar a los arqueólogos la capacidad de la fotogrametría y la tecnología de las aeronaves en el registro de lugares patrimoniales.

¹⁹ Transformación de algo que pertenecía al estamento eclesiástico a una realidad secular no relacionada con ninguna confesión religiosa; especialmente, la incautación por parte del Estado de bienes eclesiásticos.

El objetivo final es crear una base de datos 3D de los activos históricos primarios de Irlanda, preservándolos como modelos digitales de alta definición. Las imágenes fueron capturadas usando un pequeño quadcopter DJI Inspire 1® con cámara (Fig. 50) (Ver Anexo I. *Especificaciones técnicas*), el vuelo se realizó completamente en modo manual a varias alturas (50m / 30m) evitando cualquier colisión con la estructura o la cobertura de los árboles y permitió un gran control en la proximidad de los lugares de difícil acceso (Fig. 51). El modelo 3D final fue un éxito, se consiguió una gran fiabilidad de detalles a escala en un tiempo muy reducido (Fig. 52 y 53). La velocidad a la que ahora se pueden crear modelos 3D de objetos y estructuras reales está aumentando. Dependiendo del nivel de precisión requerido y el propósito de su trabajo, se puede obtener mayor precisión integrando GEO GCPs (Puntos de Control en el Terreno)²⁰. Sin embargo, como el propósito de este modelo era el de registrar visualmente el Castillo de Clifden, el trabajo de modelado desarrollado en este caso era ideal, siendo más barato y más rápido que los métodos de topografía tradicionales.



Fig. 50: DJI Inspire 1®.



Fig. 51: Vuelo realizado con la aeronave alrededor del monumento.

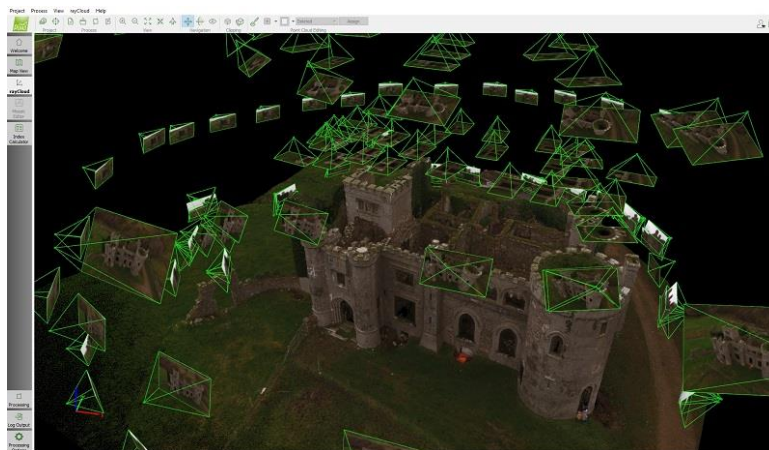


Fig. 52: Proceso de creación del modelo 3D mediante Pix4Dmapper Pro®.

²⁰ Son generados a partir de imágenes estéreo de alta resolución realizadas por satélite, los GEO GCPs (Puntos de Control en el Terreno) ofrecen información muy precisa para los modelos 3D. Se generan con independencia de las condiciones meteorológicas y de iluminación, y se pueden extraer en cualquier lugar del mundo en cualquier momento.



Fig. 53: Resultado del modelo 3D del castillo de Clifden, Irlanda.

En Francia también se han realizado proyectos similares, aprovechando las habilidades de modelado 3D e impresión como un servicio se ha mapeando la Abadía de Chateliers con



Fig. 54: Imagen aérea de la Abadía de Chateliers, Francia.

aeronaves no tripuladas (Fig. 54). Para explorar la mejor forma de ampliar y mejorar sus servicios, el proveedor de servicios de fotogrametría Unautregard® se asoció con Planète Sports & Loisirs® y 3D Arcwest®, para capturar, modelar en 3D e imprimir en 3D las ruinas de la Abadía de Chateliers, situadas en el municipio de La Flotte: icono del patrimonio cultural de la Île de Ré, en Francia. Esta edificación sufrió

las consecuencias de diferentes episodios desfavorables: el ataque de los ingleses en 1294, la guerra de los Cien Años entre los siglos XIV y XV y, sobre todo, las guerras de Religión que acabaron definitivamente con su existencia: en 1574 resultó incendiada y los monjes la abandonaron de manera definitiva. Aunque sus ruinas han sido una cantera para otras construcciones, aún se puede ver buena parte de su iglesia gracias a que durante años su fachada ha sido utilizada como señal para la navegación.

Este proyecto demuestra lo que se puede lograr combinando fotografía aérea, modelado 3D basado en fotogrametría e impresión 3D. El proyecto constaba de tres etapas y cada participante aportó diferentes elementos al proyecto: Michael Morin de Planète Sports & Loisirs® utilizó sus habilidades de fotografía aérea para tomar las capturas (Fig. 55), Guy Dentan, de Unautregard®, añadió su experiencia en modelado 3D basada en fotogrametría y procesó los modelos 3D usando el software de Pix4D® (Fig. 56) y Killian Jouan, de 3D Arcwest® su experiencia de impresión 3D para imprimir las mallas resultantes (Fig. 57 y 58). La malla generada por Pix4D® fue óptima; ofrecía un realismo incomparable y un nivel muy alto de detalle. Los arbustos y elementos de alrededor fueron borrados utilizando herramientas de edición para crear el modelo listo para imprimir.



Fig. 55: Imágen aérea tomada por Planète Sports & Loisirs®.



Fig. 56: Nube de puntos realizada por Unautregard®.



Fig. 57: Malla 3D texturizada realizada por Unautregard®.

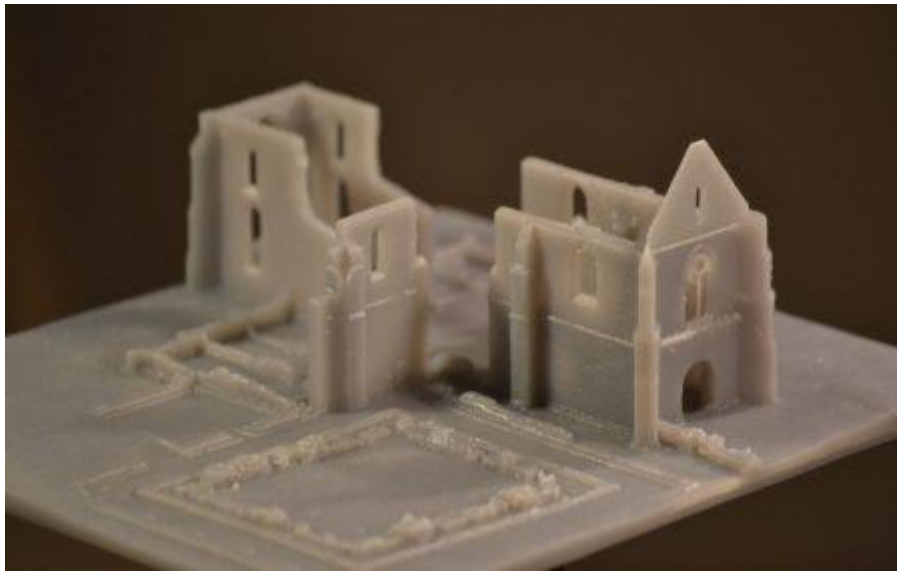


Fig. 58: Impresión 3D del modelo realizado por 3D Arcwest®.



Fig. 59: Domino Sugar Refinery en 2013, Brooklyn, Nueva York.

Esta tecnología nos sigue sorprendiendo desde el otro lado del mundo, en Brooklyn se ha realizado el modelado 3D del “Domino Sugar Refinery”, una refinería de azúcar de la marca Domino®, la marca dominadora del mercado del azúcar en Estados Unidos (Fig. 59). Este modelado se realizó para poder preservar este edificio que es un hito histórico en la ciudad de Nueva York antes de ser demolido debido a que esa zona formaba parte de un proyecto en la línea de costa. La hermosa estructura fue construida originalmente en 1856 y luego reconstruida en 1882 después de un gran incendio. Era una de las refinerías de azúcar más grandes en el mundo, empleando a más de 4.000 trabajadores, actualmente la estructura se había convertido en el lugar más famoso de graffitis de la ciudad de Nueva York (Fig. 60 y 61). Utilizando una aeronave DJI Phantom 3 Pro® (Ver *Anexo I. Especificaciones técnicas*) (Fig. 62), se realizó un vuelo sobre la fábrica de refinería de azúcar capturando fotografías cada cinco segundos para asegurar una suficiente superposición posterior. Para cubrir toda la fábrica, se realizaron dos vuelos de 15 minutos y se tomaron 218

imágenes. El procesado con Pix4Dmapper Mesh Edition® duró cuatro horas, incluyendo la adición y edición de puntos y la generación de una malla con textura 3D (Fig. 63 y 64).

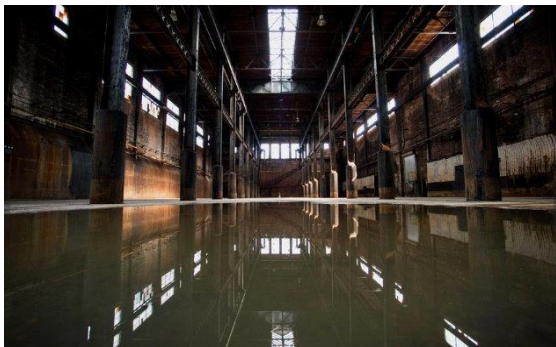


Fig. 60: Interior abandonado de la refinería.

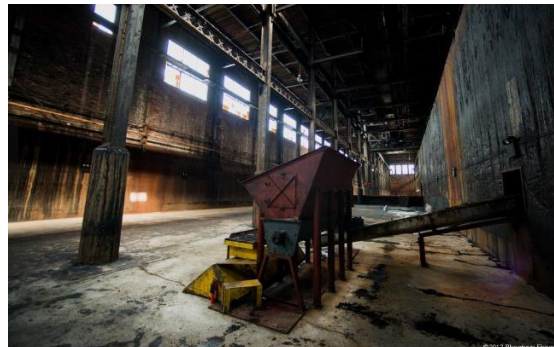


Fig. 61: Interior abandonado de la refinería.



Fig. 62: DJI Phantom 3 Pro®.

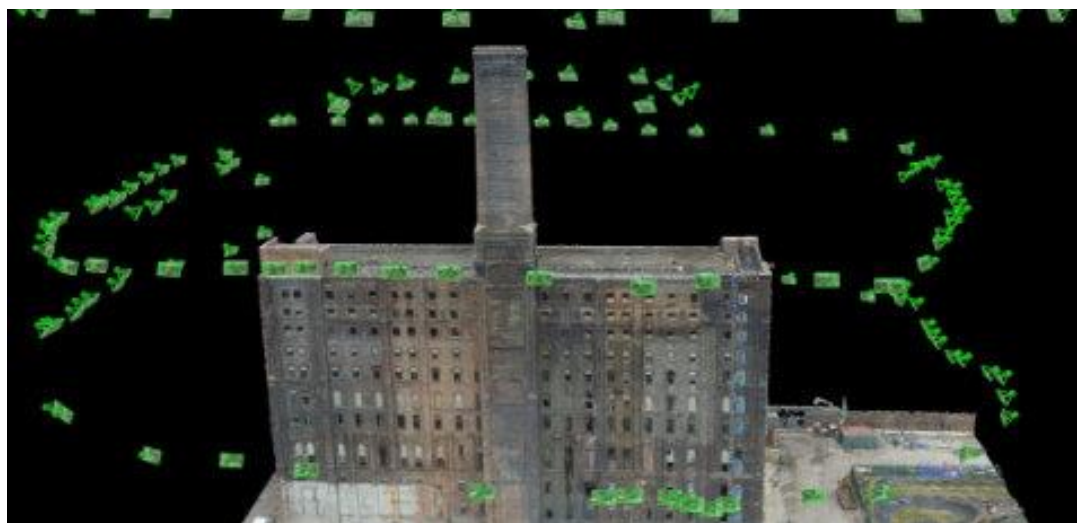


Fig. 63: Proceso de creación de malla 3D con Pix4Dmapper Mesh Edition®.

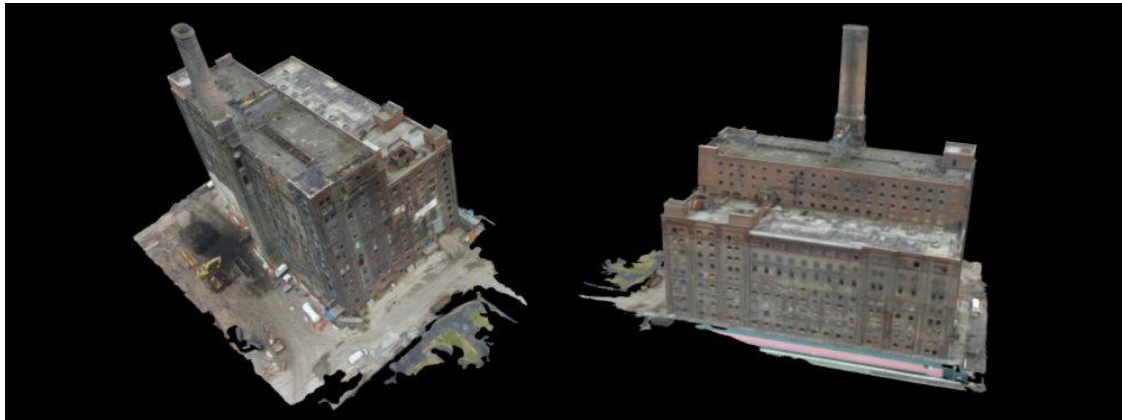


Fig. 64: Modelo 3D final de la Domino Sugar Refinery, Brooklyn.

La fotografía, la cartografía y el modelado 3D en este tipo de estructuras de gran escala y con estas capacidades de detalle, a una gran velocidad y facilidad sin gastar un presupuesto desorbitado en cada vuelo (especialmente en entornos urbanos) simplemente no es posible sin el trabajo con aeronaves no tripuladas. Como se ha expuesto anteriormente, la aplicación de estos trabajos sobre el patrimonio es variada, pueden utilizarse tanto como una simple herramienta de registro de lugares históricos, como un método de documentación fiable y exhaustivo para zonas que van a desaparecer de manera inminente. También se ha demostrado que son sumamente capaces para crear modelos que se pueden utilizar como herramienta educativa para los estudiantes y visitantes que están interesados en saber más sobre la arquitectura histórica. Con las plataformas de creación de mallas 3D, como Sketchfab®, los modelos pueden anotarse con texto, imágenes o gráficos adicionales para transmitir más información (Fig. 65).

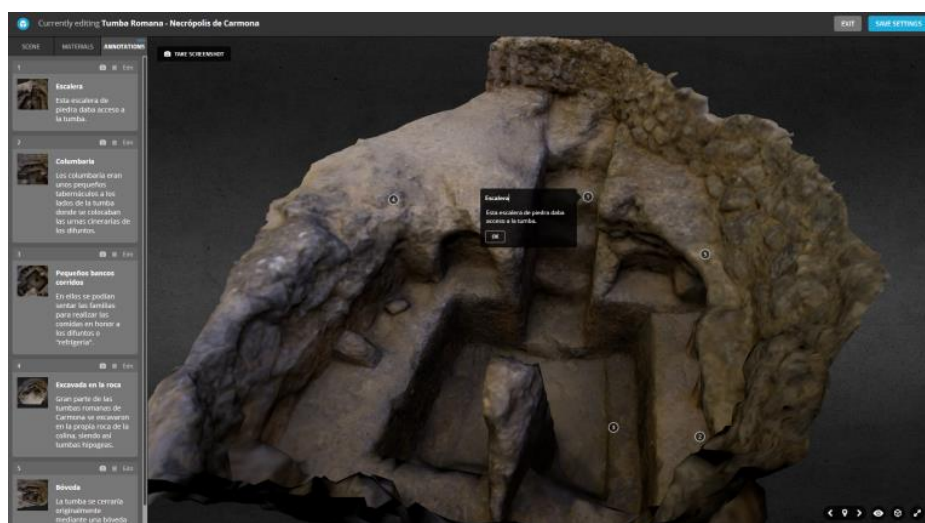


Fig. 65: Ejemplo de anotaciones sobre un modelo 3D con el software Sketchfab®.

5.4 Patrimonio natural o ambiental

El patrimonio natural sobre todo busca la conservación y protección de un patrimonio que se encuentra hoy especialmente amenazado por la degradación ecológica que sufre el planeta debido a la industrialización, los nuevos contaminantes y el agotamiento de los recursos naturales. Con la patrimonialización se pretende crear conciencia sobre los peligros y riesgos que conlleva perder estos recursos y además implica la relación entre naturaleza y cultura ya que muchos de los conjuntos naturales tienen carácter histórico.

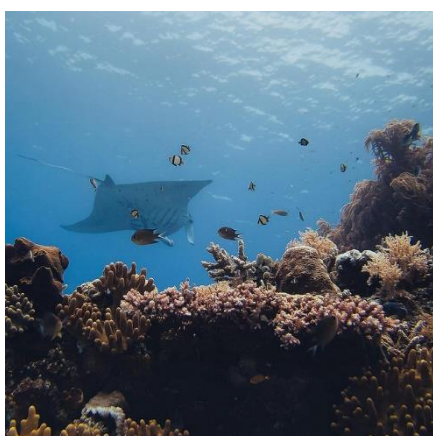


Fig. 66: Ejemplo de Patrimonio natural de la humanidad, parque marino del Arrecife de Tubbataha en Filipinas.

Preservar la biodiversidad de nuestro planeta es fundamental para el bienestar de la humanidad. Gracias al apoyo de la Convención del Patrimonio Mundial, los lugares naturales más importantes gozan de reconocimiento internacional y de asistencia técnica y económica para combatir amenazas como la tala indiscriminada para hacer cultivos, la introducción de especies exóticas o la caza furtiva. Para ser inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial, el lugar debe poseer fenómenos naturales notables, representar alguna de las principales etapas de la historia de la Tierra, mostrar

principios ecológicos y biológicos significativos o contener entornos naturales importantes. La Convención del Patrimonio Mundial otorga reconocimiento internacional a más del 10% de la superficie total de las áreas protegidas del mundo y aporta una protección vital a los recursos naturales más importantes de nuestro planeta (Fig. 66 y 67).²¹



Fig. 67: Ejemplo de Patrimonio natural de la humanidad, parque nacional del Teide en Tenerife (España).

²¹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA. *Patrimonio natural*. Consultado el 20/05/2017 <<http://es.unesco.org/themes/patrimonio-natural>>

No importa qué discurso se escuche sobre el cambio climático, todos deberíamos estar de acuerdo en que mantener los bosques de la tierra sanos es esencial para el futuro. Los bosques son grandes purificadores de aire, un ejemplo de ello son las secuoyas gigantes de California (Fig. 68). Para poder examinar los árboles y establecer hipótesis o diagnosticar algunos ejemplares es necesario que los investigadores escalen regularmente las grandes secuoyas para poder recoger muestras y observar de cerca las zonas más altas. Es un trabajo laborioso y complicado, ya que se necesita preparación previa para realizar las escaladas y además se pueden tardar varias horas en inspeccionar un ejemplar (Fig. 69). Como parte de un proyecto conjunto, Pix4D® y Parrot® utilizaron aeronaves no tripuladas y cámaras multispectrales²² para crear una nube de puntos 3D del NDVI del bosque de Whitaker situado en el Parque Nacional Kings Canyon, lo que permite a los investigadores acceder a información oculta (Fig. 70). El NDVI es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada: es un índice de vegetación que se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Para el cálculo de los índices de vegetación es necesaria la información que se encuentra en las bandas roja e infrarroja de ese espectro electromagnético²³ (Fig. 71).



Fig. 68: Imagen aérea del bosque de secuoyas gigantes de California.



Fig. 69: Investigador escalando un ejemplar de secuoya gigante.

²² Obtienen diferentes imágenes de un objeto obtenidas en diferentes bandas del espectro electromagnético.

²³ ALONSO, D. *NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGI*, 2015. Consultado el 23/05/2017 <<https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>>



Fig. 70: Aeronave no tripulada sobrevolando el bosque de secuoyas gigantes.

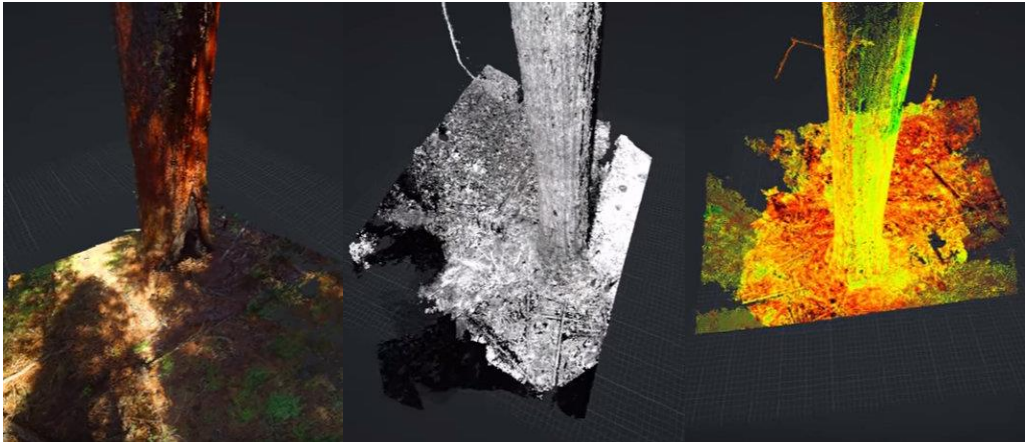


Fig. 71: Nubes de puntos creadas a partir de imágenes multispectrales. De izquierda a derecha: nube de puntos RGB, nube de puntos infrarroja y nube de puntos NVDI.

Mientras que el mapeo y modelado de imágenes RGB es cada vez más común, las imágenes multispectrales se han limitado a la creación de mapas en 2D, ocultando información crítica de los objetos y vegetales. En este proyecto se ha explorado cómo conectar las nubes de puntos 3D con el valor multispectral, estas nubes de puntos especiales se producen combinando la información adquirida de diferentes bandas espectrales en una sola geometría 3D. Como resultado, cada punto en la nube de puntos contiene valores de reflectancia precisos de cada banda espectral. Ahora, la vegetación no sólo es analizable de arriba hacia abajo, sino también en 3D desde todos los ángulos, lo que permite a los especialistas del medio ambiente reconocer problemas en toda la estructura de los árboles de manera rápida en lugar de pasar días para examinar y dibujar cada árbol individualmente (Fig. 72 y 73).

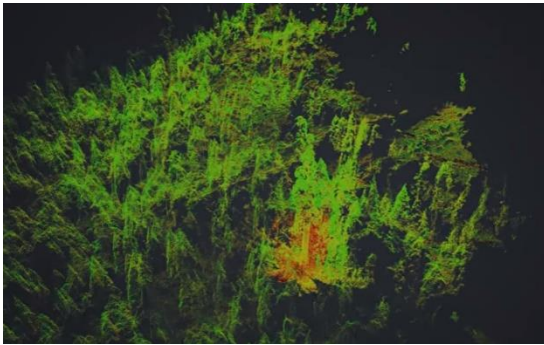


Fig. 72: Mapa de puntos NVDI del bosque de secuoyas.

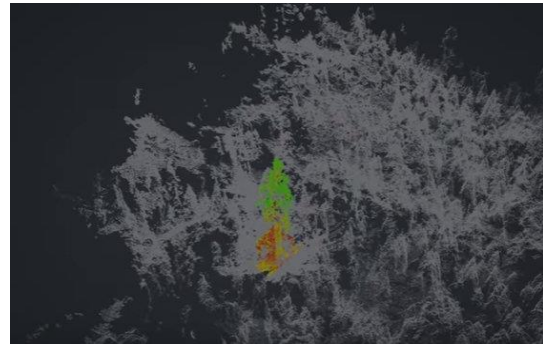


Fig. 73: Selección de mapa de puntos NVDI de una secuoya dentro bosque de secuoyas.

Otra de las aplicaciones que se han desarrollado de la mano de las aeronaves no tripuladas en el ámbito del patrimonio natural se ha llevado a cabo en Gull Island (Isla Gaviota), santuario de aves situado a 11 km aproximadamente de la costa de Connecticut y propiedad del Museo



Fig. 74: Imagen aérea de Gull Island (Isla Gaviota), en Connecticut.

Americano de Historia Natural de Nueva York (Fig. 74). El mapeo de Gull Island tenía como objetivo crear un mapa de alta resolución de esta isla de 6 hectáreas como parte de un proyecto de restauración del hábitat. El resultado se utilizó para replantear la planificación de la vegetación y poder llegar a mejorar los hábitats de anidación de las especies que allí conviven.

Para mapear toda la isla, se utilizaron alrededor de 450 imágenes que fueron capturadas a 40 metros de altura por una cámara Canon PowerShot A2200® montada en un quadcopter personalizado (Fig. 75). Los vuelos de captura de las imágenes se realizaron en abril y mayo de 2013, y se utilizaron herramientas para combinar y rectificar las imágenes obtenidas. Sin embargo, aunque estos intentos produjeron resultados adecuados, en julio de 2015 con Pix4Dmapper® proporcionó un resultado mucho más óptimo. El uso de estas herramientas hizo la tarea de mapeo mucho más sencilla. El tiempo y costo empleado es eficiente en comparación con los grandes resultados obtenidos (Fig. 76 y 77).



Fig. 75: Aeronave personalizada.

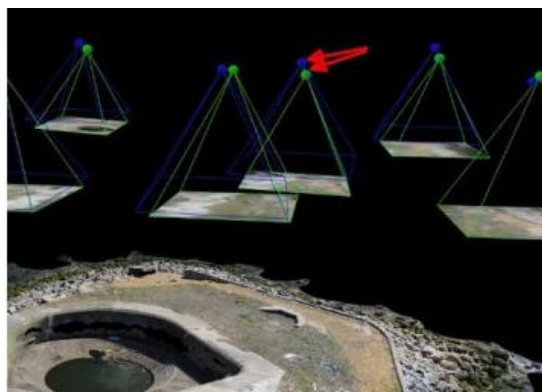


Fig. 76: Proceso de creación de la malla 3D con Pix4Dmapper Pro®.



Fig. 77: Resultado final del modelo de Gull Island.

5.5 Patrimonio inmaterial

El patrimonio cultural no se limita a monumentos y colecciones de objetos, sino que comprende también tradiciones o expresiones vivas heredadas de nuestros antepasados y transmitidas a nuestros descendientes, como tradiciones orales, artes del espectáculo, usos sociales, rituales, actos festivos, conocimientos y prácticas relativos a la naturaleza y el universo, y saberes y técnicas vinculados a la artesanía tradicional (Fig. 78). Pese a su fragilidad, el patrimonio cultural inmaterial es un importante factor del mantenimiento de la diversidad cultural frente a la creciente globalización. La comprensión del patrimonio cultural inmaterial de diferentes comunidades contribuye al diálogo entre culturas y promueve el respeto hacia otros modos de vida. La importancia del patrimonio cultural inmaterial no estriba en la manifestación cultural en sí, sino en el acervo de conocimientos y técnicas que se transmiten de generación en generación. El valor social y económico de esta transmisión de conocimientos es pertinente para los grupos sociales tanto minoritarios como mayoritarios de un Estado, y reviste la misma importancia para los países en desarrollo como para los países desarrollados.²⁴

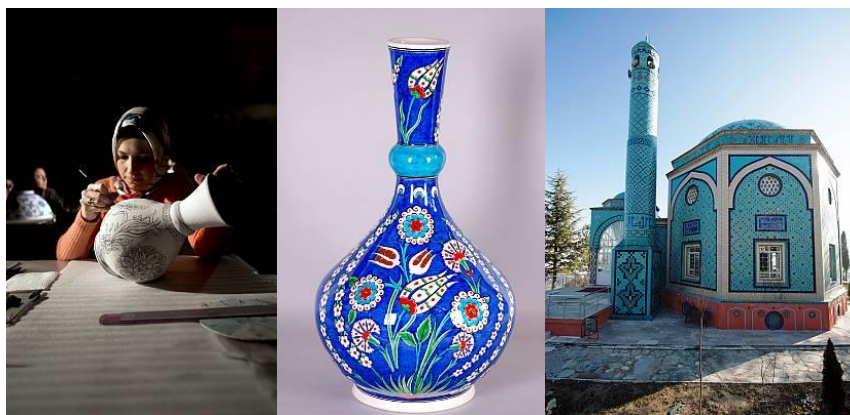


Fig. 78: Ejemplo de Patrimonio Inmaterial de la humanidad, el proceso artesanal tradicional de creación de la cerámica "çini" en Turquía.

Este patrimonio está vivo, es decir, ha recorrido un largo camino para poder ser, todavía hoy, celebrado, vivido o rememorado por diferentes personas y grupos. Se trata de manifestaciones sociales, dinámicas y procesuales, y como tal responden a prácticas en continuo cambio, protagonizadas por diferentes individuos y grupos. Estas manifestaciones han sobrevivido hasta nuestros días porque, gracias a su componente cultural interno de naturaleza inmaterial, han

²⁴ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA. *¿Qué es el patrimonio cultural inmaterial?* Pág 4.

sido capaces de autorregularse y generar mecanismos de adaptación a entornos sociales, económicos, tecnológicos y culturales, siempre cambiantes e imprevisibles²⁵. Sin embargo, este tipo de patrimonio todavía no está integrado totalmente en la sociedad, tendemos a valorar como patrimonio los objetos artísticos o las estructuras, pero no de igual manera las tradiciones. No obstante, este tipo de patrimonio es de los más importantes ya que es la cultura de cada país, comunidad y ciudad, forma parte de nuestra historia y de nuestro pasado tanto o más que los objetos materiales. Como ocurre con la cultura en general, el patrimonio inmaterial cambia y evoluciona constantemente, y cada nueva generación lo va enriqueciendo. Si no se alimenta, el patrimonio inmaterial podría perderse para siempre, o quedar enterrado en el pasado. Actualmente se está intentando concienciar para tomar medidas que salvaguarden este tipo de patrimonio para que, tras el paso de los años, aunque las tradiciones vayan cambiando

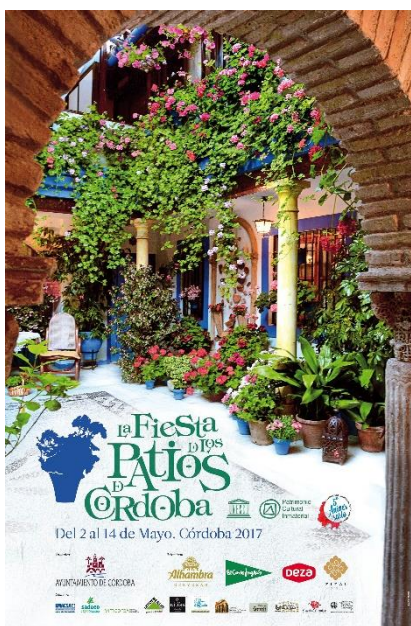


Fig. 79: Cartel de la Fiesta de los patios de Córdoba 2017, ejemplo de difusión de Patrimonio Inmaterial de la humanidad.

tengamos la imagen de cómo se realiza y se disfruta hoy en día. Para salvaguardarlo necesitamos medidas distintas de las empleadas cuando conservamos monumentos, lugares y espacios naturales. Las comunidades y grupos que practican estas tradiciones y costumbres en todo el mundo tienen sistemas propios de transmisión de sus conocimientos y técnicas, en general más por vía oral que escrita. Por consiguiente, en las actividades de salvaguardia deben participar siempre las comunidades, los grupos y, cuando proceda, los individuos que son depositarios de ese patrimonio. Pero, ¿cómo salvaguardar y efectuar la gestión de un patrimonio que cambia constantemente y forma parte de una “cultura viva”, sin fosilizarlo o banalizarlo?

Salvaguardar el patrimonio cultural inmaterial significa velar por que siga formando parte activa de la vida de las generaciones presentes y se transmita a las venideras. Las medidas de salvaguardia están encaminadas a asegurar la viabilidad de este patrimonio y su continua recreación y transmisión. Entre las iniciativas para salvaguardar el patrimonio cultural inmaterial se cuentan su identificación, documentación, investigación,

²⁵ MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE. *Plan Nacional de Salvaguarda del Patrimonio Cultural Inmaterial*. Pág 8.

preservación, promoción, mejora y transmisión, en particular a través de la educación formal y no formal, así como la revitalización de sus diferentes aspectos (Fig. 79).²⁶

Las aeronaves no tripuladas están comenzando a introducirse en este campo sobre todo en la creación de vídeos recopilatorios de algunas tradiciones. Las aeronaves vuelan sobre las ceremonias recogiendo imágenes aéreas que expresan desde las alturas la magnitud de los eventos y crean una visión global de las actividades que desde tierra no se aprecia. La mayoría de estos vídeos se utilizan con fin de fomento turístico para pueblos o eventos especiales, otros de ellos son una muy buena manera de documentar mediante imágenes algunas tradiciones multitudinarias. Podemos encontrar algunos ejemplos, que no necesariamente son patrimonio inmaterial declarado por la UNESCO, pero siguen siendo tradicionales e importantes para las comunidades que las celebran.

En Cofrentes, municipio de la Comunidad Valenciana, se celebran a principios del mes de mayo las fiestas que están dedicadas a San José Obrero. Estas fiestas se han documentado y se ha creado un vídeo para fomentar el turismo de la zona y para mostrar las actividades que se



Fig. 80: Imagen aérea de la multitud asistiendo a la maderada de Cofrentes.

realizan durante las fiestas. Con ayuda de aeronaves no tripuladas se ha conseguido plasmar mediante imágenes aéreas las actividades más relevantes de estos días desde una perspectiva mucho más amplia (Fig. 80). El acto más destacado de estas

fiestas es la representación de la bajada de madera por el río Cabriel, la llamada

Maderada, una antigua tradición que data del siglo XIII. Las fiestas recrean la bajada de la madera desde la sierra conquense hasta las fábricas de Valencia, Alzira o Cullera por los ríos Cabriel y Júcar, que se unen en Cofrentes (Fig. 81 y 82). Este ritual se realizaba en una época anterior al ferrocarril y, por supuesto al transporte por carretera, por lo que el método más rápido de transportarlo era por el cauce del río. El maderero, o gancho, era el encargado de guiar los troncos durante un recorrido de varios meses desde las orillas, subidos en balsas o sobre los mismos troncos, era una forma de ganarse la vida y hoy se recuerda entre risas y diversión.

²⁶ *Ibíd.* Pág 8.



Fig. 81: Imagen aérea de la recreación de la tradición de la maderada en el Río Cabriel.



Fig. 82: Imagen aérea de la recreación de la tradición de la maderada en el Río Cabriel.

Actualmente se prepara una paella gigante para reunir a los cofrentinos y visitantes. Además, como en todas las fiestas del municipio, se organizan diferentes actividades como concursos deportivos, gastronómicos y culturales, destinados estos últimos a mantener vivo el folclore popular del municipio. Esta filmación pretende reunir algunos de los momentos más importantes de estas fiestas y plasmar la alegría y la participación de vecinos y visitantes para mostrar al resto del mundo su tradición (Fig. 83).



Fig. 83: Imagen aérea de una de las calles del pueblo en el día de la maderada.



Fig. 84: Extensión de viñedos de la Bodega Xaló.

Otra de las muchas filmaciones realizada con ayuda de imágenes aéreas que encontramos por la web es la de una bodega de Xaló, otro municipio de la Comunidad Valenciana. Una Bodega Cooperativa con más de 50 años de historia, que comenzó con algunos agricultores y bodegueros y hoy en día ya cuenta con más de 400 socios y cerca

de 400 hectáreas a cultivar (Fig. 84). La historia nos cuenta que ya en el siglo XV había una fuente de abastecimiento de uvas pasas para los mercaderes del reino de Valencia y ya se realizaba vino en la zona. Durante el siglo XVIII, y a comienzos del XIX se expandieron las plantaciones de moscatel romano para la elaboración de uvas pasas, la cual fue la base de un gran comercio de exportación hacia Europa y América. A principios del siglo XX la crisis del negocio pasero y la plaga de la filoxera abrieron una brecha en el brillante transcurrir de nuestra agricultura. Hasta que en 1962 catorce agricultores toman la resolución de asociarse en la que hoy en día es la bodega Cooperativa Valenciana Virgen Pobre de Xaló, que después de más de 45 años de existencia se constituye como nave capitana de la viticultura de la comarca. Este vídeo sirve de homenaje a aquellos hombres que hicieron posible el nacimiento de esta entidad, además

recoge en imágenes la magnitud del lugar y, sobretodo, pretende difundir el proceso tradicional de la elaboración del vino para que pueda ser valorado de manera adecuada (Fig. 85 y 86).



Fig. 85: Imagen aérea de la vendimia de la uva.



Fig. 86: Imagen aérea del proceso de madurado de las uvas para la elaboración del moscatel.

Estos dos proyectos, son claros ejemplos del empleo de la filmación aérea como herramienta para generar la puesta en valor, y difusión del patrimonio inmaterial con fines turísticos, ya que estas tradiciones no figuran en la lista de Patrimonio Inmaterial declarada por la UNESCO, es decir, no están consideradas como necesitadas de medidas de salvaguardia urgentes para asegurar su trasmisión. Las inscripciones en esta lista contribuyen a movilizar la cooperación y la asistencia internacional para que los interesados puedan tomar las medidas de salvaguardia adecuadas. Sin embargo, también podemos encontrar filmaciones de eventos declarados Patrimonio Cultural Inmaterial realizados con imágenes aéreas producidas con aeronaves no tripuladas. En España contamos con dieciséis elementos declarados Patrimonio Cultural



Fig. 87: Falla Sueca-Literato Azorín, Valencia 2017.

Inmaterial desde 2008 con la incorporación de La Patum de Berga²⁷, hasta el pasado año 2016 con las Fallas de Valencia y el arte de la cetrería²⁸. La festividad de las Fallas se caracteriza por la construcción de enormes grupos escultóricos (fallas) compuestos por figuras caricaturescas (ninots) que los artistas y artesanos locales crean inspirándose en sucesos de la actualidad política y social (Fig. 87). Para simbolizar la purificación y

²⁷ Manifestación popular cuyo origen se remonta a las festividades que acompañaban a las procesiones del Corpus Christi en la Edad Media. Representaciones teatrales y desfiles de personajes diversos animan las calles de este municipio catalán situado al norte de Barcelona.

²⁸ Cetrería: 1. f. Arte de criar, domesticar, enseñar y curar a los halcones y demás aves que sirven para la caza de volatería. 2. f. Caza menor que se hace con halcones, azores y otras aves.

renovación primaveral de la actividad social de las comunidades, las fallas se erigen en las plazas de la ciudad entre el 14 y el 19 de marzo y se les prende fuego este último día, que marca el fin de los festejos²⁹. Las fiestas de las Fallas cuentan con innumerables filmaciones y estudios sobre su evolución a lo largo de los años, recientemente podemos también encontrar filmaciones realizadas únicamente con aeronaves no tripuladas. En el año 2014 se realizó una filmación aérea sobre algunas de las fallas plantadas aquel año. La filmación tuvo que ser aprobada y se llevó a cabo en franjas horarias específicas en las que no hubiera aglomeraciones de personas alrededor ya que son zonas muy transcurridas durante esos días y la ley es estricta en esos aspectos. El resultado fue una recopilación de imágenes de las fallas más representativas de este año desde una perspectiva completamente nueva, permitiendo apreciar detalles de las zonas más altas donde los ninots no se alcanzan a ver a pie de calle. De manera global, la filmación consigue plasmar la grandeza de estas esculturas y nos permite apreciar mejor todo el trabajo que conllevan y la belleza que aportan a la ciudad durante estos días de fiesta (Fig. 88, 89 y 90).



Fig. 88: Imagen aérea de la Falla Plaza del Mercado, Valencia 2014.



Fig. 89: Imagen aérea de la Falla Plaza del Pilar, Valencia 2014.



Fig. 90: Imagen aérea de la Falla del Ayuntamiento, Valencia 2014.

²⁹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA. *La fiesta de las Fallas de Valencia* <<https://ich.unesco.org/es/RL/la-fiesta-de-las-fallas-de-valencia-00859>>



Fig. 91: Formación de un castell.

Otra de las fiestas declaradas Patrimonio Cultural Inmaterial en España que cuenta con filmaciones aéreas son los “Castells”, en Cataluña, inscritos en 2010. Son torres humanas erigidas con motivo de la celebración de festividades anuales en ciudades y pueblos de Cataluña por grupos de aficionados mantenedores de esta costumbre (Fig. 91). Tradicionalmente, los “Castells” se levantan en la plaza situada delante de la fachada donde se encuentra el balcón principal del edificio del ayuntamiento. Colocándose sucesivamente unos encima de los hombros de los otros, los “castellers” forman torres humanas de seis a diez pisos.

Los grupos de “castellers” se diferencian por su indumentaria, y más concretamente por el color de sus camisas. La ancha faja con la que se protegen la espalda sirve también de punto de apoyo para los que van trepan hacia los pisos superiores de la torre. Antes y después de que se forme el “Castell”, los músicos ejecutan diversas melodías populares con una dulzaina llamada “gralla”, que acompaña también el ritmo de construcción de la torre a medida que se va levantando. La técnica de formación de los “Castells” se viene transmitiendo tradicionalmente de generación en generación dentro de grupos y se adquiere exclusivamente mediante la práctica³⁰. Gracias a la filmación aérea realizada por World From Above® se puede observar la magnitud de uno de estos eventos en Tarragona, la cantidad de personas que acuden a ver y a seguir manteniendo viva esta tradición. Se aprecia la altura de los Castells y permiten valorar el esfuerzo realizado por los Castells y el proceso de formación de la torre desde otra perspectiva, documentando de una nueva manera la técnica de subida y colocación de los participantes (Fig. 92 y 93).



Fig. 92: Imagen aérea de la formación del Castell entra la multitud.



Fig. 93: Imagen aérea del Castell formado entre la multitud.

³⁰ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA. *Los “Castells”*
<<https://ich.unesco.org/es/RL/los-castells-00364>>

A nivel internacional existen cuatrocientos veintinueve elementos declarados Patrimonio Cultural Inmaterial por la UNESCO. Uno de ellos es la danza del wititi del valle del Colca, en Perú. Inscrita en 2015 la danza del wititi del valle del Colca es un baile popular tradicional que guarda



Fig. 94: Baile tradicional Wititi, Perú.

relación con el comienzo de la edad adulta. Demuestra un ritual de cortejo amoroso y suelen interpretarla los jóvenes durante las festividades religiosas que se celebran a lo largo de la estación lluviosa. Las parejas de bailarines y bailarinas se alinean en filas y ejecutan diversos pasos al compás de la música, la representación del wititi coincide con el inicio del ciclo de producción agrícola y simboliza el renuevo de la naturaleza y la sociedad. Esta danza consolida los vínculos sociales y la identidad de los pueblos del valle del Colca, que compiten para presentar los mejores conjuntos de danza, renovándola así continuamente y perpetuando al mismo tiempo su carácter tradicional. Los niños y los jóvenes aprenden el wititi mediante la observación directa, tanto en las escuelas como en las fiestas familiares. A nivel nacional, hay grupos de bailes folclóricos que también interpretan esta danza por haberla integrado en sus repertorios coreográficos³¹ (Fig. 94). Una filmografía realizada en la Plaza Mayor de Lima, capital de Perú, por la productora Audiovisual Alta Definición® muestra el desarrollo del baile desde las alturas y la expectación que crea en los ciudadanos que se acercan a disfrutar de la danza. Como se ha expuesto anteriormente, esta danza se suele transmitir hacia las generaciones más jóvenes para no perder la tradición, grabar estos momentos desde una perspectiva que englobe no sólo la danza si no el entorno y la expectación que genera es una buena forma de documentación de la fiesta para poder examinar en un futuro los cambios que va sufriendo con respecto al interés de la sociedad y su implicación (Fig. 95 y 96).

³¹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA. *La danza del wititi del valle del Colca*. <<https://ich.unesco.org/es/RL/la-danza-del-wititi-del-valle-del-colca-01056>>



Fig. 95: Imagen aérea de la danza Wititi en la Plaza Mayor de Lima, Perú.



Fig. 96: Imagen aérea de la danza Wititi en la Plaza Mayor de Lima, Perú.

6. Necesidades por cubrir el ámbito del patrimonio cultural

Analizando las imágenes aéreas es evidente que las nuevas tecnologías nos brindan una gran oportunidad ya que consiguen resultados que los métodos tradicionales simplemente no pueden lograr sin una exorbitante cantidad de tiempo y financiación. Normalmente los arqueólogos suelen cartografiar una zona arqueológica usando dos o tres personas y una cinta métrica, hay lugares como la ciudad de Paquimé anteriormente nombrada, en la que no se puede acceder debido a su fragilidad; los usos de elevadores de ruedas para medir los edificios dañarían el monumento y se tardarían meses en cubrir todo el terreno. En estos casos es donde la fotogrametría resulta ser el método ideal para mapear lugares tan extensos y delicados, además Pix4Dmapper facilita el procesamiento de las imágenes fotogramétricas y las convierte en una nube de puntos 3D, si se combina con otras herramientas se puede crear un recurso increíble para procesar imágenes fotogramétricas interesantes para algunos trabajos de conservación.

Aun así, esta tecnología tan novedosa todavía está introduciéndose en el ámbito patrimonial y, por tanto, todavía quedan muchas necesidades por cubrir. Anteriormente hemos ido recorriendo algunos de los trabajos que ya se han realizado utilizando aeronaves no tripuladas que han obtenido muy buenos resultados y han demostrado ser muy prácticas a la hora de registrar, analizar e incluso estudiar la naturaleza de varios tipos de patrimonio cultural además, sin la necesidad del montaje de medios auxiliares. Los trabajos serían mucho más eficientes en el campo de la conservación si se realizara la incorporación de algunos elementos al aparato

aéreo para conseguir resultados específicos relacionados con, por ejemplo, controles preventivos de las condiciones ambientales donde se encuentran los objetos patrimoniales: tomar muestras de la calidad del aire o medir los niveles de temperatura y humedad en lugares en los que los técnicos responsables de este tipo de controles no pueden acceder. Los valores



Fig. 97: Gimbal Walkera G-2D 2 Axis®.

ambientales y el tipo de iluminación que rodea a las obras pueden variar según la altura y la localización; mediante estos aparatos las mediciones son más concretas y específicas. Así se podrían conseguir exámenes mucho más precisos y por lo tanto un seguimiento más seguro de los bienes.³² Actualmente disponemos de aparatos que son capaces de realizar mediciones de humedad relativa, temperatura, iluminación e,

incluso, vibraciones de sonido de manera inmediata. En otro trabajo realizado anteriormente, *“El uso de aeronaves no tripuladas (RPAS) en la conservación preventiva de bienes culturales”*, mencionaba que en el caso de los aparatos aéreos no tripulados se pueden adjuntar elementos a la aeronave para sustentar los aparatos de medición y elevarlos para acercarlos más a las zonas de difícil acceso y realizar mediciones más precisas sobre el ambiente que rodea a los bienes. Se expuso que estos acoples se podrían realizar mediante gimbals³³ específicos (Fig. 97), modelado e impresión 3D, o incluso con métodos más sencillos como la creación de sistemas de sujeción con bridas, velcros y cintas adhesivas, con la condición de que estos soportes y elementos no afecten a la estabilidad del aparato aéreo en su vuelo. Hoy en día, se están creando aparatos con herramientas incorporadas para realizar trabajos específicos como la fumigación de terrenos mediante aeronaves, la empresa Prodrón® ofrece este servicio y asegura que se pueden fumigar o fertilizar zonas extensas de hasta 4 hectáreas por hora. El equipo de la aeronave fumiga el área manteniendo una altura mínima para aprovechar el material al máximo evitando la dispersión del líquido en zonas que no interesa. La fumigación con avioneta o helicóptero muestra un inconveniente, ya que la altura no puede ser tan baja y dependiendo de la situación, el líquido se dispersa por áreas próximas o zonas pobladas cercanas a la parcela tratada (Fig. 98). En el campo de la conservación sería necesario desarrollar también aeronaves con las herramientas que se demanden ya integradas, o elementos de sustento específicos ya que siempre son mucho

³² SERNA, M. *Op.cit.* Pág 23.

³³ Un gimbal es una plataforma motorizada para mantener un objeto, normalmente una cámara estabilizada, de modo que independientemente del movimiento que realice el portador de la misma, ésta quede estable permitiendo tomar buenas capturas.

más seguros y estables los accesorios diseñados específicamente para un fin que los métodos sencillos o modificados para aplicarlos a actividades específicas.



Fig. 98: Aeronave fumigando un terreno.

Las técnicas fotográficas especiales también son muy codiciadas en este ámbito conservativo, las imágenes infrarrojas y ultravioletas pueden designar el registro de los fenómenos ópticos que producen los materiales al emitirles este tipo de radiación. En el campo de la conservación, también se realizan controles periódicamente con este tipo de iluminación sobre los objetos patrimoniales y se comparan los resultados para estudiar si el ambiente en el que se encuentran los objetos es el adecuado o está produciendo daños sobre los objetos. Aunque, con los accesorios que existen en la actualidad ya hemos visto que es posible acoplar cámaras a las aeronaves y por tanto también es posible el acople de cámaras infrarrojas, lo ideal no sería el acople de la cámara si no que la aeronave integrara diferentes filtros y tipos de iluminación para poder examinar la superficie con distintas radiaciones en un único vuelo. Se podría obtener la información que brinda la luz visible, ultravioleta e infrarroja sobre las superficies en una sola sesión de trabajo. Por tanto, la incorporación técnica de estos elementos, tanto los aparatos de medición como los diferentes tipos de iluminación, sería una gran ventaja para poder desarrollar exámenes mucho más precisos de los bienes culturales que se registran con este tipo de aeronaves.

Además, otra gran ventaja sería el desarrollo de aparatos aéreos más pequeños y compactos con buena calidad de imagen para mejor manejo y accesibilidad. Actualmente hay muchos tipos de aparatos de distintas dimensiones, sin embargo, cuanto más reducidas son sus dimensiones la calidad de su imagen también es menor. Aunque aun así la calidad de imagen es correcta para realizar mapas e imágenes ortogonales, en muchos casos los detalles no se aprecian demasiado y es complicado realizar análisis con exactitud. Si se utilizan aeronaves más grandes, la calidad

de imagen es mucho mayor pero la capacidad de acercarse a la aeronave a la superficie disminuye considerablemente ya que podría dañar el monumento con las hélices que la sustentan. Con la fabricación de aparatos reducidos con buena calidad de imagen se podrían analizar las superficies más altas y obtener información visual con detalle. Otro paso importante sería la capacidad de aumentar la autonomía de los vuelos y la capacidad de carga de las aeronaves, para permitir vuelos más prolongados y levantar cámaras profesionales de mayor peso. El vuelo mínimo es de 5 a 7 minutos, sin embargo, el tiempo medio actual de vuelo de las aeronaves no tripuladas es de 15 minutos, aunque hay aeronaves que pueden llegar a volar durante 25 minutos. Las baterías hay que recargarlas varias veces durante una jornada de trabajo, esto provoca la interrupción del vuelo y pérdida del tiempo que se emplea en volver a poner en funcionamiento la aeronave.



Fig. 99: Aeronave multirrotor HYBRiX®.

El pasado año la empresa valenciana Quaternium® consiguió resolver este problema, para ello, desarrolló una aeronave multirrotor HYBRiX® (Fig. 99). Su tecnología híbrida consigue tiempos de vuelo seis veces superiores a la media equivalentes a una autonomía máxima de vuelo de 4 horas sin repostar. La aeronave cuenta con un

extensor de rango que transforma el combustible de un pequeño motor en energía eléctrica para las hélices, al trasladar la tecnología híbrida de los automóviles a las aeronaves no tripuladas se ha conseguido un aparato capaz de desarrollar aplicaciones industriales que actualmente están muy limitadas para las aeronaves eléctricas como pueden ser las relacionadas con el transporte de medicinas o de pequeñas mercancías en zonas de difícil acceso, actuaciones en emergencias, etc.³⁴

Por otro lado, la normativa vigente relacionada con los vuelos de las aeronaves no tripuladas todavía es restringida. Como se ha expuesto anteriormente, en España el espacio aéreo está regulado por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, es el organismo del estado que vela para que se cumplan las normas de aviación civil en el conjunto de la actividad aeronáutica de España. Lleva a cabo misiones de supervisión, inspección, ordenación del transporte aéreo, la navegación

³⁴ HUETE, J. *Quaternium multiplica la autonomía de vuelo de los drones*. Innova Spain, 2016. <<http://www.innovaspain.com/quaternium-multiplica-la-autonomia-de-vuelo-de-los-drones/>>

aérea y la seguridad aeroportuaria. También evalúa los riesgos en la seguridad del transporte aéreo mediante detección de amenazas, análisis y evaluación de riesgos y proceso continuo de control y mitigación de riesgos, y tiene potestad sancionadora ante las infracciones de las normas de aviación civil.³⁵ Actualmente se están empezando a cambiar algunas de las normas vigentes, pero en líneas generales la regulación vigente no permite volar en espacios aéreos controlados sin la autorización competente, y esto hace que sea ilegal utilizar aeronaves no tripuladas en muchas zonas del país. Los espacios aéreos asignados a aeropuertos, aeródromos, helipuertos, actividades, zonas militares, espacios naturales protegidos, etc. hacen que el vuelo esté regulado según la normativa establecida por AESA, es la única que tiene la potestad de autorizar vuelos en estos espacios y ninguna otra institución como los Ayuntamientos, Comunidades Autónomas, empresas privadas o particulares tienen autoridad para permitir el vuelo de aeronaves en un espacio aéreo. Se ha anunciado un nuevo proyecto de ley con el que surgirán nuevas oportunidades de uso de estos espacios para las empresas operadoras, cumpliendo siempre los requisitos impuestos por AESA como serán: permisos de vuelo competentes, informes de seguridad u obtener la titulación de radiofonista.³⁶ Si se expidieran más permisos o no se restringieran tanto las zonas y los horarios de vuelo se podrían realizar gran cantidad de trabajos de alta calidad en muchísimo menos tiempo, sobre todo en el campo del patrimonio inmaterial donde hay que realizar vuelos sobre zonas urbanas, poblaciones o aglomeraciones de gente.

Por último, uno de los aspectos en los que se está investigando actualmente es el de la realización de vuelos en interior de manera segura, para ello serían necesarios sistemas de posicionamiento en las aeronaves para trabajar de forma autónoma y eficaz. Como se ha expuesto anteriormente, el registro de imágenes aéreas en espacios interiores supone un gran avance, ya que gracias a ellos los dispositivos auxiliares, como los trípodes, los focos, las grúas, las plataformas elevadoras, o los andamios pueden ser suprimidos. El uso de RPAS en interior ofrece nuevos enfoques, interpretaciones más creativas del espacio, y la reducción de costes en material y herramientas auxiliares. Durante los últimos diez años, los sistemas de posicionamiento en interiores (IPS) han avanzado mucho, sin embargo, la mayoría de estas tecnologías desarrolladas no se han pensado específicamente para aeronaves no tripuladas. Los

³⁵ AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA. *¿Qué es AESA?*

³⁶ DRONAIR. *Espacio aéreo controlado*, 2017. Consultado el 19/06/2017 <<http://www.dronair.es/espacio-aereo-controlado>>

tres principales sistemas de posicionamiento interior existentes son: WiFi y Bluetooth, ambas técnicas de localización populares, pero se consideran problemáticas debido al multitrayecto, la interferencia y la imprevisibilidad de las ondas de radio. Los infrarrojos aseguran precisión previsible a pocos metros, pero es muy sensible al medio ambiente. Y los ultrasonidos, que garantizan una alta precisión, pero el principal inconveniente de un sistema de posicionamiento basado puramente en ultrasonido es que requiere extenso instrumental, por lo que es factible solo para grandes espacios. Por otro lado, el coste de la infraestructura de hardware de ultrasonidos es alta. En el caso de las aeronaves no tripuladas hay algunos sistemas específicos como VICON, basado en la captura de movimiento, el Sistema Qualisys y el Sistema de Posicionamiento Visual (VPS). VICON y Qualisys están basados en un sistema de seguimiento de movimiento óptico y vídeo digital, son muy precisos, pero su coste es muy alto. Con respecto al VPS, se utilizan un par de sensores de ultrasonidos en combinación con una cámara de baja frecuencia. Sin embargo, es muy sensible a la luz, no lo suficientemente preciso y tiene una altura de limitación de vuelo de unos 3 metros.

Además del problema del posicionamiento, hay cuestiones relacionadas con la seguridad que necesitan ser tratadas. Mientras que las aeronaves en exterior vuelan alto y sólo se sitúan cerca de personas durante el despegue y el aterrizaje en los vuelos en interior están constantemente cerca de las personas y los objetos existentes. Las probabilidades de golpear a una persona son mucho más altas que en los entornos al aire libre. Se pueden dar situaciones de riesgo que pueden acabar en lesiones al operador de la aeronave, lesión al público, es decir, las personas que comparten el mismo espacio que la aeronave no tripulada. Y daños generales a la propiedad, esto incluye tanto la infraestructura donde se realiza el vuelo y los elementos que allí se encuentran, como la propia aeronave³⁷. Este es un campo en el que es necesario profundizar para poder desarrollar nuevos sistemas que permitan realizar vuelos en interiores de manera segura ya que supondría un gran avance en el ámbito de la filmación aérea. Se podrían realizar muchos proyectos, tanto publicitarios como culturales o incluso puramente informativos.

³⁷ SANTAMARINA CAMPOS, V., MIGUEL MOLINA, B., SEGARRA OÑA, M., MIGUEL MOLINA, M. Transferring technology from the remotely piloted aircraft systems (RPAS) industry for the creative industry: Why and what for?. En: *4th International Multidisciplinary Scientific Conference*. SOCIAL SCIENCES & ARTS SGEM 2017. Bulgaria.

7. Conclusiones

Poco a poco la tecnología de las aeronaves no tripuladas se ha desarrollado de tal manera que hoy en día pueden resultar útiles para infinidad de aplicaciones diferentes en campos muy dispares. En todos ellos han demostrado ser prácticas y eficientes en las tareas realizadas; en el campo de la conservación y la restauración, los métodos de identificación y registro con este tipo de aeronaves han resultado ser un gran descubrimiento para los profesionales que trabajan en esta área. Proporciona accesibilidad total a estructuras de grandes dimensiones como edificaciones, esculturas o yacimientos arqueológicos, se pueden realizar planes de vuelo determinados y personalizables para cada tipo de objeto o terreno que se desee registrar y permite y efectuar modelos 3D a escala del objeto sin importar su localización. Estas acciones pueden ser llevadas a cabo en la gran mayoría de los tipos de patrimonio cultural como se ha expuesto con anterioridad, asegurando así su correcta documentación y registro, aportando información valiosa para análisis y estudios posteriores. La reducción de tiempo en los proyectos en los que se utilizan este tipo de aeronaves es considerablemente alta, esto conlleva también un ahorro en el presupuesto y la posibilidad de dedicar más tiempo al estudio y/o intervención sobre los objetos agilizando los procesos previos al trabajo.

También es necesario mencionar que en el campo del Patrimonio Inmaterial realizan un papel esencial a la hora de documentar y difundir las actividades que se realizan en todo el mundo. Como se ha expuesto anteriormente, la característica más destacada del Patrimonio Inmaterial que lo diferencia de todos los demás tipos de Patrimonio es que está interiorizado en los individuos y en los grupos humanos a través de complejos aprendizajes y experiencias que se han decantado en el curso del tiempo. Como consecuencia, la mayor dificultad para su salvaguarda es la imposibilidad de tratarlo de la misma manera que, desde el siglo XIX, se hace con los bienes materiales. Lo inmaterial no se puede proteger con disposiciones legales convencionales, porque cualquier pretensión “conservadora” impediría su autorregulación interna, que caracteriza el dinamismo y la vitalidad de este tipo de Patrimonio³⁸. Gracias a la innovadora perspectiva que se consigue con las aeronaves no tripuladas ahora es posible dejar

³⁸ MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE. *Op.Cit.*

inscrito año tras año un registro completo de las actividades que se realizan, la manera en la que se realizan, la acogida que tiene en la sociedad, el nivel de participación por parte de la población, etc. Realizando así una tarea de registro que pretende conservar estos actos y experiencias para que, en un futuro, se pueda estudiar el desarrollo y la evolución de este tipo de tradiciones. La tarea de difusión y promoción de actividades y espacios culturales se ve también beneficiada con el uso de las aeronaves no tripuladas. Resulta menos laborioso generar contenido audiovisual de exteriores e interiores de monumentos y de actividades o tradiciones. Es importante recordar que como conservadores es nuestro deber velar por que se realicen de manera correcta todos los procesos relacionados con las tareas de registro con aeronaves no tripuladas. Cuidando y acondicionando los lugares donde se realicen los vuelos y tomando las medidas de seguridad necesarias para que no resulte dañado ningún monumento.

Afortunadamente, la tecnología no deja de avanzar y en un futuro próximo muchas de las necesidades expuestas en el punto anterior podrán ser fácilmente satisfechas ya que hoy en día ya se están realizando cambios y creando nuevas aeronaves. En el ámbito específico del patrimonio cultural, esta herramienta, todavía desconocida para muchos, tiene un gran futuro como método de registro en todos los tipos de patrimonio. Los resultados demuestran que son altamente eficaces, aportan mayor información y de mejor calidad que realizando registros convencionales con ayuda de herramientas auxiliares que no permiten en muchos casos acceder a todos los espacios o registrar todas las vistas posibles. Por tanto, es importante continuar investigando para mejorar los servicios actuales y poder llegar a crear herramientas específicas para su uso en el ámbito del patrimonio cultural.

8. Bibliografía

AESFAS. *X maderada de Cofrentes*, 2017 [consulta 2017/06/21]. Disponible en: <http://www.aesfas.com/listings/x-maderada-de-cofrentes-2017/>

AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA. *¿Qué es AESA?*. Ministerio de fomento [consulta 2017-06-13]. Disponible en: http://www.seguridadaerea.gob.es/media/3999110/cuadriptico_aesa_castellano.pdf

AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA. *Nuevo marco regulatorio temporal para las operaciones con drones*. Ministerio de fomento, 2014 [consulta 2017-06-05]. Disponible en: http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4242703/marco_regulatorio_temporal_operaciones_con_drones.pdf

ALONSO, D. *NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGI*, 2015. [consulta 2017-05-23]. Disponible en: <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>

ALONSO, D. *NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGIS*, 2015. MappingGIS S.L.U., 2016 [consulta 2017-06-18]. Disponible en: <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>

AVIA.PRO. *Aeryon Scout. Especificaciones. Foto*, 2016. [consulta 2017/06/25]. Disponible en: <http://es.avia.pro/blog/aeryon-scout-tehnicasie-harakteristiki-foto>

AVIA.PRO. *Trimble Gatewing X100. Especificaciones. Foto*, 2016. [consulta 2017/06/25]. Disponible en: <http://es.avia.pro/blog/trimble-gatewing-x100-tehnicasie-harakteristiki-foto>

AYUNTAMIENTO DE COFRENTES. *Fiestas de Mayo*, 2014 [consulta 2017/06/21]. Disponible en: <http://cofrentes.es/fiestas-de-mayo/>

BODEGAS XALÓ. *La esencia de una tradición* [consulta 2017/06/21]. Disponible en: <http://www.bodegasxalo.com/es/content/28-esencia-tradicion>

CALVO GONZÁLEZ-REGUERAL, C. *Aeronaves no tripuladas (parte I: Historia y aplicaciones)*. En: *Infodefensa.com*. IDS, Información de Defensa y Seguridad. ISSN: 2445-3048 [consulta 2017-06-07]. Disponible en: <http://www.infodefensa.com/es/2014/05/05/noticia-aeronaves-tripuladas-parte-historia-aplicaciones.html>

CENTER FOR LAND USE EDUCATION AND RESEARCH; UNIVERSITY OF CONNECTICUT; MIDDLESEX COUNTY EXTENSION CENTER. *Great Gull Island Unmanned Aircraft System (UAS) Photogrammetric Mapping Project*, 2015 [consulta 2017-06-19]. Disponible en: http://clear.uconn.edu/research/greatgull/GGI_UASOrtho_Methods_Full.pdf

- CERDÀ, P. Los drones profesionales podrán sobrevolar ciudades y vigilar de noche con permiso. En: *Levante emv* (Valencia). Editorial Prensa Valenciana, S.A, 2016 [consulta 2017-06-09]. Disponible en: <<http://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2016/11/10/drones-profesionales-podran-sobrevolar-ciudades/1490223.html>>
- CHEN, L; BETSCHART, S; BLAYLOCK, A. *Projeto Redentor. White Paper*. Pix4D, Aeryon Labs Inc., PUC Rio, 2015 [consulta 2017-06-02]. Disponible en: <https://pix4d.com/wp-content/uploads/2013/04/Projeto_Redentor_Pix4D_AeryonLabs_Whitepaper_2015.pdf>
- CUERNO REJADO, C; GARCIA HERNANDEZ, L; SANCHEZ CARMONA, A; CARRIO FERNANDEZ, A; SANCHEZ LOPEZ, J.L; CAMPOY CERVERA, P. *Evolución histórica de los vehículos aéreos no tripulados hasta la actualidad*. En: Revista Dyna: Vol. 91 nº3 [en línea] [consultado 2017-06-02]. Disponible en <http://oa.upm.es/40803/1/INVE_MEM_2015_203893.pdf>
- DELGADO HERNANDO, V. Historia de los drones (en línea). En: *EIDron.es*. 2016 [consulta 2017-06-07]. Disponible en: <<http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>>
- DJI. *Inspire 1. Especificaciones* [consulta 2017/06/25]. Disponible en: <<http://www.dji.com/es/inspire-1/info>>
- DJI. *Phantom 3 Professional. Especificaciones* [consulta 2017/06/25]. Disponible en: <<http://www.dji.com/es/phantom-3-pro/info#specs>>
- DRONAIR. *Espacio aéreo controlado*, 2017 [consulta 2017-06-19]. Disponible en: <<http://www.dronair.es/espacio-aereo-controlado>>
- DUEÑAS, M. *Registro arqueológico 3D mediante la fotogrametría de rango corto* [Tesis profesional]. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2014 [consulta 2017-06-10]. Disponible en: <https://www.academia.edu/10223013/Registro_arqueologico_en_3D_mediante_la_fotogrametria_de_rango_corto>
- GOBIERNO DE ESPAÑA. Sección 6.ª *Aeronaves civiles pilotadas por control remoto*. Boletín oficial del estado número 252, 2014 [consulta 2017-06-05]. Disponible en: <<http://www.boe.es/boe/dias/2014/10/17/pdfs/BOE-A-2014-10517.pdf>>
- HUETE, J. *Quaternium multiplica la autonomía de vuelo de los drones*. Innova Spain, 2016 [consulta 2017-06-13]. Disponible en: <<http://www.innovaspain.com/quaternium-multiplica-la-autonomia-de-vuelo-de-los-drones/>>
- QUESTUAV. Q-Pod Technology™ [consulta 2017-07-17]. Disponible en: <https://www.geosystems.fr/images/PDF/20140613_Brochure_QPod_complete.pdf>

LUIS ALONSO OLIVA, J. El interior de la catedral de Toledo, como nunca se había grabado: con un "drone". En: *Leyendasdetoledo.com*. Turismo del Misterio en Toledo, 2015. [consulta 2017-06-13]. Disponible en:

<<https://www.leyendasdetoledo.com/index.php/articulos/curiosidades-toledanas/6250-el-interior-de-la-catedral-de-toledo-como-nunca-se-habia-grabado-con-un-drone.html>>

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE. *Plan Nacional de Salvaguarda del Patrimonio Cultural Inmaterial*. Secretaría general técnica. Subdirección General de Documentación y Publicaciones, 2015. Disponible en: <<http://www.mecd.gob.es/planes-nacionales/dms/microsites/cultura/patrimonio/planes-nacionales/textos-planes-nacionales/08-maquetado-patrimonio-inmaterial.pdf>>

MINISTERIO DE FOMENTO. Instituto Nacional de Información Geográfica. *Patrimonio natural y cultural*. [consulta 2017-06-19]. Disponible en: <https://www.ign.es/espmap/patri_bach.htm>

MUÑOZ, F. Los usos más increíbles de los «drones». En: ABC. DIARIO ABC, S.L, 2013 [consulta 2017-05-24]. Disponible en: <http://www.abc.es/tecnologia/informatica-hardware/20130714/abci-usos-diferente-drones-201307121935_1.html>

ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL. Circular 328. *Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS)*. Canadá, 2011 [consulta 2017-06-06]. Disponible en: <http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_es.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA. *Listas de Patrimonio Inmaterial. La fiesta de las Fallas de Valencia* [consulta 2017-06-12]. Disponible en: <<https://ich.unesco.org/es/RL/la-fiesta-de-las-fallas-de-valencia-00859>>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA. *Listas de Patrimonio Inmaterial. Los "Castells"* [consulta 2017-06-12]. Disponible en: <<https://ich.unesco.org/es/RL/los-castells-00364>>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA. *Listas de Patrimonio Inmaterial. La danza del wititi del valle del Colca* [consulta 2017-06-12] Disponible en: <<https://ich.unesco.org/es/RL/la-danza-del-wititi-del-valle-del-colca-01056>>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA. *Explorar las Listas del patrimonio cultural inmaterial y el Registro de buenas prácticas de salvaguardia* [consulta 2017-06-12]. Disponible en: <<https://ich.unesco.org/es/listas?display=default&text=carnaval+&inscription=0&country=0&multinational=3&type=0&domain=0&display1=inscriptionID#tabs>>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA.
Patrimonio natural. [consulta 2017-05-20]. Disponible en:
<<http://es.unesco.org/themes/patrimonio-natural>>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA.
Políticas para la creatividad: Guía para el desarrollo de las industrias culturales y creativas. Francia, 2010. Disponible en: <
<http://es.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/220384s.pdf>>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA.
¿Qué es el patrimonio cultural inmaterial? En: *Patrimonio Cultural Inmaterial*. UNESCO [consulta 2017-05-20]. Disponible en: <<https://ich.unesco.org/doc/src/01851-ES.pdf>>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA.
Patrimonio. En: *Indicadores UNESCO de cultura para el desarrollo. Manual metodológico*. París: UNESCO, 2014. Disponible en:
<http://es.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/iucd_manual_metodologico_1.pdf>

PIX4D. *3D, drones, and multispectral images: an exploratory Project*, 2016 [consulta 2017-06-18]. Disponible en: <<https://medium.com/the-science-of-drone-mapping/3d-drones-and-multispectral-images-an-exploratory-project-143a339f25b7>>

PIX4D. *Habitat Restoration for the Great Gull Island*, 2015 [consulta 2017-06-19]. Disponible en:
<<https://pix4d.com/habitat-restoration-for-the-great-gull-island/>>

PIX4D. *Leveraging 3D modeling and printing skills as a service: Mapping the Abbey of Chateliers and Church of Ars-en-Ré*, 2017 [consulta 2017-06-19]. Disponible en:
<<https://pix4d.com/leveraging-3d-model-printing-as-service/>>

PIX4D. *Making a World Heritage Site Perceptible to Those with Visual Impairments*, 2016 [consulta 2017-06-17]. Disponible en: <<https://pix4d.com/making-a-world-heritage-site-perceptible-for-visually-impaired-people/>>

PIX4D. *Product. Pix4Dmapper Pro* [consulta 2017-06-15]. Disponible en:
<<https://pix4d.com/product/pix4dmapper-pro/>>

PIX4D. *Sequoia Trees in 3D NDVI*, 2016 [consulta 2017-06-18]. Disponible en:
<<https://pix4d.com/sequoia-trees-3d-ndvi/>>

RAMOS, O; SANDOVAL, E; HUEYTLETL, A. *Normas básicas para la conservación preventiva de los bienes culturales en museos*. Ciudad de México, México: Consejo nacional para la cultura y las artes (CONACULTA); Instituto nacional de antropología e historia (INAH), 2000.

SÁNCHEZ, V. Un drone graba un vídeo espectacular desde las alturas de la catedral de Toledo. En: ABC (Toledo). DIARIO ABC, S.L, 2015 [consulta 2017-06-13]. Disponible en: <<http://www.abc.es/toledo/ciudad/20150311/abci-drone-graba-video-espectacular-201503102046.html>>

SANTAMARINA CAMPOS, V., MIGUEL MOLINA, B., SEGARRA OÑA, M., MIGUEL MOLINA, M. *Importance of indoor aerial filming for Creative Industries (CIs): looking towards the future* (2017). En: *International Journal of Cultural and Digital Touris*. Atenas, Grecia.

SANTAMARINA CAMPOS, V., MIGUEL MOLINA, B., SEGARRA OÑA, M., MIGUEL MOLINA, M. Transferring technology from the remotely piloted aircraft systems (RPAS) industry for the creative industry: Why and what for?. En: *4th International Multidisciplinary Scientific Conference. SOCIAL SCIENCES & ARTS SGEM 2017*. Bulgaria.

SANTAMARINA CAMPOS, V; CARABAL MONTAGUD M^a; MAS BARBERA, X; KRÖNER, S. Ficha proyecto expositivo Restaura 3.0. *Aplicación de los DRONES (RPAs) en el ámbito de las industrias creativas y el patrimonio cultural*.

SERNA, M. *Uso de aeronaves no tripuladas (RPAS) en la conservación preventiva de bienes culturales* (TFG). València: Universitat Politècnica de València, 2015 [consulta: 2017-06-05]. Disponible en: <[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61914/SERNA%20-%20USO%20DE%20AERONAVES%20NO%20TRIPULADAS%20\(RPAS\)%20EN%20LA%20CONSERVACI%C3%93N%20PREVENTIVA%20DE%20BIENES%20CULTURALES.....pdf?sequence=2](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61914/SERNA%20-%20USO%20DE%20AERONAVES%20NO%20TRIPULADAS%20(RPAS)%20EN%20LA%20CONSERVACI%C3%93N%20PREVENTIVA%20DE%20BIENES%20CULTURALES.....pdf?sequence=2)>

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. *Origen y desarrollo de los drones*. Dpto. Comunicación: Diploma de especialización profesional universitario en aplicaciones y operación con drones-rpas, 2015 [consulta 2017-06-06] Disponible en: <<http://drones.uv.es/origen-y-desarrollo-de-los-drones/>>

URE, S; SEARCY, M. *Mapping the Ancient City of Paquimé: Harnessing the Power of Pix4Dmapper and Unmanned Aerial Systems*. Instituto Nacional de Antropología e Historia; Pix4D S.A; Department of Anthropology, Brigham Young University, 2016 [consulta 2017-06-17]. Disponible en: <<https://pix4d.com/wp-content/uploads/2016/04/BYU-pix4d-Paquime-White-Paper-archaeology-drone-mapping.pdf>>

9. Índice de imágenes

Fig. 10: *Un Joven Español diseña los Primeros Drones para filmar en Hollywood*, 9/3/2015. © Insituto Español de Tecnología. <<http://ixtitude.com/un-joven-espanol-disena-el-primer-drone-para-filmar-en-hollywood/>>

Fig. 11: *Conferencia general UNESCO*. © UNESCO/Michel Ravassard <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/ED/temp/80219805_new.jpg>

Fig. 12: *Cronología de los nombres aplicados a las aeronaves robóticas*, 9/7/2015. © Origen y desarrollo de los drones. Universitat de València. Diploma de especialización profesional universitario en aplicaciones y operación con drones-rpas. <<http://drones.uv.es/origen-y-desarrollo-de-los-drones/>>

Fig. 13: *Avión automático Hewitt-Sperry*. © Historia de los drones. ElDrone. <<http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>>

Fig. 14: *Giroscopio precesando debido al momento ejercido por la gravedad*. © Departamento de física aplicada, Universidad Autónoma de Madrid. <<http://www.fa.uam.es/departamento/galeria/giroscopio>>

Fig. 15: *Barómetro aneroide*, 25/10/2012. © ASOC. PASIÓN POR VOLAR: divulgación aeronáutica para todos. <<http://www.pasionporvolar.com/la-presion-atmosferica/barometro-aneroide>>

Fig. 16: *OQ-19B/D (MQM-33A/B) (exact version unknown)*. Directory of U.S military Rockets and Missiles. © 2002-2003 Andreas Parsch <<http://www.designation-systems.net/dusrm/m-33.html>>

Fig. 17: *Northrop MQM-74 Chukar / NV-105*. © AviaDejaVu. <<http://aviadejavu.ru/Site/Crafts/Craft34038.htm>>

Fig. 18: *Sistemas no tripulados más relevantes en la década de los 80*, 9/7/2015. © Origen y desarrollo de los drones. Universitat de València. Diploma de especialización profesional universitario en aplicaciones y operación con drones-rpas. <<http://drones.uv.es/origen-y-desarrollo-de-los-drones/>>

Fig. 10: *Cinque Spy Droni a Sigonella: quando l'uomo è aiutato dal robot*, 26/12/2015. © FPA 2000 <<https://fpa2000.wordpress.com/2015/12/26/cinque-spy-droni-a-sigonella-quando-luomo-e-aiutato-dal-robot/>>de-los-drones/>

Fig.11: *Zephyr, the High Altitude Pseudo-Satellite.* © Airbus 2017
<<http://defence.airbus.com/portfolio/uav/zephyr/>>

Fig. 12: *Parrot DISCO FPV®.* © Reichelt elektronik GmbH & Co.
<<https://www.reichelt.com/de/en/Multicopter-Quadrocopter/PARROT-PF750001A/3/index.html?ACTION=3&GROUPID=7062&ARTICLE=184168>>

Fig. 13: *Best Multirotor UAV Drones for Aerial Filming & Photography. DJI Spreading Wings S900 Professional Hexacopter®.* © 2017 · EPFILMS 2015 - 2016 <<http://epfilms.tv/best-multirotor-drones-top-quadcopters-aerial-filming/>>

Fig. 14: *5 fotos de ciudades a vista de dron. Fotografías drones: Pisa, 8/4/2015.* © DronPlanet.
<<http://www.dronplanet.com/5-fotos-de-ciudades-a-vista-de-dron/>>

Fig. 15: *Los drones aterrizan en el turismo. Un drone junto a la esfinge de Guiza, Egipto, tomando imágenes de este sitio histórico. Foto: Airpano, 24/2/2015.* © Hosteltur.
<<https://www.hosteltur.com/198690-drones-aterrizan-turismo.html>>

Fig. 16: *Ventajas e inconvenientes de la fotogrametría con drones, 25/4/2017.* © Drone Spain 2014 – 2017. <<http://dronespain.pro/fotogrametria-con-drones/>>

Fig. 17: © Amazon PrimeAir. Amazon.com, Inc. 1996-2017 <<https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?node=8037720011>>

Fig. 18 - 20: *LA ALCUDIA (Vídeo), 9/9/2014.* © Federico Bonet Edesa.
<<https://www.youtube.com/watch?v=IPLoMWktsqc>>

Fig. 21: *Drones al servicio del Patrimonio, 7/12/2016.* © 2015, AIR DRONE WIEW.
<<https://airdroneview.com/2016/12/07/drones-al-servicio-del-patrimonio/>>

Fig. 22: *Recorrido por el Museo del Prado de Madrid. Galería Central del Museo del Prado.* © National Geographic España. <http://www.nationalgeographic.com.es/viajes/grandes-reportajes/recorrido-por-el-museo-del-prado-de-madrid-2_6453/1>

Fig. 23: *Real Alcázar de Sevilla. Historia.* © Real Alcázar de Sevilla 2014
<<http://www.alcazarsevilla.org/historia/>>

Fig. 24 - 25: *El interior de la catedral de Toledo, como nunca se había grabado: con un "drone". Foto de la grabación en el interior de la Catedral, 18/3/2016.* © David Utrilla
<<https://www.leyendasdetoledo.com/index.php/articulos/curiosidades-toledanas/6250-el-interior-de-la-catedral-de-toledo-como-nunca-se-habia-grabado-con-un-drone.html>>

Fig. 26 – 27, 29 - 30: *Projeto Redentor. White Paper.* ©2015: Aeryon Labs Inc. / Pix4D
<https://pix4d.com/wp-content/uploads/2016/03/Projeto_Redentor_Pix4D_AeryonLabs_Whitepaper_2015.pdf>

Fig. 28: *Aeryon Scout™.* © 2017 Aeryon Labs Inc. <<https://www.aeryon.com/aeryon-scout>>

Fig. 31: *Reabierto el caso del yacimiento San Esteban y orden de imputación a Ujaldón,* 12/5/2011. © Paleorama en Red. Prehistoria y Arqueología en Internet.
<<https://paleorama.wordpress.com/2011/05/12/reabierto-el-caso-del-yacimiento-san-esteban-y-orden-de-imputacion-a-ujaldon/#more-9681>>

Fig. 32: *Lugares turísticos de México: Teotihuacán,* 07/02/2015. © Price Res, SAPI de CV.
<<http://revista.pricetravel.com.mx/lugares-turisticos-de-mexico/2015/02/07/lugares-turisticos-de-mexico-teotihuacan/>>

Fig. 19 - 37, 40 – 42 : *Mapping the Ancient City of Paquimé: Harnessing the Power of Pix4Dmapper and Unmanned Aerial Systems.* © Instituto Nacional de Antropología e Historia / Pix4D SA / Department of Anthropology, Brigham Young University <<https://pix4d.com/wp-content/uploads/2016/04/BYU-pix4d-Paquime-White-Paper-archaeology-drone-mapping.pdf>>

Fig. 38: *Gatewing Acquired by Trimble, US,* 10/4/2012. © UAS VISION
<<http://www.uasvision.com/2012/04/10/gatewing-acquired-by-trimble-us/>>

Fig. 39: *Operator Oriented.* © Micro Pilot® <<https://www.micropilot.com/product-tour-horizon-02.htm>>

Fig. 43 – 45, 47 – 48: *Making a World Heritage Site Perceptible to Those with Visual Impairments,* 24/5/2016. © Pix4D <<https://pix4d.com/making-a-world-heritage-site-perceptible-for-visually-impaired-people/>>

Fig. 46: *Q200 Agri Pro Fixed Wing Drone.* © Quest Uav.
<<https://www.questuav.com/drones/q200-agri-pro/>>

Fig. 49, 51 – 58: *Reconstructing Heritage Assets in Ireland,* 4/5/2016. © Pix4D <<https://pix4d.com/reconstructing-heritage-assets-in-ireland/>>

Fig. 50: *DJI Inspire 1 Tech Spec.* ©2014 Dronemakers.com <<http://www.dronemakers.com/dji-inspire-1-tech-spec/>>

Fig. 59 – 61: *Where once there was sugar, there will soon be condos,* 2/3/2015. © 2013 Bloomberg Finance LP. <<http://www.bizjournals.com/newyork/news/2015/03/02/domino-sugar-factory-brooklyn-jed-walentas.html#g1>>

Fig. 62: *Phantom 3 Professional*®. © 2017 DJI. <<http://www.dji.com/es/phantom-3-pro>>

Fig. 63 – 64: *Mesh-Side Story: Saving a Brooklyn Landmark on a Hard Drive*, 3/12/2015. © Pix4D. <<https://pix4d.com/mesh-side-story-saving-a-brooklyn-landmark-on-a-hard-drive/>>

Fig. 65: *¿Cómo anotar el visor 3D de un modelo fotogramétrico?*, 4/9/2014. PAR – Arqueología y patrimonio virtual. © PABLO APARICIO RESCO. <<https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2014/09/04/como-anotar-el-visor-3d-de-tu-modelo-fotogrametrico/>>

Fig. 66: *Parque marino del Arrecife de Tubbataha. Filipinas*, 2/11/2015. © Blogspot Patrimonio de la Humanidad por Anka. <<https://patrimoniodelahumanidadporanka.blogspot.com.es/2015/11/parque-marino-del-arrecife-de-tubbataha.html>>

Fig. 67: *Teide National Park*. © 2001-2017 Spain Tenerife. <<http://www.spain-tenerife.com/en/places/teide.html>>

Fig. 68 – 73: *Pix4D - Sequoia: Exploring Vegetation in 3D* (Vídeo), 6/12/2016. © Pix4D. <<https://www.youtube.com/watch?v=XF306Hp6Q4I>>

Fig. 74 – 77: *Great Gull Island Unmanned Aircraft System (UAS) Photogrammetric Mapping Project*, 29/10/2015. © CLEAR (Center for Land Use Education and Research), University of Connecticut, Middlesex County Extension Center. <http://clear.uconn.edu/research/greatgull/GGI_UASOrtho_Methods_Full.pdf>

Fig. 78: *La artesanía tradicional de la cerámica "çini"*. © Ministry of Culture and Tourism of Turkey, 2014 <<https://ich.unesco.org/es/RL/la-artesania-tradicional-de-la-ceramica-cini-01058>>

Fig. 79: *Fiestas de los patios cordobeses*. © Ayuntamiento de Córdoba, Delegación de Fiestas y Tradiciones Populares. <<http://feriasyfiestas.cordoba.es/sub-cruces-patios-rejas-5/patios>>

Fig. 80 – 83: *Maderada de Cofrentes 2014* (Vídeo), 16/10/2014. © Comunicación Cofrentes. <<https://www.youtube.com/watch?v=iaPM9t9kpT8>>

Fig. 84 – 86: *Bodegas Xaló* (Vídeo), 24/11/2014. © Bodegas Xaló. <<https://www.youtube.com/watch?v=Tzn9VZG7jg4>>

Fig. 87: *Las mejores Fallas 2017 en imágenes. Falla Sueca-Literato Azorín*. © Love Valencia. <<http://www.lovevalencia.com/las-mejores-fallas-en-imagenes.html>>

Fig. 20 – 90: *FALLAS VALENCIA 2014 (a vista de Drone)* (Vídeo), 18/3/2014. © [AirworksMedia](#)
<https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=m6WQyqjLkVc>

Fig. 91: *Torres humanas.* © Ajuntament de Tarragona
<<http://www.tarragona.cat/cultura/festes-i-cultura-popular/santa-tecla/castells-1>>

Fig. 92 – 93: *The Human Castle - Catalan Castellers from Above in High Definition (HD)* (Vídeo),
26/6/2014. © [worldfromaboveHD](#) <<https://www.youtube.com/watch?v=nfLRXPrJbYs>>

Fig. 94: *Danza del Wititi logrará declaratoria de Patrimonio de la Humanidad*, 24/11/2015. ©
2014 Agencia Peruana de Noticias. <<http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-danza-del-wititi-lograra-declaratoria-patrimonio-de-humanidad-586182.aspx>>

Fig. 95 – 96: *WITITI Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad* (Vídeo), 24/1/2017. © Alta
Definición. <<https://www.youtube.com/watch?v=0XnrEvKiNqs>>

Fig. 97: *Best Drone Gimbals – quadcopter gopro stabilizers.* © 2017 Top Gimbals.
<<http://topgimbals.com/drone/>>

Fig. 98: *Servicios. Trabajos de fumigación.* © [prodron.net](#)
<<https://www.prodron.net/prodron/servicios/fumigaci%C3%B3n/>>

Fig. 99: *The first petrol-electric multicopter.* © QUATERNIUM 2015.
<<http://www.quaternion.com/portfolio/hybrix-uav/>>

10. Anexos

10.1 Anexo I: Especificaciones técnicas de las aeronaves

A continuación se adjuntan dos tablas que recogen las especificaciones técnicas más importantes de las aeronaves que se han nombrado en el texto.

Características	Aeryon Scout	Trimble Gatewing x100	Surveyor Q-200
Autonomía de la batería	25 minutos	45 minutos	30 minutos
Dimensiones	80 x 80 x 30 cm	50 x 100 x 35 cm	148 cm (diagonal)
Distancia máxima de radiocontrol	3 km	53 km	2 – 20 km
Peso	1,7 kg	2 kg	3,8 kg
Velocidad máxima	50 km/h	95 km/h	86 km/h
Altura máxima	350 metros	2500 metros	3048 metros
Cámara integrada	Sí (Infrarrojo)	Sí	Sí

Características	DJI Inspire 1	DJI Phantom 3 Pro
Autonomía de la batería	15 minutos	23 minutos
Dimensiones	43,8 x 45,1 x 30,1 cm	52 x 52 x 19,5 cm
Distancia máxima de radiocontrol	2 km	5 km
Peso	2,93 kg	1,28 kg
Velocidad máxima	79 km/h	57,6 km/h
Altura máxima	4500 metros	6000 metros
Cámara integrada	Sí	Sí