

USO DE AERONAVES NO TRIPULADAS (DRONES) PARA LA INSPECCIÓN DE MONUMENTOS ARQUITECTÓNICOS Y CONSTRUCCIONES ANTIGUAS

Data de submissão: 08/05/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Rubén Rodríguez Elizalde
Universitat Oberta de Catalunya
Barcelona, España
<https://orcid.org/0000-0003-3314-5129>

RESUMEN. El uso de aeronaves no tripuladas (RPAS), más conocidas como drones, se ha venido extendiendo a lo largo de los últimos años con aplicaciones múltiples y muy diversas, entre las cuales están las inspecciones de elementos de patrimonio arquitectónico, construcciones singulares y estructuras antiguas o delicadas. El presente artículo nace precisamente de varias inspecciones rutinarias, llevadas a cabo de forma experimental sobre elementos patrimoniales diversos, y de una inspección principal detallada, acometida sobre un puente medieval: el Puente de Bandomil. Con la realización de todas ellas y la información obtenida, se podrá valorar si la aeronave puede servir como herramienta de calidad para la realización de los trabajos que actualmente se llevan a cabo con personal cualificado, el transporte y la instalación de aparatosos medios auxiliares y una alta inversión económica y de tiempo, especialmente en la cuidadosa

planificación de los trabajos. Del mismo modo, se incide de forma muy especial en la seguridad y en reducción de riesgos: seguridad y reducción de riesgos hacia el monumento a inspeccionar, y reducción de riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores que actualmente desempeñan tales labores.

KEYWORDS: Drones, Patrimonio, Puente Romano, Inspección, Conservación del Patrimonio.

USE OF REMOTELY PILOTED AIRCRAFT (DRONES) FOR THE INSPECTION OF ARCHITECTURAL HERITAGE AND ANCIENT STRUCTURES

ABSTRACT. The use of remotely piloted aircraft systems (RPAS), better known as drones, has spread with multiple and very diverse applications in recent years. It includes inspections of elements of the historical heritage, singular constructions and ancient or delicate structures. From various inspection heritage this article was born precisely: various several routine inspections and a significant monument detailed inspection (Bandomil Bridge), all of them with purely experimental purposes. With the completion of all of them and the

information obtained, it will be possible to assess whether the aircraft can serve as a quality tool for carrying out the work that is currently being carried out with qualified personnel, the transportation and installation of bulky auxiliary means and a high economic and time investment, especially in the careful planning of the works. There is a very special impact on safety and risk reduction also: safety and risk reduction towards the monument to be inspected, and reduction of risks for the safety and health of the workers who currently perform such tasks.

KEYWORDS: Drones, Heritage, Roman Bridge, Inspection, Heritage preservation.

1 | INTRODUCCIÓN

La inspección estructural es, desde el inicio, una operación esencial en el campo de la conservación de cualquier construcción, habiéndose aplicado particularmente, y desde un primer momento, al ámbito estructural. En esencia, se basa en el chequeo, en la caracterización y en la monitorización de la construcción en su conjunto, así como de cada uno de los distintos elementos que conforman la misma, pudiendo ir acompañada, según el tipo y alcance de inspección que se acometa, de ensayos que permitan complementar el diagnóstico realizado mediante la inspección visual.

Los distintos tipos de inspección fueron recogidos en las distintas guías desarrolladas por el Ministerio de Fomento de España para la realización de inspecciones de las obras de paso de la red de carreteras (VVAA, 2009; VVAA, 2012). Así, se distingue entre:

- Inspección rutinaria. Se trata de una inspección básica efectuada por personal no especializado, generalmente personal encargado del mantenimiento. La Guía (VVAA, 2009) señala que se realizan en todas las obras de paso iguales o superiores a 1,00 m de luz. Su objetivo es hacer un buen seguimiento del estado de las estructuras, para detectar lo antes posible fallos aparentes, que podrían originar importantes gastos de conservación o, si no son corregidos a tiempo, de reparación.
- Inspección principal. Se trata de una inspección más profunda que la rutinaria, pero que sigue siendo esencialmente visual. Debe de incluir un examen de todos los elementos de la obra de paso que sean visibles. Por ello, en muchos casos exigirá la utilización de medios auxiliares que hagan posible tal observación. La necesidad de emplear esos medios extraordinarios de acceso (Figura 1) subdivide las inspecciones principales en dos categorías (VVAA, 2012):
 - Inspección principal general, que consiste en una observación visual detallada de todos los elementos visibles que constituyen el puente sin necesidad de medios de acceso extraordinarios: basta con utilizar elementos auxiliares sencillos.
 - Inspección principal detallada, en la que es imprescindible el uso de medios de acceso extraordinarios que garanticen la posibilidad de inspección de todas las partes visibles.

- Inspección especial. Este tipo de inspección, a diferencia del resto, no se ha de realizar sistemáticamente; surge, por regla general, como consecuencia de los daños detectados en una inspección principal o, excepcionalmente, a consecuencia de una situación singular. En estas inspecciones, además de la realización de un examen visual, se necesitan ensayos y mediciones complementarios, con técnicas y equipos especiales. Este nivel de reconocimiento requiere siempre de un plan previo a la inspección, detallando y valorando los aspectos a estudiar, así como las técnicas y medios a emplear.



Figura 1: Inspección del tablero de un viaducto que salva la Autovía de las Rías Bajas (A – 52), a la altura del municipio de A Gudiña, en la provincia de Ourense (fotografía del autor).

El anterior criterio de clasificación se ha hecho extensivo a más ámbitos que los de las estructuras de carreteras (Boletín Oficial del Estado, 2005; ADIF 2020 a; ADIF 2020 b), de ahí que se haya decidido exponer aquí como punto de partida.

Por otro lado, hace unos años surgió el concepto de aeronave carente de piloto a bordo o de vehículo aéreo no tripulado; se trata de aeronaves que pueden ser controladas por el piloto de forma remota o bien programarse y ser completamente autónomas. La incorporación de ciertos accesorios a estos equipos, como pueden ser las cámaras de grabación o de captación de imágenes de alta resolución, y el desarrollo de una microtecnología cada vez más precisa y asequible (Cuerno Rejado, 2015), abrieron la

puerta hace ya tiempo a la posibilidad de incorporar los drones para la realización de este tipo de inspecciones.

Durante los últimos años, en el campo de la ingeniería civil se han realizado multitud de avances y llevado a cabo una notable cantidad de inspecciones enmarcadas en la clasificación anterior, empleando drones (Rodríguez Elizalde, 2022 a; Rodríguez Elizalde, 2022 b); los resultados han sido muy satisfactorios, pues en muchos casos se ha logrado un trabajo más económico, rápido y seguro (Rodríguez Elizalde, 2022 a; Rodríguez Elizalde, 2022 c), de ahí que se plantee la posible aplicación de esta herramienta al ámbito la inspección del patrimonio (Figura 2).



Figura 2: Drone cuadricóptero aproximándose para una inspección sobre el Ponte da Chanca, viaducto ferroviario ubicado en la ciudad de Lugo que el 20 de diciembre de 2021 cumplió 150 años (fotografía del autor).

2 | OBJETIVOS

Partiendo de la base de que la inspección de cualquier construcción resulta esencial, al permitir obtener los datos necesarios para conocer, en cada momento, su estado funcional, resistente y estético, el presente artículo tiene como objetivo principal comprobar la aplicabilidad de los drones para la realización de estas inspecciones en el ámbito patrimonial. La experiencia del autor y el análisis de una inspección principal detallada,

llevada a cabo por el mismo sobre un monumento de ingeniería de gran relevancia y significación, el Puente de Brandomil, servirá de base para verificar el cumplimiento del objetivo aquí establecido.

3 | MATERIAL Y MÉTODOS

Ha habido ya incursiones y estudios en diversos ámbitos de aplicación del uso de drones al campo de la conservación de patrimonio, destacando especialmente el uso de estos equipos para la realización de vuelos fotogramétricos que permitan realizar posteriores modelados y reconstrucciones (Domínguez Torrado, 2015; Rodríguez Elizalde, 2022 c).

Muchos y muy diversos son los tipos de drones de que se dispone en la actualidad (Hernández Correas et al., 2019), por lo que es importante conocer en cada caso el tipo de aeronave más adecuada para cada situación, y particularmente a la actuación que aquí se analiza. De entre todos los criterios de clasificación, el más interesante al efecto es el que atiende a la forma de sustentación del equipo en el aire. De esta manera, se distingue entre drones de ala fija y drones de ala rotatoria (Oñate de Mora, 2015). Es indudable que el dron de ala fija tiene grandes ventajas que le hacen idóneo para multitud de aplicaciones, pero su incapacidad para realizar un despegue vertical y mantener una posición estable en el aire no le hace apto para la inspección de una construcción antigua, a menos que se pretenda realizar una toma de imágenes de superficies extensas, lo que es muy poco frecuente.

Por ello, el tipo de dron utilizado para los trabajos aquí contemplados suele ser un dron de ala rotatoria, y más concretamente un multirrotor (Figura 2): son drones de múltiples hélices (siempre pares) que realizan el despegue en vertical y que tienen, además, la capacidad de girar sobre sí mismos, lo que les hace idóneos para realizar trabajos verticales y mantener una posición determinada fija en suspensión en el aire, para así permitir la realización de un análisis preciso.

Para comprobar la validez del dron para la realización de este tipo de inspecciones, se eligió como muestra el Puente de Brandomil, situado en las coordenadas siguientes:

- 43° 00' 29.0" N.
- 8° 55' 17.9" W.

El Puente se encuentra en Galicia, en el municipio de Zas, en la provincia de A Coruña. Salva el cauce del Río Xallas. Este puente es especialmente representativo pues, aunque no soporta actualmente tráfico rodado, formaba parte del tramo final del antiguo camino de Santiago, el que comunica Santiago y Fisterra (Casado, 1969). Sí cumplió la misión de soportar íntegramente el paso de carruajes por la vía suprayacente hasta hace ochenta años: en los años cuarenta del pasado siglo XX, se construyó un puente de hormigón para relevarlo a escasos metros aguas arriba (Roseman, 1996). A través de

Brandomil, y concretamente sobre este Puente, transitaban los peregrinos que habían desembarcado en los puertos de Muxía y de Fisterra, rumbo a Santiago de Compostela (Suárez, 2022). El ancho de la calzada suprayacente del Puente es de 2,75 metros.

El Puente posee cuatro arcos de sillería (Figura 3): tres de ellos de la misma luz (8,20 metros), y el último, en el extremo sur del puente, con una luz considerablemente menor (4,30 metros). Las pilas, con tamajares que suben hasta la coronación (Figura 5), tienen gran espesor, alrededor de los 3,00 metros. Las dos bóvedas de la margen derecha (Figura 3 y Figura 4) tienen doble rosca. Tanto las bóvedas como los tímpanos y los pretiles son de sillería (Alcaide & López, 2013). Por sus características, tanto constructivas como estéticas, se data la fecha de su construcción en el siglo XVII, aunque se tiene constancia de la existencia de un puente anterior en este mismo lugar (Casado, 1969).



Figura 3: Vista general del alzado aguas abajo del Puente de Brandomil, en imagen captada con el drone multi rotor empleado en la inspección de este artículo (fotografía del autor).

La existencia de una corriente fluvial bajo el Puente, como es el Río Zas, las dimensiones geométricas del mismo y la inaccesibilidad a determinadas zonas (las dos pilas centrales penetran en el agua del Río), hacían del Puente de Brandomil una estructura perfecta para poder constatar la validez del uso de un dron para la inspección de esta construcción patrimonial. Aparte quedaría la toma en consideración de la belleza, la relevancia y el valor histórico y patrimonial del Puente, que indudablemente confieren un valor añadido a la inspección realizada: su gran interés a nivel histórico y arqueológico, y también a nivel ingenieril y patológico reafirmaban esta idea.



Figura 4: Vista general de uno de los arcos mayores del Puente de Brandomil, en imagen captada con el drone multi rotor empleado en la inspección desde el lado aguas abajo del Puente (fotografía del autor).



Figura 5: Vista general de la parte superior de uno de los tajamares del Puente de Brandomil, en imagen captada con el drone multi rotor empleado en la inspección (fotografía del autor).



Figura 6: Drone multi rotor empleado en la inspección del Puente de Brandomil, adentrándose en el interior de la bóveda del arco menor para su inspección desde el lado aguas arriba del Puente (fotografía del autor).



Figura 7: Drone multi rotor empleado en la inspección del Puente de Brandomil, aproximándose al alzado aguas arriba del Puente, para la inspección de diversos elementos constitutivos (fotografía del autor).

Según lo comentado en apartados anteriores, para la inspección llevada a cabo en el Puente de Brandomil se empleó un drone cuadricóptero (Figura 6 y Figura 7), que pudo aproximarse a todas las zonas visibles del Puente, fueran éstas accesibles o no accesibles,

En las imágenes anteriores se puede observar el drone de cuatro hélices empleado, analizando en suspensión el interior de la bóveda más pequeña del Puente (Figura 6) y aproximándose sobre el curso del río a una de las bóvedas mayores para su reconocimiento (Figura 7). El equipo incorporaba una cámara de alta resolución con zoom y permitió la captación de las imágenes que se recogen más adelante, que podrían constituir un reportaje fotográfico completo con las observaciones más sobresalientes durante el vuelo.

Además, hay que tener en cuenta que una de las señas de identidad de este puente es el empleo del arco menor de medio punto como directriz para sus bóvedas, frente a la utilización romana común del arco. Dada la escasa flecha de la bóveda más pequeña, el acceso a su interior para el análisis del estado del intradós resultaba algo complicado (Figura 6), de ahí el interés de introducir un drone. Es cierto que hay puntos de galerías en los que el acceso puede resultar mucho más complicado que en éste, pues aquí la anchura de la bóveda es de 4,20 m y en caso de necesidad podría acceder un operario para realizar la inspección pertinente; pero esta experiencia sirve para demostrar que el drone puede desempeñar perfectamente esta función, sin tener que poner en riesgo la seguridad de ningún profesional y obteniendo resultados perfectamente válidos e incluso mejores que los que podría obtener un operario.

4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales, el Puente presentaba un estado adecuado de conservación. La inspección permitió verificar la existencia de eflorescencias, aunque en una proporción muy leve: tales lesiones se observaron en el intradós de alguna de las bóvedas y en el alzado de alguna pila o de algún estribo. Las eflorescencias se suelen concentrar alrededor de zonas en las que se produce una elevada concentración de humedad. Al tratarse de un puente fluvial sito además en la región gallega, es evidente que se está en un emplazamiento donde la humedad es elevada.

El intradós de las bóvedas es, sin lugar a dudas, el punto más crítico desde el punto de vista patológico y también el más difícilmente accesible para su inspección por medios manuales. Como se puede observar (Figura 8), todos elementos que conforman las bóvedas son de granito, con sillares y dovelas puestos en seco, siendo el redondeamiento de los vértices, característico de la alteración del granito (García de Miguel, 2009), uno de los aspectos más destacables.



Figura 8: Vista general del alzado aguas abajo del Puente de Brandomil, en imagen captada con el drone multi rotor empleado en la inspección de este artículo (fotografía del autor).

El granito constitutivo del monumento presenta, en el interior de las bóvedas, ciertos deterioros como consecuencia de la sinergia de acciones de naturaleza diversa, fundamentalmente química y biológica. Así, se puede observar la conformación de diversas costras negras, (Figura 8), presuntamente ligadas a la acción de agentes contaminantes (particularmente compuestos de azufre). Junto a estas costras, se observa una abundante presencia de biocolonias (plantas), que han crecido enraizando en las juntas que se disponen entre los sillares, especialmente en las juntas de puntos angulares (Figura 9 y Figura 10), que entran en retroalimentación con los fenómenos de humedad, eflorescencias y agua de escorrentía, tal y como reflejan ciertas manchas observadas.

También vinculada con la humedad está la proliferación de pequeñas costras de carbonatación, detectada en el interior de las bóvedas: en este caso, se trata de costras debidas, fundamentalmente, a la disolución de carbonato cálcico procedente del mortero dispuesto entre las juntas de los sillares. Las marcas oscuras de agua de escorrentía, observadas en algunos puntos del puente están ligadas con este proceso de desarrollo de costras negras.

En este sentido, no conviene olvidar que las costras y, en mucha mayor medida, las eflorescencias son manifestaciones resultantes de la cristalización de sales, que se suelen

aglutinar alrededor de puntos donde se produce una elevada concentración de humedad; esta anomalía se desencadena al cristalizar las sales solubles presentes en disolución en el sistema poroso de la fábrica (García de Miguel, 2009).

En principio, los daños anteriormente recogidos no son daños de índole estructural, sino daños relacionados con la durabilidad de los materiales en la construcción. Cuando se habla de daños que guardan relación con la durabilidad del material que conforma un elemento, se está haciendo referencia a las lesiones que surgen de la interacción del material deteriorado con las condiciones ambientales impuestas por el entorno en el que se encuentra instalado el elemento. Dicho de otra manera, la durabilidad de un material puede entenderse como la capacidad que éste tiene para resistir a la acción del ambiente, que incluye todos los ataques químicos, físicos, biológicos, o cualquier otro proceso ambiental que tienda a deteriorarlo.

Dicho de otra forma, no son lesiones que afectan a la integridad del monumento a corto plazo, pero que sí pueden derivar en daños más graves, como la alveolización o incluso la arenización del material pétreo, si siguen desarrollándose. La detección particular de eflorescencias, por una parte, pone de manifiesto que se está produciendo un proceso de degradación química, si bien de escasa peligrosidad; y, por otra parte, lanza una advertencia de que se pueden estar generando tensiones mecánicas internas de cierta consideración, a causa de los procesos de cristalización de las sales.



Figura 9: Vista general del arco más pequeño del Puente de Brandomil, visto desde el lado aguas arriba, en imagen captada con el dron multi rotor empleado en la inspección, donde se puede observar la abundante presencia de vegetación enraizada en los múltiples elementos (fotografía del autor).



Figura 10: Vista general de unos de los arcos mayores del Puente de Brandomil, visto desde el lado aguas arriba, en imagen captada con el drone multi rotor empleado en la inspección, donde se puede observar la abundante presencia de vegetación enraizada en los múltiples elementos (fotografía del autor).

Se cierra este apartado, reincidiendo en la presencia de vegetación enraizada en las juntas entre los sillares (Figura 9 y Figura 10). A causa de la humedad, y ante la susceptibilidad del granito al ataque de naturaleza biológica, el drone también pudo registrar pefículas o moteados, resultantes de la acumulación de microorganismos vegetales, tipo musgo o similar (Figura 9 y Figura 10).

Con todo, y aunque ninguno de los daños compromete la seguridad del monumento, el drone permitió la localización y diagnóstico de tales lesiones, habida cuenta de que muchas de ellas no eran visibles desde la posición de un viandante. Además, la inspección con la aeronave no tripulada permitió disponer de documentos gráficos que, en posteriores inspecciones, permitirán valorar la evolución de los daños y así estimar la pertinencia de una posible intervención restauradora.

5 | CONCLUSIONES

Los resultados de la inspección realizadas ponen de manifiesto que el empleo de un drone adecuado permite realizar perfectamente una observación visual detallada y

completa de todos los elementos visibles, accesibles y no accesibles, que conforman un monumento de cierta entidad. Con esta herramienta, no se precisa recurrir a medios de acceso extraordinarios, como sí hubieran sido precisos en caso de no disponer de la aeronave multirrotora.

Por tanto, a la luz de la experiencia aquí recogida, se puede concluir lo siguiente:

1. El dron simplifica los trabajos de planificación, ya que reduce la planificación y adquisición de medios auxiliares de acceso.
2. El dron simplifica los trabajos de campo, de cara a la identificación y valoración de deterioros de cada uno de los elementos constitutivos del monumento.
3. Las simplificaciones anteriores permiten realizar los trabajos con más rapidez.
4. El dron reduce una parte considerable de los riesgos de afección al monumento. El Puente de Brandomil conserva su forma primitiva que, como toda construcción, necesita un cuidado para su adecuada conservación. El dron se ha mostrado una herramienta muy eficaz al respecto, no llegando a entrar en contacto con el monumento en ningún momento.
5. El dron reduce toda clase de riesgos para la seguridad de los trabajadores que deberían colaborar en las inspecciones, dado el peligro inherente al empleo de ciertos medios auxiliares para acceder a determinados elementos de la estructura: con un dron, ningún trabajador tiene que, por ejemplo, exponerse al riesgo de caída en altura.
6. Los cinco puntos anteriores justifican un considerable ahorro económico, que no supone una disminución de la calidad del trabajo.

Con los datos recogidos con el dron, como se ha ejemplificado aquí, se puede generar en gabinete un completo informe técnico de la inspección realizada, además de suministrar la información pertinente de cara a su incorporación a un sistema de gestión y a la obtención de los índices de estado, de cada uno de los elementos y de la construcción en su conjunto, para valorar si es precisa algún tipo de actuación urgente o verificar, a través de una comprobación regular de las lesiones detectadas mediante vuelos periódicos, la evolución de dichas lesiones.

Ni qué decir tiene que la experiencia de la inspección experimental realizada para la elaboración de este artículo es extrapolable a otros tantos trabajos de idéntica naturaleza, lo que abre un abanico infinito de oportunidades para estos pequeños ingenios que, sin duda, han venido para quedarse y para cambiar la forma de inspeccionar elementos singulares.

6 | FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este artículo se ha centrado de forma exclusiva en la utilización de drones en el ámbito de la inspección de elementos patrimoniales. Las imágenes, e incluso los vídeos,

que son capturados con las cámaras incorporadas a un drone pueden ser utilizados como documentos visuales para otros múltiples objetivos que van más allá de la inspección aquí analizada.

La incorporación de otros sensores, de carácter visual o de carácter térmico, pueden servir para localizar lesiones invisibles o comprender mejor el origen de las lesiones visibles a las que inicialmente no se les encuentra explicación. En este caso, ya se entraría en el ámbito de la inspección especial, de acuerdo con lo visto en la Introducción, empleándose ensayos indirectos que no causarían ningún deterioro al monumento objeto de análisis (Figura 36).

El drone también puede ser de gran ayuda en la reconstrucción geométrica de un elemento a partir de las fotografías obtenidas en capturas realizadas en vuelos fotogramétricos. Para ello, se precisa un amplio conocimiento en materia de captación de datos que escapa al alcance y objetivo de este artículo, pues es precisa la obtención de datos medibles (sean éstos bidimensionales o tridimensionales) y el posterior procesado de los datos recopilados de cara al modelado y reconstrucción.

REFERENCIAS

ADIF (2020). Inspección Básica de Puentes de Ferrocarril (NAP 2-4-0.0_1E). Enero de 2020. Disponible online en: <http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf/v0/91DB4D69076B81C6C12584FF0032E3BC?OpenDocument&tDoc=F> (último acceso el 7 de mayo de 2023).

ADIF (2020). Inspección Principal de Puentes de Ferrocarril (NAP 2-4-1.0). Julio de 2020. Disponible online en: <http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf/v0/D2ED6B6DB14AA4D1C12585AE0054660F?OpenDocument&tDoc=F> (último acceso el 7 de mayo de 2023).

Alcaide, R. C., & López, M. E. C. (2013). Aportaciones gallegas para la historia del corte de la piedra en España: Los cuadernos de Juan de Portor y Francisco Sarela. In *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*: Madrid, 9-12 de octubre de 2013 (pp. 161- 170). Instituto Juan de Herrera.

Boletín Oficial del Estado (2005). Orden FOM/1951/2005, de 10 de junio, por la que se aprueba la instrucción sobre las inspecciones técnicas en los puentes de ferrocarril (ITPF-05). Disponible online en: <https://www.boe.es/boe/dias/2005/06/24/pdfs/A22192-22199.pdf> (último acceso el 7 de mayo de 2023).

Casado, F. U. (1969). Puentes y caminos en la Provincia de La Coruña. *Revista Instituto José Cornide de Estudios Coruñeses*, (5), 199-246.

Cuerno Rejado, C. (2015). Origen y Desarrollo de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas por Control Remoto. *Los Drones y sus aplicaciones a la Ingeniería Civil*. Dirección General de Industria y Energía de la Comunidad de Madrid (Eds). Pp 15 – 32. Disponible online en: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2015/03/Los-Drones-y-sus-Aplicaciones-a-la-Ingenieria-Civil-fenercom-2015.pdf> (último acceso el 7 de mayo de 2023).

Domínguez Torrado, J.A. (2015). Aplicaciones en la gestión del patrimonio y herencia cultural. *Proceeding of Los Drones y sus aplicaciones a la Ingeniería Civil*. Dirección General de Industria y Energía de la Comunidad de Madrid (Eds). Pp 159 – 170. Disponible online en: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2015/03/Los-Drones-y-sus-Aplicaciones-a-la-Ingenieria-Civil-fenercom-2015.pdf> (último acceso el 7 de mayo de 2023).

García de Miguel, J.M. (2009). Tratamiento y conservación de la piedra, el ladrillo y los morteros en monumentos y construcciones. Madrid, España: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España; 684 p.

Hernández Correas Á., Virués Ortega D., Bernardo Sanz S., Ramos Campo D., Vergara Merino R., García - Cabañas Bueno J.A. (2019). *Piloto de Dron (RPAS) (3ª ed.)*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo; 399 p.

Oñate de Mora, M. (2015). Tipología de Aeronaves Pilotadas por Control Remoto. *Proceeding of Los Drones y sus aplicaciones a la Ingeniería Civil*. Dirección General de Industria y Energía de la Comunidad de Madrid (Eds). Pp 49 – 58. Disponible online en: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2015/03/Los-Drones-y-sus-Aplicaciones-a-la-Ingenieria-Civil-fenercom-2015.pdf> (último acceso el 7 de mayo de 2023).

Rodríguez Elizalde, R. (2022). Structural Inspection by RPAS (Drones): Quality Work with Preventive Guarantee. *Journal of Engineering and Applied Sciences Technology*, 4 (2).

Rodríguez Elizalde, R (2022). Use of Rpas (Drones) for Old Bridges Inspection: Application on Ponte Olveira Bridge. *International Journal of Innovation Scientific Research and Review*, Vol. 04, Issue, 10, pp. 3487-3493, October 2022. Disponible online en: <http://www.journalijsr.com/sites/default/files/issues-pdf/IJISRR-1035.pdf> (último acceso el 7 de mayo de 2023).

Rodríguez Elizalde, R. (2022). Utilisation de Systèmes d’Aéronefs Télépilotes pour l’Inspection d’Anciennes Constructions. *Current Opinion*, 2 (6), pp 213-227. Disponible online en: <http://currentopinion.be/index.php/co/article/view/121> (último acceso el 7 de mayo de 2023).

Roseman, S. R. (1996). “How we built the road”: the politics of memory in rural Galicia. *American Ethnologist*, 23(4), 836-860.

Suárez, X. M. L. (2022). Topónimos con historia do camiño de Santiago a Muxía. In *Os camiños de Santiago de Europa a Galicia: lugares, nomes e patrimonio* (pp. 175-212). Real Academia Galega.

VVAA (2009). *Guía de inspecciones de obras de paso*. Madrid, España: Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento, 124 p. Disponible online en: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0870300.pdf (último acceso el 7 de mayo de 2023).

VVAA (2012). *Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado*. Madrid, España: Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento, 355 p. Disponible en: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0870250.pdf (último acceso el 7 de mayo de 2023).