

EL LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO DEL CONJUNTO DEFENSIVO DE PUENTE DEL CONGOSTO (SALAMANCA)

THE PLANIMETRIC SURVEY OF THE DEFENSIVE COMPLEX OF PUENTE DEL CONGOSTO (SALAMANCA)

Diego Vicente Sánchez

ETSAM, Calle Juan de Herrera 4, 28040 Madrid, diego98vicente@gmail.com

How to cite: Diego Vicente Sánchez. 2022. El levantamiento planimétrico del conjunto defensivo de Puente del Congosto (Salamanca). En libro de actas: II Simposio de Patrimonio Cultural ICOMOS España. Cartagena, 17 - 19 de noviembre de 2022. <https://doi.org/10.4995/icomos2022.2022.15408>

Resumen

El levantamiento arquitectónico es básico en la intervención del patrimonio. Las nuevas tecnologías ayudan en la elaboración de planimetrías, en particular la fotogrametría, aunque no siempre es posible llevarlas a cabo por la envergadura de los objetos de estudio. En este artículo se exploran las posibilidades que ofrece esta tecnología, en particular el programa de Agisoft Metashape, en el levantamiento arquitectónico de edificios que por sus extensiones dificultan la toma de medidas e información.

Para ello, se expone la metodología llevada a cabo en el caso concreto del conjunto militar de Puente del Congosto, conformado por el Castillo de los Dávila y un puente medieval de 120 metros de longitud. Para el primero se ha realizado un modelo tridimensional a partir de un único vuelo dron, y el levantamiento del segundo se ha llevado a cabo a partir de fotografías tomadas con una cámara digital.

De este modo se pretende mostrar un ejemplo de cómo llevar a cabo planimetrías precisas a partir de recursos limitados y en poco tiempo. Además, se muestra brevemente el proceso a seguir para realizar un modelado tridimensional para evidenciar su facilidad y las posibilidades que esta tecnología supone.

Palabras clave: *fotogrametría, levantamiento arquitectónico, documentación del patrimonio, Puente del Congosto, Agisoft Metashape.*

Abstract

Architectural surveying is essential in heritage intervention. New technologies help in the elaboration of planimetric surveys, especially photogrammetry, although it is not always possible to carry them out due to the size of the objects to be studied. This paper explores the possibilities offered by this technology, particularly Agisoft Metashape programme, in architectural surveys of buildings whose size makes it difficult to take measurements and information.

To this end, the methodology used in Puente del Congosto military complex, consisting of the Dávila Castle and a 120-metre-long medieval bridge, is presented. For the former, a three-dimensional model has been made from a single drone flight, and the latter has been surveyed using photographs taken with a digital camera.

In this way, the aim is to show how it is possible to carry out precise planimetries with limited resources and in a short time. In addition, the process to carry out a three-dimensional modelling is briefly shown to demonstrate how easy to use it is, and the possibilities it offers.

Keywords: *photogrammetry, architectural surveying, heritage documentation, Puente del Congosto, Agisoft Metashape.*

1. Introducción

En la intervención del patrimonio es necesario el conocimiento exhaustivo del objeto de estudio, y dentro de la multitud de estudios que han de llevarse a cabo para ello, es fundamental el levantamiento planimétrico, máxime cuando se habla de un objeto arquitectónico. Ya en el año 1964, la Carta de Venecia pone de manifiesto la necesidad de elaborar levantamientos arquitectónicos precisos y detallados que permitan un conocimiento profundo de la forma real del monumento, siendo la fotogrametría la técnica más apropiada para ello. (Buill, 2007). Las nuevas tecnologías permiten llevar a cabo levantamientos más precisos, como es el caso de la fotogrametría. Esta técnica de obtención de datos resulta muy útil cuando el edificio a estudiar es fácilmente abarcable, pues el modelo se obtiene a partir de unas pocas imágenes.

La fotogrametría es la técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto. Su desarrollo comenzó con el estudio geográfico, teniendo en el siglo pasado su mayor desarrollo en el campo de la topografía, aunque más tarde comenzó a aplicarse en campos como la arqueología y la arquitectura. (Cheli, 2012). Actualmente existen programas que, mediante esta técnica, producen modelos en tres dimensiones, de los cuales se pueden obtener múltiples datos del objeto representado.

El objetivo del presente artículo es exponer las posibilidades que proporciona el uso de esta técnica, a través del ejemplo del levantamiento planimétrico llevado a cabo en el puente medieval y el Castillo de los Dávila, situados en la localidad salmantina de Puente del Congosto, cuyo estudio se realizó para un trabajo académico del Máster Universitario de Conservación y Restauración del Patrimonio Arquitectónico (MUCRPA) en la ETSAM, durante el curso 2021/2022. Si bien existen varias guías sobre el uso de estas tecnologías, en este caso concreto interesa la metodología seguida para el procesado de grandes objetos arquitectónicos, que no se pueden abarcar de manera fácil.

Se trata por tanto de exponer la posibilidad de obtener un resultado de suficiente calidad que permita un levantamiento planimétrico riguroso, sin tener que recurrir a una tecnología demasiado cara y compleja. En este caso solo ha sido necesaria una cámara de fotografía digital normal, y el video obtenido de un vuelo de dron, en el caso del castillo.

2. Proceso de documentación mediante fotogrametría

En este apartado se expone el proceso llevado a cabo en el conjunto defensivo de Puente del Congosto, detallando el método seguido para su levantamiento planimétrico, demostrando cómo, a partir de recursos muy limitados, es posible obtener resultados de considerable calidad contando con dos ventajas principales, un coste menos que el uso de modelados 3D con herramientas digitales del tipo Autocad o Blender, o el uso de escáneres; así como la posibilidad de alcanzar un gran realismo debido a la texturización conseguida con éste método. (Caro, 2012).

2.1. Nociones básicas

Aunque existen varias guías y foros en los cuales se explica el funcionamiento del software, conviene enunciar en este punto, de manera breve, los principios de la fotogrametría que se han de seguir para la obtención de un buen modelo. Como ya se ha expuesto anteriormente, una fotogrametría de estas características se puede realizar utilizando cualquier tipo de cámara que tenga la suficiente calidad de imagen, inclusive la de un teléfono móvil.

Las fotografías necesarias para el proceso han de cumplir las siguientes condiciones:

- Han de tomarse de manera consecutiva, creando un barrido superficial del objeto.
- Las imágenes deben solaparse, al menos, un 30% consecutivamente, es decir, que entre una imagen y la siguiente, debe verse la misma parte del objeto de estudio en aproximadamente un tercio de cada imagen.
- La distancia focal de la cámara ha de mantenerse invariable durante el proceso. Si bien el programa reconoce el cambio de posición, no ocurre lo mismo con la deformación que deriva de un cambio de distancia focal.
- Es recomendable tomar las fotografías bajo una condición lumínica estable, sin que existan contrastes elevados o cambios repentinos de luz. En la toma de datos de objetos arquitectónicos, es conveniente que esta se lleve a cabo en días nublados, cuando la luz es más uniforme y no hay contrastes.

2.2. Singularidades del objeto de estudio

El objeto de estudio que se ha analizado en este caso concreto es el conjunto militar de Puente del Congosto, formado por un castillo y un puente, ambos medievales, de los cuales no existe ninguna planimetría publicada ni disponible para su estudio. Dicho municipio está localizado en la provincia de Salamanca, muy próximo al límite con la provincia de Ávila, equidistante de las ciudades de Béjar y Piedrahita. El río Tormes atraviesa la localidad, dividiéndola en dos. El puente medieval data aproximadamente del año 1250 (Sánchez, 20202), y fue construido para facilitar el vado del río en lo que ya debía ser un paso natural, defendiéndose primitivamente con dos torres almenadas sobre el propio puente, y más tarde con un torreón en su estribo oeste, alrededor del cual se construiría, ya a finales del siglo XIV, la fortaleza actual (Sánchez, 2016).

El puente, sobre el cual discurre la Cañada Real Soriana Occidental, cuenta con 120 m de longitud y 12 arcos, siendo el sexto el de mayor dimensión, con 13 metros de diámetro, por el cual discurre la práctica totalidad del cauce, salvo en temporada de lluvias, cuando las crecidas elevan el nivel y el agua discurre por todos sus arcos. Su extensa longitud, y la división que supone el curso fluvial, impide la toma continua de fotografías, por lo que en este caso se recurrió al modelado mediante bloques, procesando por separado cada pilar, y uniéndolos todos en un modelo final, como se verá más adelante. Por otro lado, el castillo cuenta con una altura aproximada de 26 metros. Esto imposibilita la fotogrametría completa del edificio mediante la toma de imágenes tomadas con una cámara desde la base. Por ello se recurrió a un vuelo de dron, que permitió obtener a partir de un video.

2.3. Procesado de los modelos

A continuación, se muestra brevemente el protocolo de procesado de las imágenes para poder obtener modelos tridimensionales de manera rápida y sencilla.

2.3.1. Procesado de un bloque

Una vez obtenidas las fotos siguiendo los principios básicos previamente enunciados, el procesado es sencillo. En primer lugar, conviene realizar una limpieza de la foto, mediante el uso de máscaras, excluyendo superficies que no interesan. Por ejemplo, resulta beneficioso excluir el cielo, ya que el programa no lo reconoce bien, pues es una masa uniforme, y crea nubes que manchan el modelo. Aunque este paso pueda llevar tiempo, es útil para la obtención de buenos resultados.

Cuando las fotografías ya están preparadas para ser procesadas, el protocolo es sencillo ya que se da automáticamente, y puede encontrarse fácilmente en guías de usuario del programa y tutoriales, pero a grandes rasgos es el siguiente:

- En primer lugar, se orientan las imágenes, obteniendo en este punto una nube de puntos, la cual indica si el modelo va a salir bien, y todas las fotos están correctamente planteadas.
- El segundo paso es la creación de una nube de puntos densa, la cual permite obtener un mayor número de puntos, y da por tanto más información para el modelado.
- Después se crea la malla de alambre, en la que, mediante la unión de los puntos anteriores a través de triangulaciones, se crea la estructura del modelo.
- Posteriormente se forma el modelo sólido, que forma la superficie en tres dimensiones del objeto modelado, pudiéndose exportar ya a softwares de modelado 3d y trabajar con ellos.
- Por último, se texturiza el modelo, añadiendo a la superficie obtenida en el paso anterior, la imagen. De este modo ya se tiene el modelo final, siendo una réplica exacta de la superficie del objeto de estudio.

Como puede observarse en la imagen, el procesado puede llevarse a cabo con una excelente calidad, obteniendo una gran cantidad de puntos, aunque requiere un mayor tiempo de procesado. En este caso concreto, al tratarse de un solo pilar, y partiendo de 112 fotografías, fue posible realizarlo con calidad muy alta. De este modo puede observarse en el modelo sólido el detalle en los sillares, permitiendo leer con gran facilidad el arranque de la torre almenada primitiva que se situaba en este punto del puente.

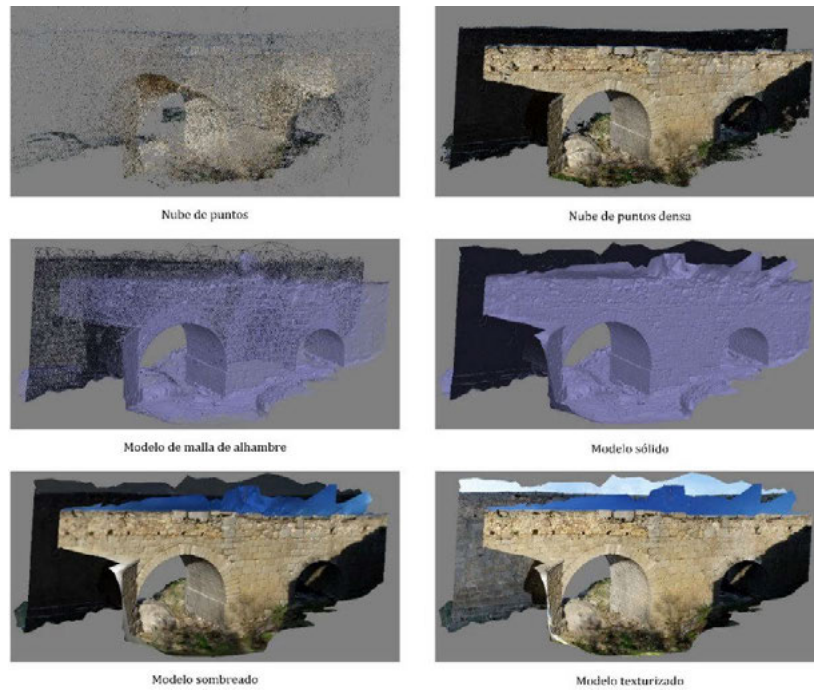


Fig. 1 Proceso de modelado tridimensional

2.3.2. Método por bloques

El concepto del método por bloques es análogo al propio concepto de fotogrametría, pues se basa en producir bloques individuales de partes del edificio para ir uniéndolos consecutivamente, para lo cual es necesario que haya cierto solape, de manera que el software sea capaz de reconocer la continuidad del edificio en sendos bloques. En la siguiente imagen se muestra cómo se ha unido el pilar del puente con su correspondiente tablero, usando como superficie de solape una construcción anexa, permitiendo obtener un único modelo, ya completo. Esta estrategia se ha seguido con todos los pilares para obtener el puente en su totalidad.

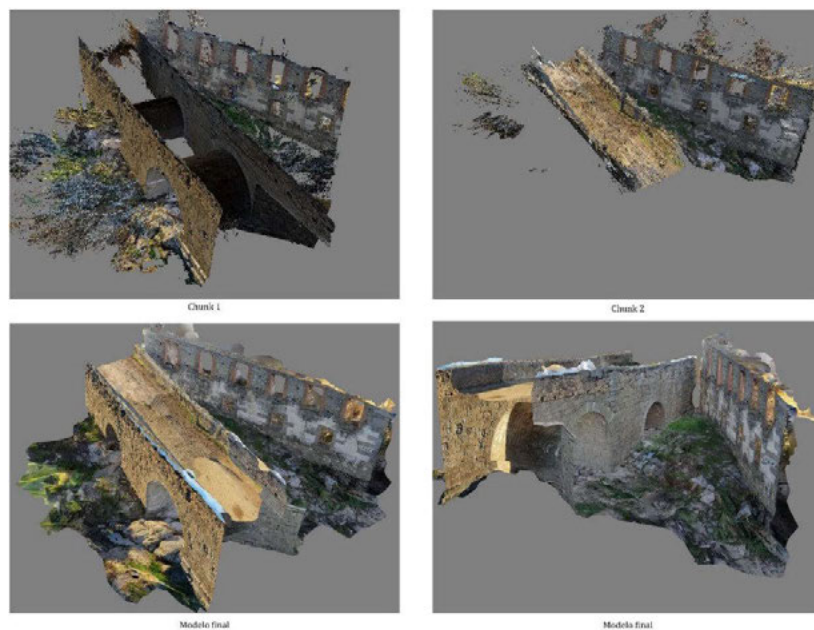


Fig. 2 Proceso de unión mediante elementos comunes

2.3.3. Modelado a partir de video

Con el castillo se sigue una estrategia distinta, pues el problema es su altura, y no tanto su longitud, por lo que se opta por la obtención de un video grabado con un dron. Existen varias metodologías propuestas para realizar la toma de imágenes mediante el dron, planificando y realizando las timas individualmente (Carretero, 2015), así como multitud de opciones para el postprocesado (Zafra, 2018), si bien en este artículo se propone un método más rápido y sencillo. El primer paso consiste en realizar un vuelo circular alrededor de la fortaleza, enfocándola en ángulo picado, de manera que se pueda documentar la mayor superficie posible. Una vez grabado el video, se extraen fotogramas a intervalos regulares, de tal modo que estos se asemejen a fotografías tomadas con una cámara realizando un barrido continuo. A pesar de la limitada calidad que puede tener la cámara del dron, a lo que se le suma la extracción de fotogramas del video, lo cierto es que el resultado del modelado es satisfactorio, permitiendo obtener todos los datos necesarios para la elaboración de una planimetría fiel al objeto real.

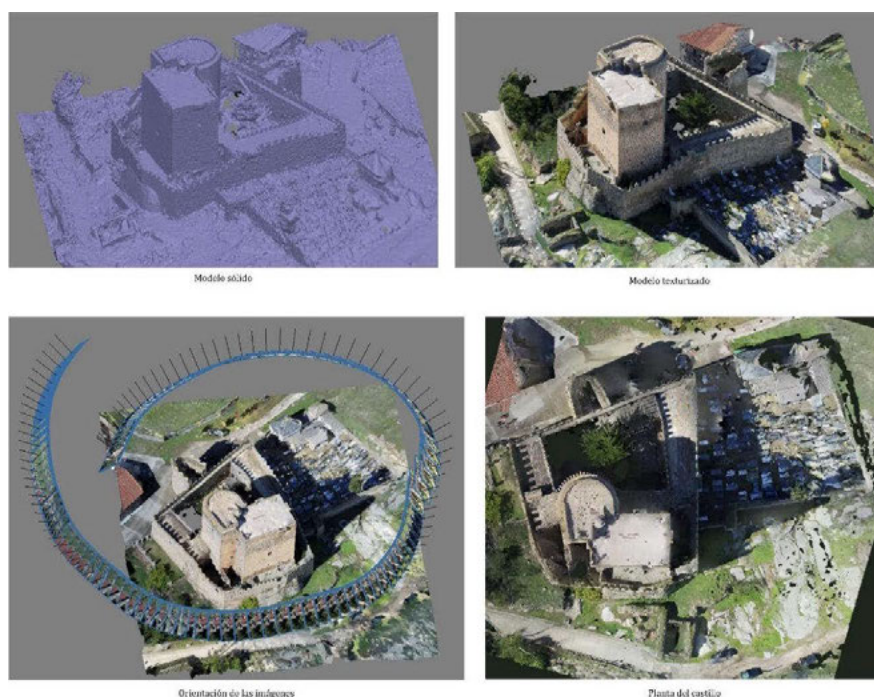


Fig. 3 Obtención del modelo del castillo a partir del vuelo de dron.

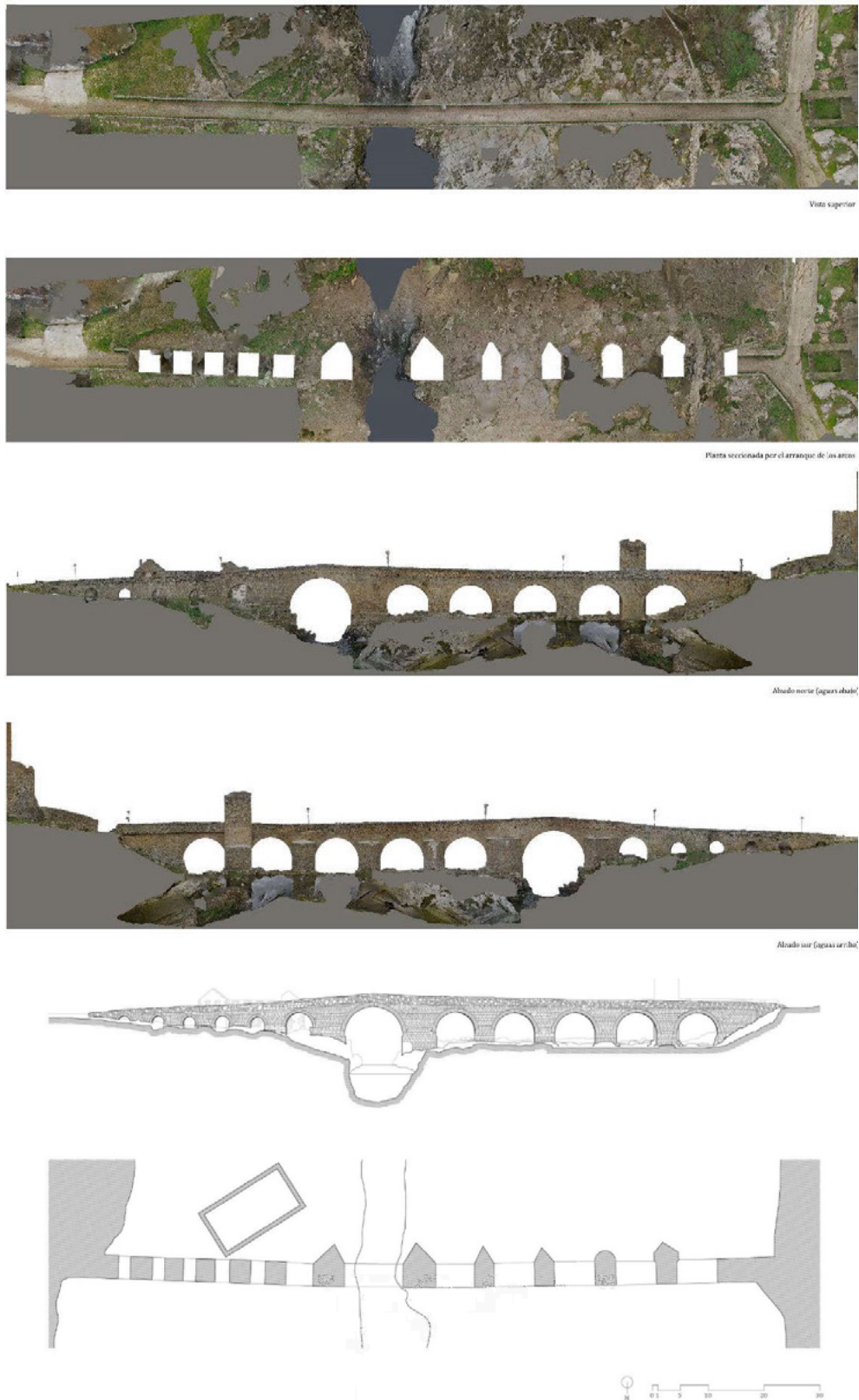
3. Resultados

Los modelos tridimensionales ya obtenidos pueden escalarse y orientarse en el espacio, para lo cual es necesario tomar alguna medida previamente. Con solo un par de medidas tomadas en cada objeto arquitectónico, identificando tres puntos en un plano vertical que conformen dos ejes de coordenadas ortogonales, es posible escalarlo, para a partir de entonces tomar cualquier otra medida, y orientarlo, lo cual permite la elaboración de ortoimágenes.

Estas ortoimágenes suponen una proyección del objeto de estudio sobre un plano en verdadera magnitud, es decir, un alzado o una planta, y si éste se corta, una sección. Como se puede ver en las siguientes páginas, a partir de estas ortoimágenes se puede dibujar un levantamiento arquitectónico utilizando cualquier programa de dibujo, y dada la alta calidad de las imágenes, es posible representar cualquier detalle arquitectónico, tomar medidas, *a priori* imperceptibles o inasumibles *in situ*, como pueden ser desplomes, deformaciones, desviaciones, etc.

En conclusión, esta tecnología supone una posibilidad que, como se ha demostrado permite la obtención de una ingente cantidad de información utilizando herramientas sencillas, y que requieren poco tiempo de procesado, permitiendo un mayor conocimiento del bien a intervenir con un esfuerzo razonable.

3.1. Levantamiento del puente medieval



3.2. Levantamiento del Castillo de los Dávila

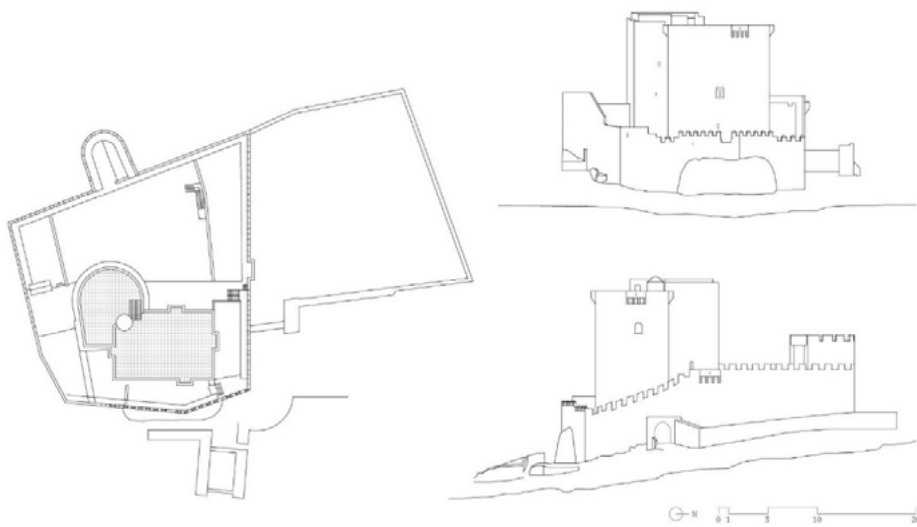


Fig. 5 Ortoimágenes y planimetría del Castillo de los Dávila

Agradecimientos

Agradezco a Alberto Sayagués Mendo, su habilidad como piloto, no solo de drones; a Juan Manuel Rodríguez Riesgo, su presteza en el apoyo; y a Enrique Rabasa y Miguel Alonso su dedicación en la enseñanza de las tecnologías aplicadas al patrimonio, tanto las más novedosas como las más antiguas.

Referencias

- Buill, F., Rodríguez, J. J., Núñez, M. A. (2007). *Fotogrametría Arquitectónica*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Caro, J. L. (2012). *Fotogrametría y modelado 3D: un caso práctico para la difusión del patrimonio y su promoción turística*. En A. Apellido del presidente del congreso (Presidencia), *IX Congreso Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*. Congreso llevado a cabo en TuriTec'2012, Málaga.
- Cheli, A. E. (2012). *Introducción a la Fotogrametría y su evolución*. La Plata: Hespérides.
- Carretero Segarra, S., Fernández Gutiérrez, L. J., Vicente Legazpi, P. (2015). *Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado*. Madrid.
- Sánchez García, T. (2002). *La villa de Puente del Congosto y su tierra: Bercimuelle, Navamorales y el Tejado en el Siglo XVI*. Santander.
- Sánchez de la Peña, C. (2016). *Historia de Puente del Congosto*. Madrid.
- Zafra Granados, Y. (2018). *Manual para el postproceso de imágenes obtenidas a partir de una aeronave tripulada remotamente (Drone) en los softwares Agisoft Photoscan y PIX4D*. Universidad distrital Francisco José de Caldas.