

TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LA FUENTE DEL CUADRADO EN MONTILLA (CÓRDOBA, ESPAÑA) EN EL SIGLO XIX

DIGITAL TECHNOLOGY TO LOCATE THE WATER CATCHMENT SYSTEM OF THE “CUADRADO” FOUNTAIN IN MONTILLA (CORDOBA, SPAIN) IN THE 19TH CENTURY

Pilar Carranza-Cañadas^a , Manuel Baena-Sánchez^b, Rafael Hidalgo Fernández^a ,
Paula Triviño-Tarradas^{a,*} 

^a Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, 14070 Córdoba, España. ir1carr@uco.es; ig1hifer@uco.es; ig2trtap@uco.es

^b Instituto de Estudios de Postgrado, Universidad de Córdoba, Rectorado, 14070 Córdoba, España. manuelbaena.s@gmail.com

Highlights:

- Se ha investigado el suministro de aguas a la población de Montilla (España) realizada por el ingeniero D. José María Sánchez-Molero y Lleguet a finales del siglo XIX en base a la documentación gráfica existente.
- Se presenta un modelado 3D del sistema de captación de agua en la “Fuente del Cuadrado” acorde a los planos de 1868.
- Se presenta una propuesta de ubicación del sistema de captación de aguas de la “Fuente del Cuadrado” en base a los documentos gráficos de la época y al análisis de las características topográficas del terreno en la parcela.

Extended abstract:

The September 2017 Montilla (Spain) fire brigade’s fortuitous discovery of part of the pipeline system that supplied the town in the late 19th century, led to an academic study which motivates this paper. The engineer José María Sánchez-Molero y Lleguet designed this water canalization, from the “Cuadrado” fountain to some tanks located in the “house of water” (Montilla) in 1868. There are no remains of these constructions, except those found by the firefighters. This study focuses on: i) collecting, analysing and interpreting all the existing graphic and documentary evidence in this regard; ii) performing a 3D modelling of the catchment system at the fountain area, based on the compiled documentation; iii) determining the terrain’s topography. The virtual location on the digital model of the terrain based on Sánchez-Molero’s plans can help archaeologists to discover the true location, highlighting the suitability and usefulness of this research work.

The catchment system designed and executed by Sánchez-Molero is a system of ditches. These are made up of a series of ditches filled with gravel, arranged according to the slope in the shape of a herringbone, surrounding the “Cuadrado” fountain (perfectly represented in Sánchez-Molero’s plan). Moreover, there is another main ditch attached to the dam wall. The system was designed to catch water from the fountains or runoff water from the adjoining orchards. It is a system based on gravel-filled trenches with no drainage pipes at the bottom, which could have led to its depletion, due to the possible cementation of spaces between gravels. For this reason, in 1902, other sources were sought, as the water of the “Cuadrado” fountain was scarce. The system, in addition to the drains and the dam wall, consists of a container or collector, from which the water comes out through the fountain, and through a pipe located on one side of the container.

The catchment system is arranged along with a road system that is also indicated in Sánchez-Molero’s plan map. This distribution of roads still exists today. Therefore, the modelled system on the real scale can be oriented in the digital terrain model (DTM) of the corresponding plot. The location of the “Cuadrado” coincides with a well that currently exists. The study of the slopes and the runoff water flow lines coming from the fountains suggests that, in this arrangement of the catchment system, the drains intercept the course of water coming from all the upwelling areas, where the slope is steep (8-12%), i.e. twice as steep as in the high areas and orchards, where the average slope is 3-6%.

The location in the plan and on the terrain profile of the pipe that carried the water from the outlet of the “Cuadrado” reservoir to the house of water was analysed. The water rise was found to be produced by the communicating vessels’ effect, due to the coincidence of the terrain heights. From there, the water was pumped into the house of water. The register was there, located at the lowest point of elevation in the stream, currently called “Cuadrado”, and the stopcock, where the “Flauta” Fountain is located today. The pipeline follows the route of the “Manantiales” (which means “water springs” in Spanish).

*Corresponding author: Paula Triviño-Tarradas, ig2trtap@uco.es

The obtained results can help archaeologists to know the true location of the “Cuadrado” fountain, and to disseminate the cultural hydric heritage of Montilla, promoting touristic routes. Water resource tourism is already a reality in many cities, including Montilla. The cultural dissemination of water resources is supported by various institutions, through the routes and the many sources and watering holes that the town owns. Among these routes, the long route of the fountains of Montilla should be mentioned. This one runs along the path of the “Manantiales”, following Sánchez-Molero’s pipeline map, which passes through the house of water, the “Flauta” Fountain, and the “Cuadrado” Fountain. The results of this work maximise the cultural value of this route.

Keywords: 3D irrigation canal reconstruction; digital localization; water catchment systems; documentation; hydraulic heritage

Resumen:

El hallazgo fortuito de parte de la canalización que abastecía a la población de Montilla (España) desde finales del s. XIX, y que tuvo lugar en septiembre de 2017 por el servicio de bomberos de la ciudad, originó un estudio académico al respecto. El ingeniero José María Sánchez-Molero y Lleguet proyectó dicha canalización, desde el manantial “Fuente del Cuadrado” hasta unos depósitos situados en la Casa de las Aguas (Montilla) en 1868. De dichas construcciones no quedan restos, excepto los encontrados por los bomberos y Ayuntamiento. Los objetivos de la investigación se centran en: i) la recogida, análisis e interpretación de toda la documentación gráfica y documental existente al respecto; ii) la modelización del sistema de captación en la Fuente del Cuadrado y del terreno circundante; iii) su ubicación virtual sobre el modelo digital del terreno (MDT) en base a los planos de Sánchez-Molero y a las características de la superficie topográfica (cotas, pendientes, disposición de las líneas de talud). El análisis de estos datos justifica: a) el sitio y orientación de todo el sistema de captación en la zona de los manantiales; b) el discurrir de la tubería, así como la ubicación de la casa de las bombas, ya que el agua descendía por gravedad desde su salida en el depósito del sistema de captación hasta el arroyo del Cuadrado, subiendo por vasos comunicantes hasta los 334 m donde se situaban las bombas para impulsar el agua hasta los depósitos de suministro. La ubicación propuesta ayudaría a los arqueólogos a su hallazgo real y a su difusión cultural entre el público general; máxime cuando por dicha ubicación pasa la ruta larga de las fuentes de Montilla. El uso del modelo generado permitiría al senderista conocer in situ, mediante tecnologías de realidad virtual y aumentada, el sistema de captación diseñado por el ilustre ingeniero, impulsando el turismo cultural del agua.

Palabras clave: reconstrucción 3D de canales de riego; localización digital; sistemas de captación de aguas; documentación; patrimonio hidráulico

1. Introducción

El agua es un bien escaso que cada vez cobra más valor. El hombre siempre ha necesitado de ella para su subsistencia, lo que le ha obligado a buscarla, canalizarla y distribuirla. Esto ha dado lugar a la existencia en nuestro país de un rico patrimonio hídrico, que actualmente se está inventariando, recuperando y poniendo en valor, impulsando de esta forma el turismo cultural del agua (García González, 2004; Antequera, Iranzo & Hermosilla, 2014, Redweik, Cláudio, Carmo, Naranjo & Sanjosé, 2017). Entre sus ofertas aparecen las conocidas rutas o viajes del agua, que se están dando a conocer por las empresas de abastecimiento de agua o el propio ayuntamiento de muchas ciudades, como Sevilla (EMASESA, 2021), Madrid (Ayuntamiento de Madrid, 2020), Córdoba (EMACSA, 2019), Cartagena (Ayuntamiento de Cartagena, 2019) y otros muchos lugares, estando normalmente avalados por estudios descriptivos (Muñoz de Pablo, 2006; Gamero Gutiérrez, Recio Espejo, García-Ferrer Porras & Borja Barrera, 2017; López Jiménez & Martínez Calvo, 2014; Martín Rodríguez, 2011).

De muchas de estas infraestructuras no quedan restos físicos o están parcialmente destruidos. No obstante, se pueden recuperar en su totalidad al menos virtualmente gracias al modelado 3D (Scopigno, 2012; Herman et al., 2020) unido a otras tecnologías digitales (Pavlidis, Koutsoudis, Arnaoutoglou, Tsioukas & Chamzas, 2007; Murphy, McGovern & Pavia, 2013; Yang et al., 2020), a partir de los restos o de información gráfica existente. Así se ha recuperado el acueducto romano de Gades (Aqua Ducta, 2020), o los aljibes de Granada (Granada Human Smart City, 2020), si bien son pocos los trabajos en este ámbito en comparación con los de otro tipo de

arquitectura. En muchos casos estos modelos son posteriormente divulgados en sistemas de información web (Meyer, Grussenmeyer, Perrin, Durand & Drap, 2007; Guarnieri, Pirotti & Vettore, 2010; Rodrigues, Teixeira, Matos & Rodrigues, 2019) y museos virtuales (Rojas-Sola, Castro-García & Carranza-Cañadas, 2011; Gambin, Hyttinen, Sausmekat & Wood, 2021; Margetis, Apostolakis, Ntoa, Papagiannakis & Stephanidis, 2021).

También estos recursos hídricos se pueden dar a conocer en los cada vez más numerosos museos del agua que se están estableciendo en nuestro país, siendo estos un gran instrumento para la sensibilización y educación de la sociedad en la importancia del agua como bien necesario y escaso; un bien patrimonial que a todos pertenece y que se debe cuidar (Hervás & Tudela, 2012).

Montilla es una localidad situada en la campiña sur de Córdoba (España). Su término municipal fue rico en agua, por el gran número de pozos y fuentes existentes, que al igual que en otras ciudades abastecieron de una u otra forma a la población antes de la edad moderna (Blasco Esquivias, 2014). Montilla es el cuarto municipio con más fuentes y manantiales de la provincia de Córdoba (Manantiales y fuentes de Andalucía, 2020); concretamente hay inventariados 40 de un total de 1125. Actualmente quedan 26 fuentes, 16 de ellas se pueden visitar siguiendo 3 rutas de senderismo (Ayuntamiento de Montilla, 2018) impulsadas por la Delegación de Medio Ambiente de la Diputación de Córdoba.

Hay constancia de que Montilla se abastecía desde el siglo XVII de fuentes como la de Santa María o Pozo Dulce (Polonio Armada, 2016). En el siglo XIX dichas fuentes no eran suficientes para abastecer a toda la

población montillana, por lo que se recurrió a un manantial más alejado de Montilla, llamado del Cuadrado (Ayuntamiento de Montilla, 2015).

Fue el ingeniero militar José M^a Sánchez-Molero quien en 1868 propuso a la corporación municipal un sistema de captación y suministro de agua desde el manantial del Cuadrado hasta los depósitos de su propia vivienda, palacete denominado Casa de las Aguas (Aguas de Montilla, 2020). Desde allí se distribuía, llegando hasta algunas fuentes públicas y casas pudientes (Polonio Armada, 2016), según las normas establecidas en el “Reglamento de 1872 para el Servicio y Distribución de las aguas de la Fuente del Cuadrado”. Dicho proyecto, viable técnica y económicamente, fue aprobado por el Gobierno y la Diputación Provincial de Córdoba (Aguas de Montilla, 2020).

Los trabajos se terminaron de realizar en 1871. Desde el sistema de captación en el manantial del Cuadrado, el agua llegaba por gravedad a la llamada “máquina del agua”, desde donde se impulsaba por bombeo a través una tubería de hierro hasta el depósito central que constaba de dos depósitos de unos 242000 l cada uno y que estaban situados en la casa palacio de la calle de San Fernando (Aguas de Montilla, 2020).

El agua del manantial era de pago, escasa (su aforo en 1890 era de 1.9 l/s) y problemática. Fue explotada desde 1871 hasta 1947 como empresa privada con concesión administrativa (“Servicio de Abastecimiento de Aguas de Montilla”), por la familia de Ángel Sisternes Moreno, sobrino de Sánchez-Molero. En 1947 se elevó a pública su compra iniciando así el Servicio de Abastecimiento de Aguas de Montilla (Polonio Armada, 2016; Aguas de Montilla, 2020).

Del sistema de captación y canalización apenas hay restos, excepto los tramos de tubería encontrados casualmente por el Servicio de Extinción de Incendios-Ayuntamiento de Montilla en septiembre de 2017 (Montilla Digital, 2021) y años posteriores.

El objetivo de este artículo es presentar la modelización y la ubicación virtual del sistema de captación diseñado en base a la documentación realizada por Sánchez-Molero, y del análisis de las características topográficas de la zona, que contribuyan a su difusión cultural y a su hallazgo material.

2. Antecedentes

2.1. La figura de Sánchez-Molero y su relación con Montilla

José María Sánchez-Molero y Lleguet (1836-1874) fue un militar, arqueólogo e historiador, que llegó a Montilla para cumplir el mandato de sus superiores de determinar los terrenos donde se había librado la batalla de Munda¹, y de esta manera que aquéllos se congratularan con Napoleón III, quién había formulado este deseo con objeto de documentar la “Historia de

¹. Enfrentamiento militar librado durante la segunda guerra civil de la República romana, entre las legiones cesarianas del dictador y cónsul Cayo Julio César y el pompeyano Cneo Pompeyo el Joven. La batalla terminó en una decisiva victoria del primero, cuya consecuencia más directa fue que Julio César consiguió el poder absoluto en Roma.

Julio Cesar”, obra que por entonces escribía. Sánchez-Molero, tenía amplios conocimientos topográficos, por lo que pertenecía a la Comisión Topográfica de Andalucía. Resultado de los levantamientos de planos y de las prospecciones arqueológicas realizadas por Sánchez-Molero y supervisadas por el baron Stoffel en los terrenos de Montilla (donde se sitúa el escenario bélico romano) fue la publicación en 1867 de la obra “Breve reseña de las campañas de Cayo Augusto Cesar en España y examen crítico de la situación de Munda” (Gómez-Pantoja, 1995) donde Sánchez-Molero sitúa varios puntos de la batalla de Munda (Fig. 1).



Figura 1: Carta del país al sur de Córdoba. Representación de la batalla de Munda (Stoffel, 1887).

Sánchez Molero se estableció en Montilla con su mujer D^a. María de los Dolores Moreno, comprando varias fincas rústicas y estableciendo su residencia en la casa de la calle San Fernando hasta su muerte en 1874; pasando la casa y el manantial a manos de su sobrino Ángel Sisternes Moreno.

Sánchez-Molero consiguió realizar el proyecto de suministro de agua en tan solo 3 años, inaugurándose la empresa de abastecimiento y sus instalaciones en las fiestas patronales de julio de 1871, lo que llevó a tal euforia y alboroto entre los montillanos, que el Ayuntamiento nombró hijos adoptivos de Montilla a él y a su esposa (Jiménez, 2012); y el Diario Córdoba dedicó en 1871 un álbum de poesías a su figura, con motivo de la inauguración de las fuentes públicas en Montilla (Jiménez, 2012).

Desde 2018 hasta 2021 se vienen realizando en Montilla actos para homenajear la figura de este ilustre ingeniero, que inició con su diseño y ejecución entre 1868 y 1871 el Servicio Público de Abastecimiento de Aguas en dicha localidad, y del que en 2021 se cumplió 150 años (Aguas de Montilla, 2018).

2.2. El diseño de Sánchez-Molero

Del diseño proyectado por Sánchez-Molero, se conservan en el Archivo Municipal de Montilla dos planos. Uno se titula plano de planta de la conducción de aguas desde el manantial al depósito de abastecimiento (Fig. 2), y está firmado por Sánchez-Molero en Madrid el día 24 de noviembre de 1868 a escala 1/5000.

TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA EN LA FUENTE DEL CUADRADO A MONTILLA (CÓRDOBA, ESPAÑA) EN EL SIGLO XIX

El otro también firmado por dicho ingeniero y de la misma fecha (Fig. 3), contiene la proyección horizontal a escala 1/400 del sistema de captación de agua en el manantial con indicación de dos secciones, cuyas vistas están en el mismo plano a escala 1/100.

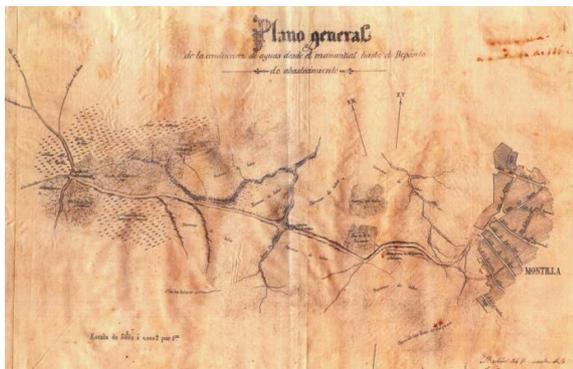


Figura 2: Plano general de la conducción de agua desde el manantial hasta el depósito de abastecimiento (sacado de Sánchez-Molero, 1868).

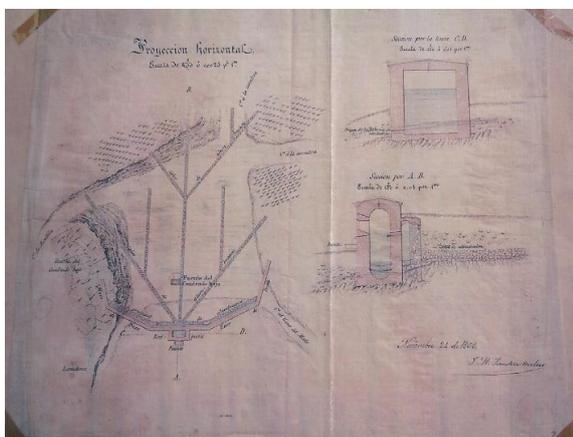


Figura 3: Plano de proyección horizontal y secciones del sistema de captación de agua en el manantial.

El itinerario de la conducción parte de la Fuente del Cuadrado, y sigue por el camino que va de la carretera a Montilla, atravesando el arroyo "Cañada de Huelma", donde sitúa un registro y llave de descarga, y siguiendo por él, al principio de una pronunciada curva del camino, se representa y ubica la casa para la máquina y bombas. Es un plano planimétrico donde además se plasman y rotulan diversas huertas, olivares y terrenos de labor al oeste del municipio de Montilla; así como diversas calles de la ciudad de Montilla.

El plano de la Fig. 3, en su parte izquierda, representa un sistema de recogida de aguas, formada por una serie de caños de alumbramiento, consistentes en zanjas rellenas de grava, que se disponen en forma de espina de pez, rodeando a la Fuente del Cuadrado (perfectamente representada en el plano), y otro caño principal de alumbramiento adosado al muro de la presa. El agua recogida por las zanjas es recogida en un colector, indicado en el plano como recipiente, y de allí sale al exterior por la fuente adosada al mismo y por una tubería que se inicia a un costado.

Dicha estructura se dispone con relación a un sistema viario: concretamente se señalizan dos caminos a la carretera, el camino a Montilla y el camino al Llano del Mesto. También se ubica la Huerta del Cuadrado, y los lavaderos (Fig. 4).

En la parte derecha del plano (Fig. 3) se sitúan las vistas de las secciones AB y CD (Fig. 5) e indicadas en la vista en planta anteriormente descrita.

El plano de la sección AB pasa por el eje de simetría del sistema de captación, recorriendo la longitud de un caño de alumbramiento de ligera pendiente, y atraviesa el muro de presa, el recipiente y la fuente de este.

El plano de la sección CD, recorre el eje mayor del recipiente. El muro del recipiente que mira a los lavaderos y al camino de Montilla tiene una salida de agua, donde se ubica según leyenda, el origen de la tubería de conducción de aguas hacia Montilla.

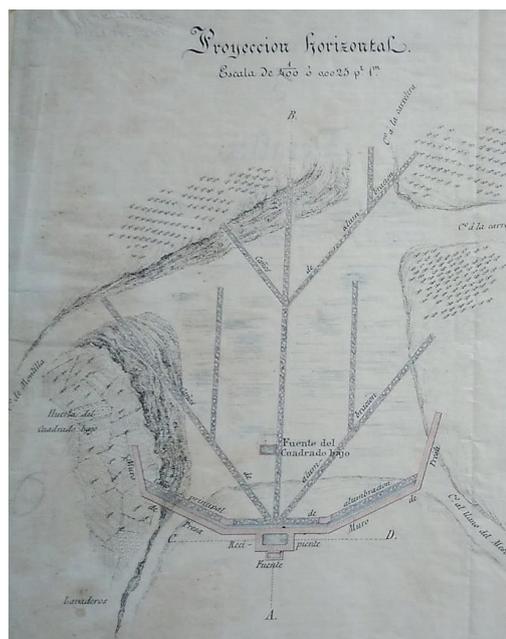


Figura 4: Detalle de la proyección horizontal del sistema de captación.

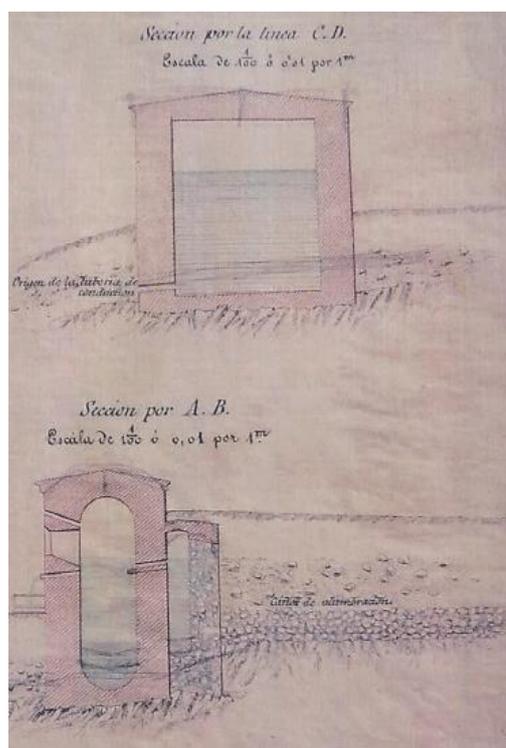


Figura 5: Detalle de secciones del sistema de captación.

2.3. Sistemas de captación horizontal de aguas

Fernando García (2018) clasifica los sistemas horizontales de captación de aguas en 3 tipos: zanjas, drenes y galerías.

Las zanjas son construcciones a cielo abierto, que se emplean cuando el nivel freático está próximo a la superficie, y están expuestas a la contaminación.

Los drenes son obras que se realizan para captar el agua subterránea de un acuífero más o menos somero, generalmente son tuberías porosas que se colocan en zanjas excavadas y se rodean de material filtrante, hasta cubrir totalmente la zanja. Se instalan perpendicular, oblicuo o paralela al flujo subterráneo, y con una suave pendiente de 0.5-1% para conducir al agua a un pozo o colector desde donde se distribuye por bombeo o por gravedad. La orientación de un dren depende de los afloramientos de rocas, de la pendiente topográfica, y la amplitud de la zona de inundación de un curso pluvial. El colector es una obra de ingeniería sencilla, que puede disponer de un único compartimento o dos, unidos por un caño. Del segundo compartimento sale la conducción de distribución del agua por gravedad. Muchas veces estos sistemas están unidos a presas subálveas, que retienen el agua subterránea especialmente en zonas áridas como las de sureste de la Península Ibérica (Gómez, 2005).

Las galerías son obras complejas y costosas, pues son excavaciones que se realizan bajo el álveo de un curso fluvial o estructura geológica acuífera (Fernando García, 2018). Las más representativas son las qanats.

Antequera *et al.* (2014) han realizado la cuantificación y clasificación tipológica de los sistemas horizontales de captación de aguas subsuperficiales en España; existiendo una gran variabilidad en las galerías drenantes, lo que le ha llevado a establecer 15 tipos diferentes. Según estos autores “en muy pocas ocasiones existe documentación sobre el diseño y la construcción, lo que dificulta su inclusión en una u otra categoría”.

Sin embargo, muy frecuentes en España y en otros países de clima áridos o desérticos, como Irán, han sido los sistemas de captación de agua subsuperficiales mediante galería con lumbreras (López-Camacho, 2001), como los de Jumilla, claro ejemplo de galería horizontal drenante o «qanats», jalonado por pozos verticales, lumbreras o espejuelos, que favorecen la ventilación del sistema y la evacuación de los materiales que puedan obstruir la galería (Gómez, Gil, Aliaga, López, & Martínez, 2007; Gómez, Gil, López, Martínez & Aliaga, 2009); o el del Paula en la sierra de Guadarrama (López Vera & López-Camacho, 2017).

En Moralzarzal (Madrid) se construyó a finales del siglo XIX un sistema de recogida de aguas mediante pozos, y su distribución mediante tubería embutida en artajeas (López Hurtado & Soto Caba, 2019).

3. Desarrollo de la investigación

3.1. Localización de la zona en estudio

Para reconocer la zona donde se dispuso la conducción se analizó la información gráfica del plano de Sánchez-Molero, contrastándola con la planimetría actual de Google Maps. Tenemos en el plano general de Sánchez-Molero el nombre de varias calles de Montilla y su planimetría (Fig. 6).

Dichas calles se reconocen e indican perfectamente en la planimetría actual de Google Maps (Fig. 7).

En Google Maps aparece la calle de los Manantiales, (Fig. 8) cuyo trazado coincide con el de la conducción de agua proyectada en el plano de Sánchez-Molero (Fig. 2), y que atraviesa un arroyo cuyo nombre es diferente, arroyo “Cañada de Huelma” en el plano de 1868 y arroyo de “la Fuente del Cuadrado” en Google Maps. Además, se señala un ramal del arroyo a la izquierda, que también se representa en el plano de Sánchez-Molero (Fig. 9).

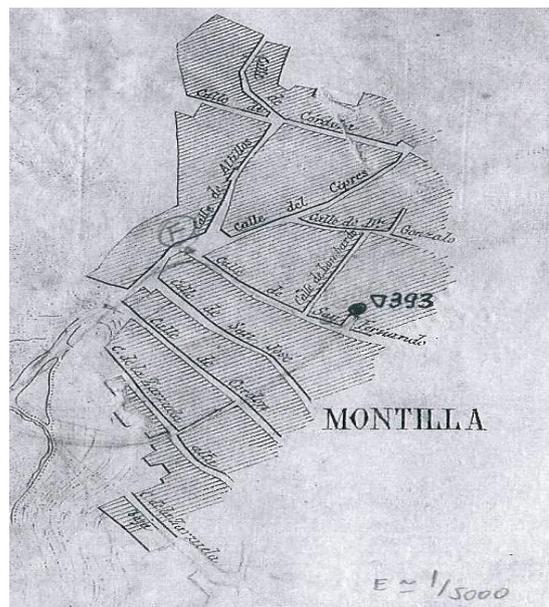


Figura 6: Detalle de la ciudad de Montilla en el plano general.

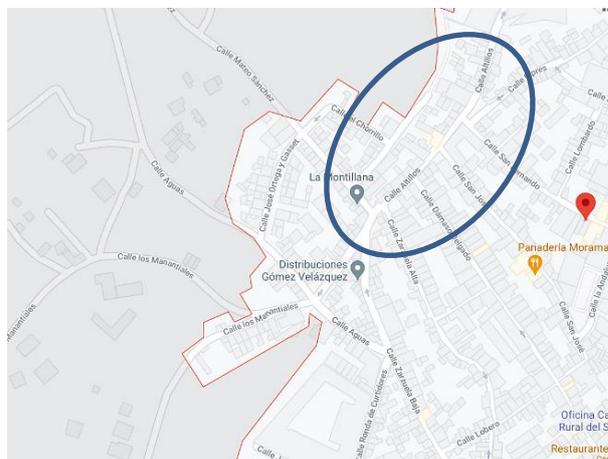


Figura 7: Imagen de la planimetría actual de Montilla con la ubicación del museo Garnelo (Google Maps).



Figura 8: Calle de los Manantiales (Google Maps).

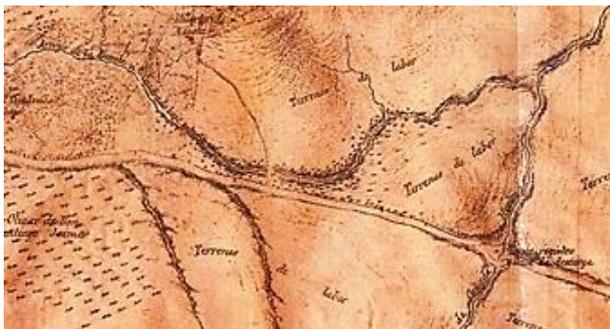


Figura 9: Detalle del arroyo "Cañada de Huelma" y de "la Fuente del Cuadrado".

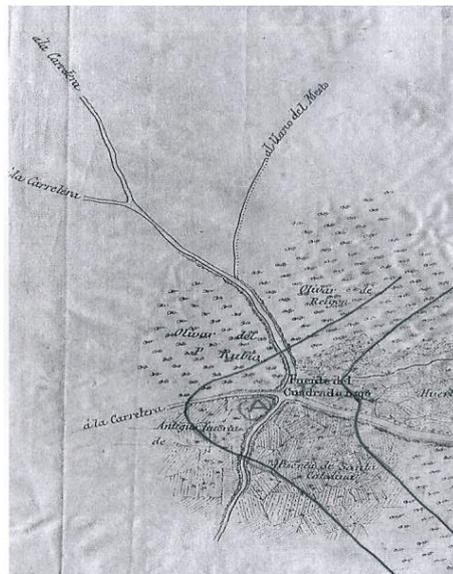
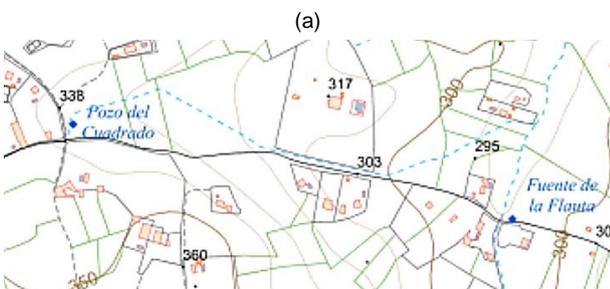


Figura 11: Detalle del cruce de caminos en la fuente del Cuadrado.



(a)

(b)

Figura 10: Calle de los Manantiales y arroyo de la Fuente del Cuadrado: a) Ortofoto 2020 (Google Maps); b) Mapa de información general de aguas subterráneas de Andalucía.



Figura 12. Señalización del Llano del Mesto y Fuente del Cuadrado en el Mapa Topográfico de Montilla (Visor Sigpac-Magrama, 2020).

Dicho ramal es el que parte de la Fuente del Cuadrado y termina en el arroyo Cañada de Huelma. Su recorrido también se aprecia en la ortofoto de 2020 (Fig. 10a) y en el Mapa de información general de aguas subterráneas de Andalucía (Fig. 10b).

En el plano de Sánchez-Molero, donde se dispone de la Fuente del Cuadrado, hay un cruce de caminos (Fig. 11), y se señalan tres que van a la Carretera y otro al Llano del Mesto. El Llano del Mesto se sitúa a unos 2.5 km hacia el norte de la Fuente del Cuadrado (Fig. 12). En la ortofoto 2020 también aparece ese cruce de caminos (Fig. 13), tres de ellos van a la carretera, y otro tiene dirección a Montilla, y coincide con el del Llano del Mesto. De ese cruce de caminos y de la terminación del ramal del arroyo, podemos situar actualmente la parcela de la Fuente del Cuadrado.

Dicha parcela se ha localizado en el visor Sigpac del Magrama (Fig. 14), identificándose como 14:42:0:0:2:124:2 (polígono 2, parcela 124, recinto 2 de Montilla-Córdoba). El recinto 1 de dicha parcela se clasifica como improductivo. En él hay varias instalaciones, una de ellas (Fig. 15) está catalogada en el inventario de Manantiales y Fuentes de Andalucía como Pozo del Cuadrado (Ayuntamiento de Montilla, 2015), y otra es un aljibe de 500000 l, que solo abastece al complejo de piscinas del Polideportivo municipal (Tellez, 2018). En el centro de la parcela sí existe un pozo (Fig. 16). Dichas construcciones se proyectaron en 1947, según consta en el plano de la Fig. 17.



Figura 13: Ortofoto 2020 de la calle de los Manantiales en la confluencia con la Carretera (Google Maps).



Figura 14: Caracterización en el visor Sigpac del Magrama de la parcela donde se ubicaba la Fuente del Cuadrado. (Magrama, 2020).



Figura 15: Situación del Pozo del Cuadrado en la web "Manantiales y Fuentes de Andalucía".
http://www.conocetusfuentes.com/ficha_detalle.php?id_fuente=9820



Figura 16: Brocal del pozo de la parcela (Servicio de Extinción de Incendios, Ayuntamiento de Montilla).

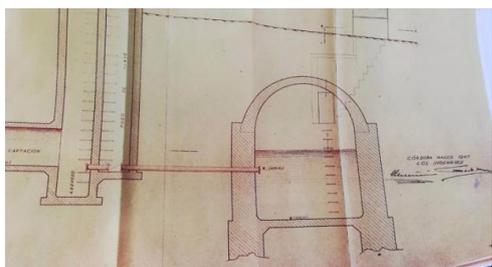


Figura 17: Plano de instalaciones proyectadas en 1947 (Archivo Municipal de Montilla).

3.2. Topografía de la zona

Tal y como indicó Roy *et al.* (2017), se ha estudiado la topografía de la zona, para conocer si existen barreras físicas en su posible trazado. Los análisis topográficos se han realizado a partir del mapa topográfico de Andalucía facilitado por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. En la Fig. 18, se recoge la imagen en el visor cartográfico de Andalucía de la zona estudiada.

De la base Cartográfica de Andalucía se han descargado 2 hojas en formato DWG, Hoja: 20171129_BCA_BASIC0_DWG_30096632 y Hoja: 20171129_BCA_BASIC0_DWG_30096633. Dichos archivos contienen las curvas de nivel con equidistancia de 10 m, el parcelario y los arroyos (Fig. 19).

En la Fig. 20 se aprecian mejor las curvas de nivel y las líneas de vaguada de los arroyos. El ramal que conduce a la Fuente del Cuadrado coincide exactamente con el dibujado en el plano de Sánchez-Molero (Fig. 9). Todas las cotas van en descenso hasta el arroyo, siendo las cotas más altas las próximas a la carretera.

A partir de las curvas se realizó en Civil 3D (versión 2019) de Autodesk el modelado 3D de la superficie topográfica, mediante malla triangular (Fig. 21).

Posteriormente se realizó con el mismo software un análisis de elevaciones, determinando que la zona circundante al Pozo del Cuadrado se sitúa en una altitud entre 325 y 345 m (Fig. 22).

A continuación, se realizó un primer análisis de pendientes de la zona donde se situaba el sistema de captación de aguas en la Fuente del Cuadrado, catalogándola en 10 intervalos de pendiente (Fig. 23), siendo las pendientes bajas a cotas altas y altas en la zona del cuadrado, lo que justifica la existencia de manantiales.

La zona circundante a la Fuente del Cuadrado se clasificó con un intervalo de pendiente entre 3-12% (Fig. 23c), mientras que en la zona del pozo del cuadrado hay diversas pendientes, entre 0.5-1.5% y entre 12-30%. Esta amplitud de pendientes condujo a realizar un segundo análisis para esta zona, según las categorías mostradas en la Fig. 24a, resultando que la pendiente mayoritaria está entre 8-10% (Fig. 24b).

Según el informe Sigpac 2021 de esa parcela (Fig. 25), la pendiente media es del 10.39%, siendo la distribución de pendientes de la siguiente manera:

Y las zonas circundantes, zona de huertas (parcelas 14:42:0:0:2:318:2; 14:42:0:0:2:319:1) y olivar del P. Rubio (14:42:0:0:2:123:5) sus pendientes medias son del 3.59%, 6.26%, 8.11 % respectivamente. Resultados que corroboran nuestros datos.

Visor cartográfico de Andalucía



Figura 18: Cartografía de la zona en el visor cartográfico de Andalucía (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2021).

TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA EN LA FUENTE DEL CUADRADO A MONTILLA (CÓRDOBA, ESPAÑA) EN EL SIGLO XIX



Figura 19: Cartografía de la zona con las curvas de nivel y líneas de vaguada (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía).

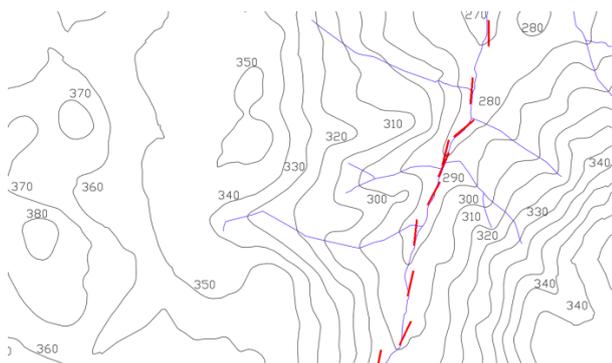


Figura 20: Curvas de nivel y líneas de vaguada (arroyos) de la zona estudiada (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía).

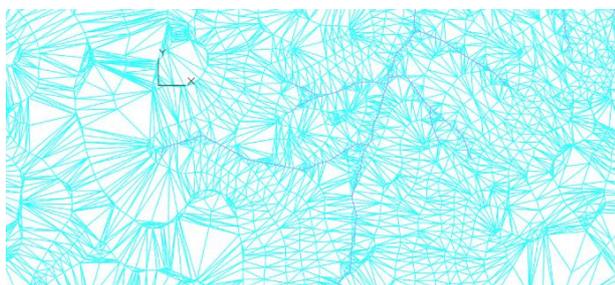
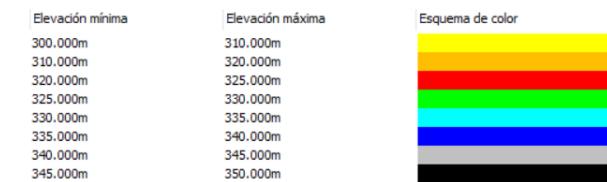
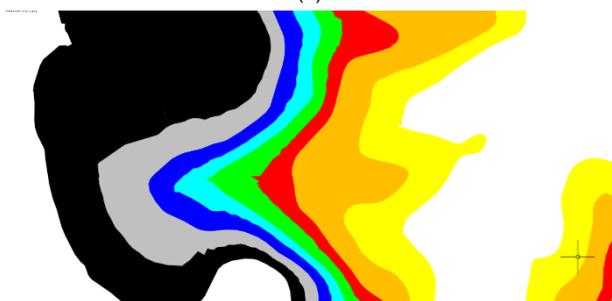


Figura 21: Modelo 3D de la superficie topográfica de la zona en estudio.



(a)

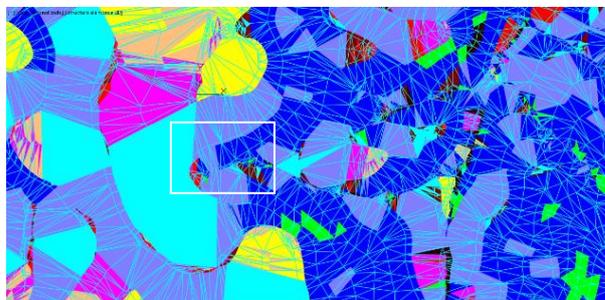


(b)

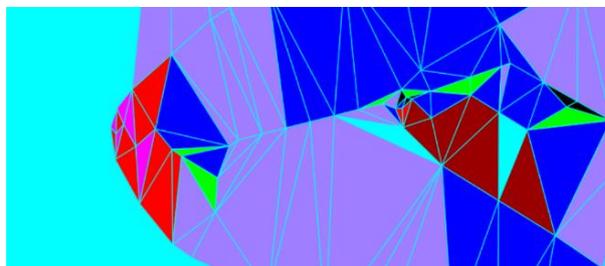
Figura 22: Elevaciones para la zona del Pozo del Cuadrado: a) Escala de elevaciones; b) Clasificación.



(a)



(b)

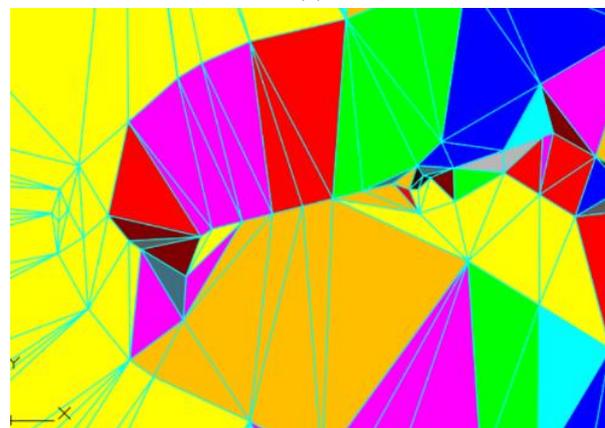


(c)

Figura 23: Estudio de la pendiente para una primera clasificación por pendientes de la zona: a) Escala de pendiente; b) Clasificación de las pendientes; c) Detalle de la zona del Cuadrado.



(a)



(b)

Figura 24: Estudio de la pendiente para una segunda clasificación por pendientes de la zona: a) Escala; b) Clasificación.

Datos Identificativos SIGPAC 2021	
Provincia	14-Córdoba
Municipio	42-Montilla
Polígono	2
Parcela	124
Referencia Catastral	14042A00200124ES

Información Agraria SIGPAC asociada a la parcela							
Recinto	Uso	Superficie (Ha.)	Fondista (%)	Fondista Media (%)	Cof. de Riego (%)	Coeficiente de Admisibilidad de Pastos	
						%	Superficie (Ha.)
1	IM	0,0051	26,88	7,45	0,00	---	---
2	OV	0,9753	473,40	10,39	0,00	---	---
Superficie total		0,9805					

Resumen de Usos Por Superficie (Ha.)			
Cod. del Uso	Descripción del Uso	Superficie por Uso (Ha.)	Coefficiente de Admisibilidad de Pastos (Ha.)
IM	Improductivo	0,0051	0,0000
OV	Ovino	0,9753	0,0000

Resumen de Categorías de Pendientes (Ha.)						
Recinto	Cat. 1 >0% <=5% (Ha.)	Cat. 2 >5% <=10% (Ha.)	Cat. 3 >10% <=15% (Ha.)	Cat. 4 >15% <=20% (Ha.)	Cat. 5 >20% <=25% (Ha.)	Cat. 6 >25% (Ha.)
1	0,0051	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,3771	0,2027	0,2998	0,0518	0,0300	0,0140
Totales	0,3822	0,2027	0,2998	0,0518	0,0300	0,0140

Figura 25: Informe Sigpac 2021 de la parcela catastral de la Fuente del Cuadrado.

3.3. Modelado del sistema de captación de agua en la Fuente del Cuadrado

Se ha modelado a tamaño real el sistema de captación de agua en base al plano de Sánchez-Molero (Fig. 3), utilizando el software de diseño AutoCAD. Para el diseño de los drenes se ha utilizado la pendiente del 9%, por ser la media (8-10%) de la zona donde se supone ubicado el sistema de captación. La Fig. 26 muestra las distintas vistas del modelo virtual realizado. En la Fig. 27 se recoge los dos cortes AB y CD representados en el plano de Sánchez-Molero.

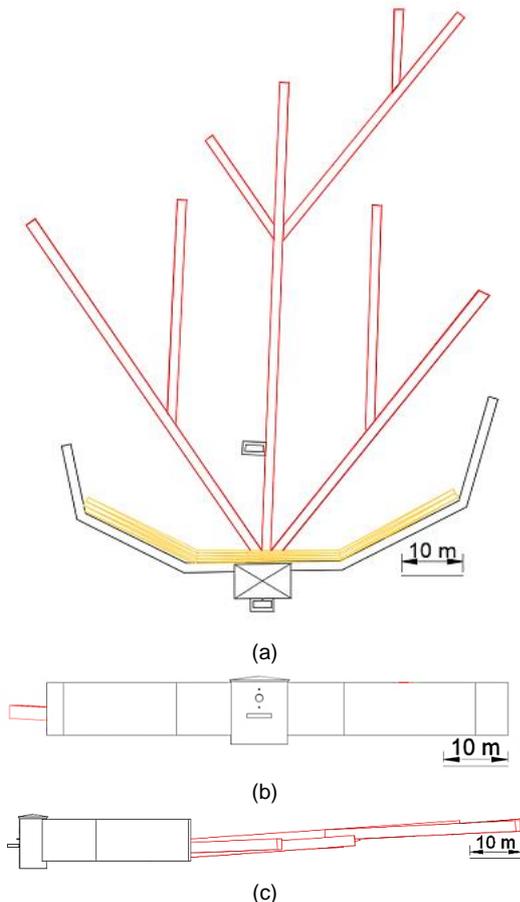


Figura 26: Vistas del sistema de captación diseñado por Sánchez-Molero: a) planta; b) alzado; c) lateral derecha.

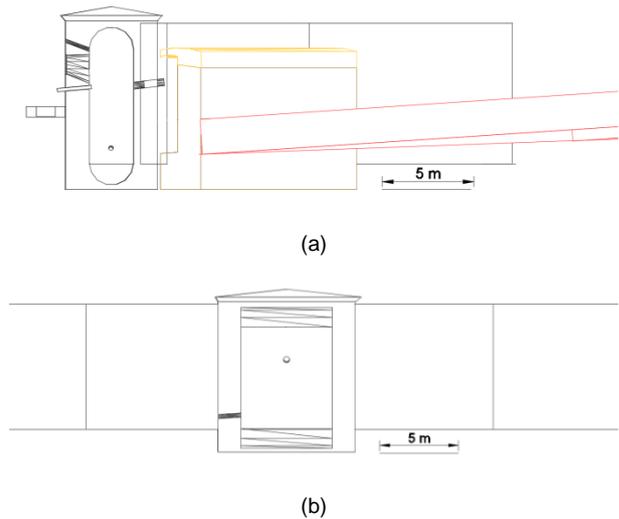


Figura 27: Cortes del sistema de captación de aguas según las trazas de los planos seccionantes del plano de Sánchez-Molero: a) Corte AB; b) Corte CD.

3.4. Análisis de la situación del sistema de captación de aguas sobre el terreno

Sobre la superficie topográfica modelada se superpuso la imagen del visor Sigpac (Fig. 28), comprobándose la total correspondencia del arroyo en el modelo 3D con el recorrido que aparece en la ortofoto.

Para ubicar y orientar el sistema de captación diseñado en 3D, se tuvieron en cuenta varias premisas que se sacan de la vista en planta del plano de Sánchez-Molero (Fig. 4):

- El tramo más distante del muro de presa atraviesa el camino al Llano del Mesto.
- El tramo medio del muro de presa y caño de alumbramiento adosada a esta, atraviesan perpendicularmente al arroyo.
- La confluencia de dos caños de alumbramiento se sitúan en la confluencia de los dos caminos a la carretera.
- El camino a Montilla es atravesado por otro caño de alumbramiento.

Con estas premisas se situó el modelo 3D del sistema de captación sobre la vista en planta del terreno (Fig. 29). Tan solo no se cumple la premisa 2, siendo factible si el arroyo fuera por la derecha del improductivo y no por la izquierda como ocurre actualmente.



Figura 28: Superposición del terreno modelado con la ortofoto del Sigpac Magrama.

TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA EN LA FUENTE DEL CUADRADO A MONTILLA (CÓRDOBA, ESPAÑA) EN EL SIGLO XIX



Figura 29: Situación del sistema de captación en el terreno.

Como se observa, tanto la Fuente del Cuadrado como la del recipiente (colector) coinciden con construcciones que aún quedan y de las que hay registro gráfico desde 1957 (Fig. 30).

Para justificar dicha ubicación, se realizó en Civil 3D un análisis de flechas de talud de la superficie topográfica de la zona, que nos indica la dirección de la línea de máxima pendiente y por tanto la dirección de la escorrentía (Fig. 31).

Las orientaciones de las flechas de talud indican que las líneas de máxima pendiente y por tanto el discurrir de las aguas de escorrentía, se dirigen al arroyo, y que en la disposición propuesta del sistema de captación, este bloquea la dirección de evacuación del agua.



Figura 30: Comparación de ortofotos de la parcela en 1957 (izquierda) y 2006 (derecha). Fuente: http://www.ign.es/web/comparador_pnoa/index.html

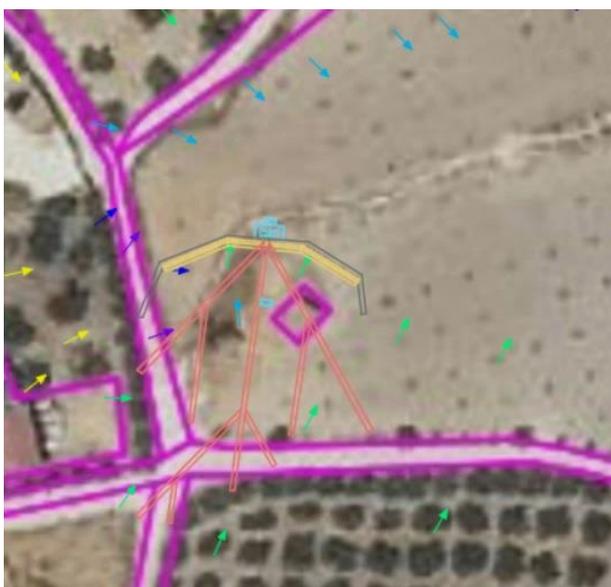


Figura 31: Orientación del talud, indicado por las flechas de talud.

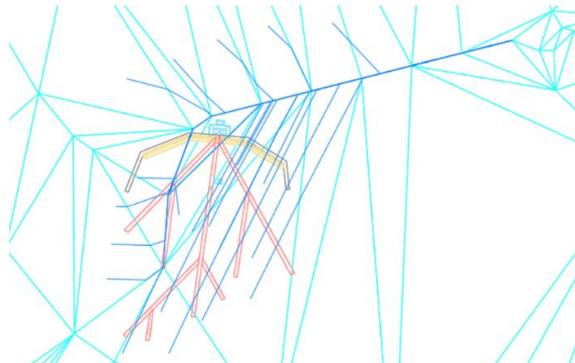


Figura 32: Dirección de la caída de aguas hasta el arroyo.

Esto mismo se observa más claramente en la Fig. 32, donde las líneas azules indican el recorrido del agua por el terreno hasta llegar al arroyo. Se deduce pues, que las zanjas de alumbramiento y el muro de la presa proyectado retendrían el agua.

La Fig. 33 muestra una perspectiva del modelo 3D del sistema de captación y del recorrido del agua hasta el arroyo. Se ha elevado su cota para que se visualicen las zanjas de drenaje. En la Fig. 34 se muestran dos perspectivas de modelo 3D del sistema de captación, los caños de alumbramiento no se visualizan porque están enterrados. El eje longitudinal del conjunto proyectado estaría determinado por la Fuente del Cuadrado de coordenadas (353663.40, 4161599.51, 335.35) y el centro del recipiente de coordenadas (353663.88, 4161612.09, 334.19).

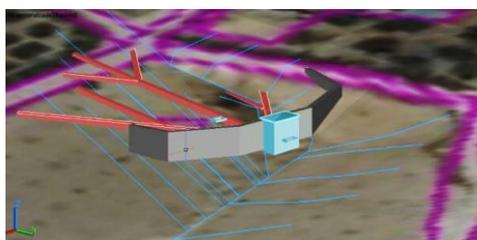
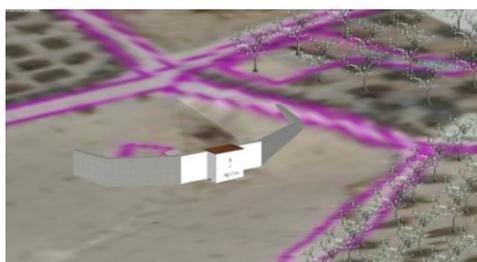
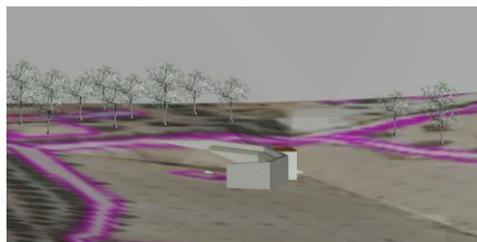


Figura 33: Perspectiva del modelo 3D de sistema de captación de agua, su cota se ha elevado para la visualización de los drenes.



(a)



(b)

Figura 34: Diferentes perspectivas del sistema de captación, en la posición en la que ya no se ven los caños de alumbramiento por ser inferiores a la superficie topográfica: a) dirección noreste; b) dirección este.

3.5. Análisis de la situación de la conducción y de la casa de bombeo

Según el plano de Sánchez-Molero (Fig. 2), la conducción discurre por la actual calle de los Manantiales, hasta llegar a la Casa de las Aguas, hoy Museo Garnelo, en el centro de Montilla. De la tubería original, se han hallado por el servicio de bomberos-Ayuntamiento de Montilla dos restos ubicados en los puntos 1 y 2 (Fig. 35), de coordenadas UTM (Huso 30) (353796.52, 4161553.15) y (355109.46, 416515.78) respectivamente. Se trata de una conducción de hierro de fundición, de 10 cm de diámetro (Fig. 36).

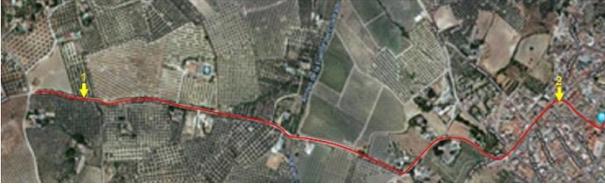


Figura 35: Calle de los Manantiales en Google Maps, con el recorrido de la tubería (rojo) y situación de tramos de la conducción encontrada (1 y 2).



(a)



(b)

Figura 36: Fotografías de la conducción encontrada por el Ayuntamiento: a) Punto 1; b) Punto 2 según Fig. 35.



Figura 37: Recorrido de la tubería de conducción de aguas.

TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA EN LA FUENTE DEL CUADRADO A MONTILLA (CÓRDOBA, ESPAÑA) EN EL SIGLO XIX

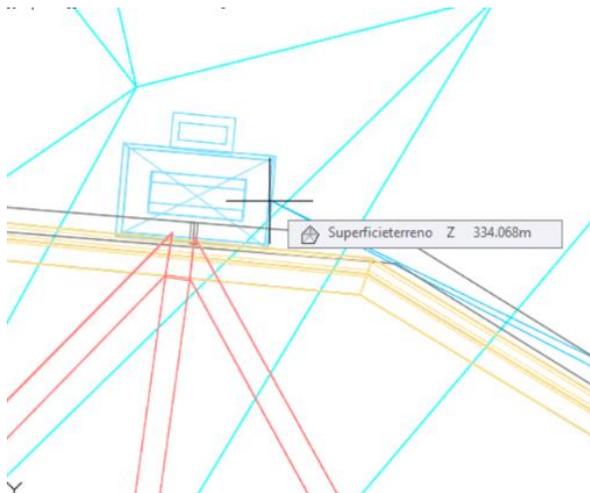


Figura 38: Indicación de Civil 3D con la cota de la superficie del terreno en el inicio de la conducción.

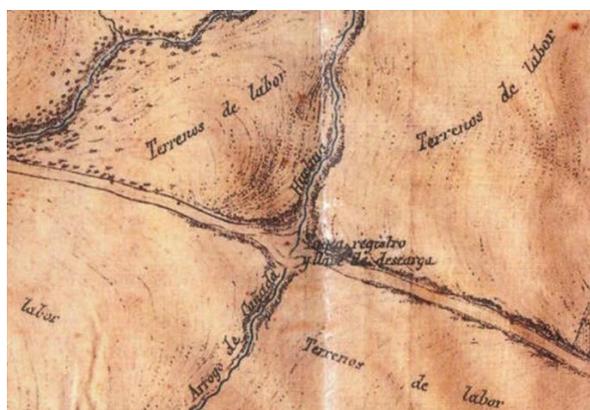


Figura 39: Detalle del plano de Sánchez-Molero con indicación del registro y llave de descarga.



Figura 40: Situación de la fuente de la Flauta y Pozo del Cuadrado en el visor WMS – Mapa de información general de aguas subterráneas de Andalucía.

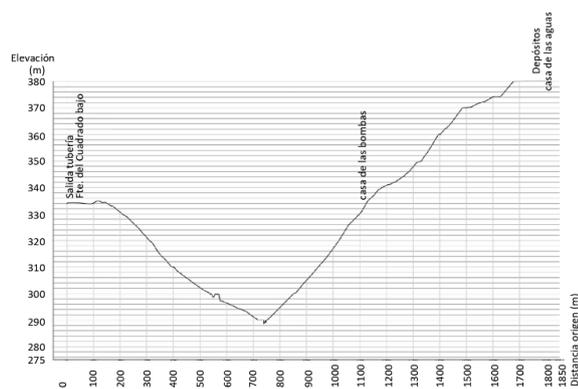


Figura 41: Perfil del terreno, cotas y distancia al origen (m).

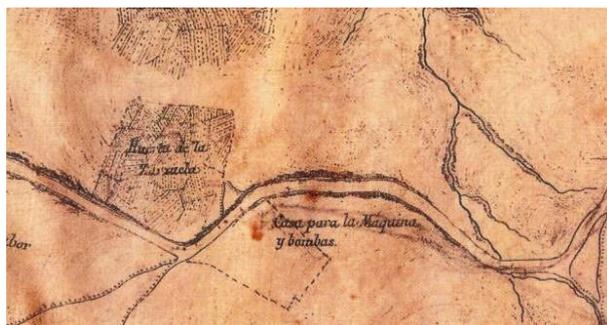


Figura 42: Ampliación del la Fig. 3, en la parte donde se sitúa la casa para la máquina y bombas.

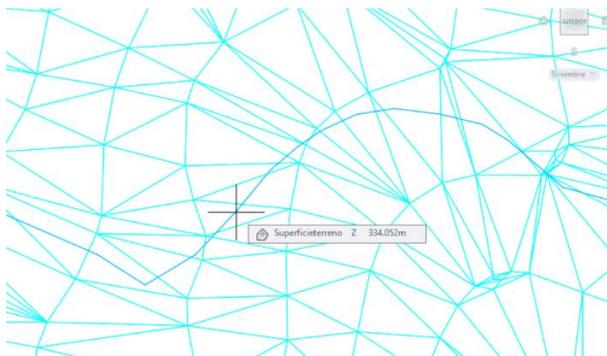


Figura 43: Indicación de Civil 3D con la cota de la superficie del terreno en el inicio de la conducción.



Figura 44: Localización de los depósitos de acopio en la caseta de bombeo en Google Maps.

La casa de bombas se sitúa en el plano de Sánchez-Molero (Fig. 2) al inicio de una curva (Fig. 42). La conducción se inicia por la cara del recipiente que mira al camino de Montilla según el plano recogido en la Fig. 5; luego desde este punto de coordenadas (353666.43, 4161611.94) debería ir recta hasta la calle de los Manantiales en el punto (353767.40, 4161558.70), de manera que fuera por el exterior del muro de la presa, por lo que solamente hay un recorrido que es el indicado por la línea azul en la Fig. 37.

Si analizamos la cota del terreno en el punto de salida de la tubería, esta es de 334 m (Fig. 38). La tubería desciende hasta el arroyo, donde según el plano de Sánchez-Molero se sitúa el registro y la llave de descarga (Fig. 39), y donde actualmente se ubica la Fuente de la Flauta de coordenadas (354400.13, 4161446.95) (Fig. 40), que según el Ayuntamiento de Montilla (2018) se surte del pozo del Cuadrado y está a 500 m de los depósitos y casa de bombeo. Desde allí, la conducción va subiendo hasta su finalización en la Casa de las Aguas, donde la cota es de 380 metros (Fig. 41).

En ese mismo punto de coordenadas (354722.94, 4161384.57), el terreno tiene la misma cota que la que tiene al inicio de la tubería 334 m, y coincide con el inicio de la parcela donde se encuentra la casa para la máquina y las bombas (Fig. 43).

El recorrido de tubería desde el inicio hasta el punto de cotas 334 m donde se impulsa el agua a través de las bombas, sería de unos 1140 m (según el eje de abscisas del perfil de la Fig. 41), teniendo una longitud real de 2400 m. El agua llegaría desde la captación por vasos comunicantes a los depósitos de acopio de la casa de las bombas y desde allí se bombearía hasta la Casa de las Aguas a 380 m.

4. Discusión

Se conoce la existencia de la Fuente del Cuadrado, al menos desde 1570, por un documento existente en el archivo municipal de Montilla (<https://www.montilla.es/sites/default/files/flauta.pdf>), y diferentes actas capitulares fechadas entre 1613 y 1627, donde se muestra interés en llevar el agua desde la misma a la plaza de Montilla.

Dado que la Fuente de Santa María, creada en 1607 para abastecer a los montillanos por su cercanía al núcleo urbano, se fue agotando, se recurrió a la Fuente del Cuadrado por la buena calidad de su agua, si bien fue necesario rehacer el arca donde recoger el agua y sustituir el pilar; así como de realizar unas zanjas para interceptar el agua de los manantiales circundantes, tal y como se indica en el Acta Capitulare de 21 de junio de 1690, libro 18, fascículo 159:

La fuente de Santa María que es la de donde hasta ahora se ha abastecido de agua la ciudad, se halla con muy poca agua para que haya agua para el abasto de esta ciudad, se ha discurrido valerse de la fuente del Cuadrado; que es de buena calidad y se halla algo más distante de esta ciudad que la referida, la cual necesita que se rehaga un arca donde recoger el agua y se renueve el pilar que tiene, que está deteriorado, porque no ha servido de muchos años a esta parte. Para reconocer el coste que tendrá la dicha arca y pilar se necesita que se reconozca el dicho pilar, limpiándole del cieno e inmundicia que tiene y haciendo unas zanjas para que paren en ellas las aguas de los manantiales que alrededor de dicha fuente hay, quedando solo el principal de que se compone dicha Fuente (<https://www.montilla.es>).

Si bien no se materializa el suministro de abastecimiento de aguas a Montilla hasta 1871 con la figura de Sánchez-Molero.

El sistema de captación diseñado y ejecutado por Sánchez-Molero, es un sistema de drenes en espina de pez, orientado para captar las aguas de los manantiales o surgencias existentes en las zonas y procedentes de las huertas anexas. Es un sistema a base de zanjas rellenas con grava, y carente de tuberías de drenaje en su fondo. Lo que podía haber llevado a su agotamiento, al cimentarse los espacios entre las gravas, ya que en 1902 se estaban buscando otras fuentes al ser escasa la del Cuadrado (Polonio Armada, 2016).

Las tecnologías digitales actualmente existentes son potentes herramientas para los investigadores en diferentes campos. Dentro del patrimonio industrial Pérez-Martín, Herrero-Tejedor, Gómez-Elvira, Rojas-Sola, & Conejo-Martín (2011) utilizaron con éxito fotogrametría, MDT y el modelado 3D en la situación de los viejos molinos de viento en la Mancha. En el campo mediambiental, Nowak, Dziók, Ludwisiak & Chmiel (2020) hace una revisión de la utilización exitosa de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para su uso en campo. En nuestro caso, hemos utilizado las tecnologías digitales (MDT, modelado 3D y ortofotos) para ubicar un patrimonio hidráulico de gran relevancia para una población, la montillana, y que ya no existe. Permitiendo de esta forma preservar y dar a conocer este tipo de patrimonio.

Los caminos rotulados en el plano de Sánchez-Molero (Fig. 4), se conservan y coinciden con los actualmente existentes según las ortofotos actuales. En la disposición propuesta del modelo 3D sobre el MDT con la ortofoto actual sobre él, el muro de la presa atraviesa el camino que se sitúa al oeste de la parcela y que se dirige en dirección al Llano del Mesto, tal y como aparece en el plano de Sánchez-Molero. Si bien a diferencia del plano, el muro de presa intercepta al nacimiento del arroyo (zona de lavaderos) al mismo lado respecto del eje axial; pero esta disposición puede deberse al paso del tiempo que ha originado cambios en la cabecera del cauce de el arroyo, y que puede deberse a las pluviometrías y a las propias obras realizadas por el hombre, como recoge Acosta (2016) para cauces pluviales. Por tanto, la disposición del sistema cumple con las características topológicas presentes en el plano de Sánchez-Molero. Además, la Fuente del Cuadrado indicada en dicho plano, coincide con un pozo que actualmente se conserva en la parcela, lo que apoya mejor dicha ubicación.

Analizando la disposición en planta del modelo 3D, se observa que este se integra en la parcela donde se encuentra actualmente el pozo del Cuadrado, y además el sistema de drenes recoge el agua de la huerta del Cuadrado, y huertas colindantes, donde debían encontrarse los manantiales.

La zona de huertas (Antigua huerta y huerta de Santa Catalina, según plano de Sánchez-Molero) de mayor cota respecto a la parcela del Cuadrado y ya referidas en la Sección 3.2, tiene una pendiente entre el 3-6%. Mientras que en donde se sitúan los drenes es aún más abrupta de 8-12%, por lo que ahí estarían las surgencias de agua, dando lugar a un manantial de emergencia o de vaguada según Fuentes Yangüe (1993).

La dirección de la pendiente, en las huertas de cotas superiores, coincide con la dirección del eje axial del sistema de captación diseñado en la ubicación propuesta. Y las del olivar del Rubio con un 8% de pendiente son interceptadas por los drenes oblicuos y el propio caño de alumbramiento.

En esta disposición, la cara del recipiente por donde sale la tubería está del lado opuesto al del camino del Llano del Mesto, y, por tanto, orientado hacia la Fuente de la Flauta, hacia la que se dirige la conducción siguiendo el camino de los Manantiales. El agua discurriría por gravedad desde cota 334 m, hasta el arroyo Cañada de Huelma, hoy llamado de La Fuente del Cuadrado a cota de 290 m; donde se sitúa la Fuente de la Flauta; para ascender esos 44 m por efecto de los vasos comunicantes, y situarse a 334 m en el inicio de la casa de las bombas, estando esta a unos 390 m de la Fuente de la Flauta.

Aunque el Ayuntamiento de Montilla junto con la Delegación de Medio Ambiente de Córdoba, establecen 3 rutas de senderismo para recorrer 16 de las fuentes de Montilla. Ni el pozo del Cuadrado, ni la fuente de la Flauta están integradas en ninguna de estas rutas. Sin embargo, la Mancomunidad Campiña Sur cordobesa (2014), sí integra la fuente de la Flauta en una de las tres rutas que establece, la llamada "ruta larga de las fuentes de Montilla" (Fig. 47), que con 18 km parte del casco urbano de Montilla por la calle de los Manantiales y pasa tanto por la fuente de la Flauta, para luego recorrer cinco fuentes más (Cañada de Lerman del Hierro, del Chorrillo, San Carlos, Descansavacas y el Arquita) y la Poza de Mimbral. Si bien, no recoge la fuente del Cuadrado, cuando pasa por la parcela de ella. La descripción de la ruta indica:

Salga del casco urbano de Montilla por la calle Manantial, y continúe por el Camino del Cuadrado hasta llegar a la Fuente de la Flauta. Discurre por el camino atravesando por debajo de la Ctra. Nacional N-331, continúa por el Camino del Carreón ...

Referencias

- Acosta, M. (2016). Modificación de los cauces de los ríos por causas naturales y por la influencia del hombre. *Auge* 21, 11(2), 60–77.
- Antequera, M., Irazo, E., & Hermosilla, J. (2014). Las galerías drenantes en España: cuantificación y clasificación tipológica de los sistemas horizontales de captación de aguas subsuperficiales. En C. Sanchis-Ibor, G. Palau-Salvador, I. Mangue Alférez, & L. P. Martínez-Sanmartín (Eds.), *Irrigation, Society, Landscape. Tribute to Thomas F. Glick* (pp 1339–1154). Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Aguas de Montilla. (2020). El agua a través del tiempo. Recuperado: julio 11, 2021, desde <https://www.aguasdemontilla.es/el-agua-a-traves-del-tiempo>
- Aguas de Montilla. (2018). Aguas de Montilla y el Ayuntamiento conmemorarán el 150 aniversario de la traída de agua a Montilla. Recuperado: mayo 28, 2021, desde <https://www.aguasdemontilla.es/-/aguas-de-montilla-y-el-ayuntamiento-conmemoraran-el-150-aniversario-de-la-traida-de-agua-a-montilla>
- Aqua Ducta. (2020). Recreación 3D del Acueducto Romano de Gades. Recuperado: julio 14, 2021, desde <http://aquaducta.blogspot.com/>

El modelado 3D realizado, junto a la tecnología de la realidad aumentada, permitiría que las personas que realizaran la ruta "larga de las fuentes de Montilla", vieran in situ el sistema de captación y de este modo poner en valor el patrimonio hídrico histórico y la figura de Sánchez-Molero como artífice del sistema de abastecimiento de aguas de Montilla.



Figura 45: Ruta larga de las fuentes de Montilla.

5. Conclusiones

La ejecución de un sistema de captación de aguas superficiales (manantiales) por drenes en el siglo XIX en donde se ubica el actual pozo del Cuadrado (Montilla, Córdoba), es evidente por los documentos aportados, tanto gráficos (planos de Sánchez-Molero) como escritos (actas capitulares y otros documentos del archivo municipal), y su situación se corrobora con el presente estudio realizado.

La tecnología digital actual nos ha ayudado a realizar con precisión diferentes tipos de análisis sobre el terreno (elevaciones, pendientes y orientación de las mismas...) permitiéndonos localizar, orientar y justificar el sistema de captación de Sánchez-Molero, la existencia de los manantiales y la ubicación de la casa de bombas para impulsar el agua hasta los depósitos de acopio de la Casa de las Aguas.

La geolocalización virtual del sistema proyectado, permite iniciar investigaciones in situ utilizando tecnología láser con vehículos no tripulados (UAV) para determinar si bajo el suelo quedan restos físicos, antes de acometer catas para estudios arqueológicos.

- Ayuntamiento de Cartagena. (2019). Ruta del sender del agua en Perin. Recuperado: julio 12, 2021, desde https://www.cartagena.es/detalle_agenda.asp?id=53742
- Ayuntamiento de Madrid. (2020). El agua de Madrid. Recuperado: mayo 29, 2021, desde https://www.esmadrid.com/agua-madrid?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
- Ayuntamiento de Montilla. (2015). Manantiales y Fuentes de Andalucía. Pozo del Cuadrado. Recuperado: julio 10, 2021, desde http://www.conocetusfuentes.com/ficha_detalle.php?id_fuente=9820
- Ayuntamiento de Montilla. (2018). Cuaderno de campo de las Fuentes de Montilla. Recuperado: julio 10, 2021, desde https://www.montillaturismo.es/wp-content/uploads/2019/01/maquetacion_cuadernillo_de_campo_fuentes-2.pdf
- Blasco Esquivias, B. (2014). Toledo y Madrid: sistemas de captación y uso del agua para servicio domestico en la Edad Moderna. In M. M. Lozano Bartolozzi & V. Mendez Hernan (Coor. y Eds.), *Patrimonio cultural vinculado con el agua, paisaje, urbanismo, arte, ingeniería y turismo* (pp 267–279). Mérida: Junta de Extremadura, Editora Regional de Extremadura, Universidad de Extremadura, Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.
- EMACSA. (2019). Ruta por las fuentes cordobesas. Recuperado: octubre 29, 2021, desde <https://actividades.emacsa.es/actividad/6>
- EMASESA. (2021). Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. Recuperado: 14 julio, 2021, desde <https://www.emasesa.com/>
- Fernando García, R. (2018). *Apuntes sobre captación de aguas subterráneas*. Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica. Consejo Hídrico Federal. Universidad Nacional de la Pampa. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Fuentes Yangüe, J. L.(1993). Aguas subterráneas. Hojas divulgadoras 1/92 HD. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Secretaría General de Estructuras Agrarias.
- Gambin, T, Hyttinen, K., Sausmekat, M., & Wood, J. (2021). Making the indivisible visible: underwater Malta-A virtual museum for submerged cultural heritage. *Remote Sensing*, 13(8), 1558. <https://doi.org/10.3390/rs13081558>
- Gamero Gutiérrez, F., Recio Espejo, J. M, García-Ferrer Porras, A., & Borja Barrera, C. (2017). Localización y caracterización y antiguos qanats de abastecimiento de la ciudad de Córdoba desde Sierra Morena. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 74, 417–435. <https://doi.org/10.21138/bage.2460>
- García González, L. (2004). Agua y turismo. Nuevos usos de los recursos hídricos en la Península Ibérica. Un enfoque integral. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 37, 239–255.
- Gómez, J. M^a. (2005). Galerías asociadas a presas subálveas, generadoras de recursos de agua en el sureste de la Península Ibérica: el modelo del sistema de la Rambla de Béjar. *Nimbus*, 15-16, 101–120.
- Gómez, J. M., Gil, E., Aliaga, I., López, J. A., & Martínez, R. (2007). Las galerías, construcciones para alumbrar agua de freáticos próximos en el NE de la región de Murcia: minados con espejuelos en Jumilla. *Investigaciones Geográficas*, 42, 89-107. <https://doi.org/10.14198/INGEO2007.42.04>
- Gómez, J. M., Gil, E., López, J. A., Martínez, R., & Aliaga, I. (2009). Paisaje y patrimonio generados por galería y minados en la Región de Murcia (1^a ed). Murcia: Universidad de Murcia.
- Gómez-Pantoja, J. (1995). Stoffel en España. Una respuesta a Joël Le Gall. *Gerión*, 13, 17–26.
- Granada Human Smart City. (2020). Modelos 3D aljibes. Recuperado: junio 28, 2021, desde <https://ciudadinteligente.granada.org/arcgis/apps/MapAndAppGallery/index.html?appid=689704aa73ff401c9bdce844a791c3df>
- Guarnieri, A., Pirotti, F., & Vettore, A. (2010). Cultural heritage interactive 3D models on the web: an approach using open source and free software. *Journal of Cultural Heritage*, 11(3), 350–353. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2009.11.011>
- Herman, G. V., Caciara, T., Ilies, D. C., Ilies, A., Deac, A., Sturza, A., Sonko, S. M., Suba, N. S., & Nistor, S. (2020). 3D Modeling of the cultural heritage: between opportunity and necessity. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 10(23), 27–30. <https://doi.org/10.2478/jaes-2020-0005>
- Hervás, R. M^a, & Tudela, R. (2012). El agua como patrimonio: educación y museos del agua. En J. M^a. Gómez Espín & R.M^a Hervás Avilés (Coord), *Patrimonio hidráulico y cultura del agua en el Mediterráneo* (pp. 13–32). Murcia: Compobell, S.L.

TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA EN LA FUENTE DEL CUADRADO A MONTILLA (CÓRDOBA, ESPAÑA) EN EL SIGLO XIX

- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. (2021). Recuperado: en Julio 7, 2021, desde <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia>
- Jiménez, J. M^a. (2012). José María Sánchez-Molero y Lletget. Recuperado: junio 10, 2021, desde https://perfilesmontillanos.blogspot.com/2012/12/jose-maria-sanchez-molero-y-lletget_4160.html
- López Vera, F., & López-Camacho, B. (2017). Abastecimiento histórico de agua al Monasterio del Paular: un qanat en la sierra de Guadarrama (Madrid, España). *Boletín Geológico y Minero*, 128(1), 193–206. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.128.1.011>
- López Hurtado, A., & Soto Caba, M. A. (2019). El Sistema hidráulico de abastecimiento de agua desde los manantiales de el Robledo (Moralzarzal, Comunidad de Madrid). Un ejemplo de ingeniería rural construida mediante prestación vecinal en el siglo XIX. Recuperado: mayo 10, 2021, desde https://issuu.com/sierracultura/docs/art_culo_sistema_hidr_ulico_de_el_r
- López Jimenez, O., & Martínez Calvo, V. (2014). *El agua del rey. Historia y arqueología de los acuíferos de la Mesa de Ocaña y su conducción al Real Sitio de Aranjuez*. Riba-roja de Túria: Textos I Imatges.
- Magrama. (2020). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado: junio 28, 2021, desde <https://sigpac.mapa.gob.es/fega/visor/>
- Manantiales y fuentes de Andalucía. (2020). Búsqueda por provincias. Recuperado: abril 16, 2021, desde: http://www.conocetusfuentes.com/fuentes_de_cordoba_letra_A_1.html
- Margetis, G., Apostolakis, K. C., Ntoa, S., Papagiannakis, G., & Stephanidis, C. (2021). X-reality museums: unifying the virtual and real world towards realistic virtual museums. *Applied Science*, 11, 338. <https://doi.org/10.3390/app11010338>
- Martín Rodríguez, L. F. (2011). *Captaciones de aguas subterráneas en Gran Canaria. Necesidad de su inventario*. (Tesis Doctoral, Universidad de Gran Canaria, España). Recuperado: mayo 11, 2021, desde https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/9702/13/0632050_00000_0000.pdf
- Meyer, E., Grussenmeyer, P., Perrin, J.-P., Durand, A., & Drap, P. (2007). A web information system for the management and the dissemination of Cultural Heritage data. *Journal of Cultural Heritage*, 8(4), 396–411. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.07.003>
- Montilla Digital. (2021). Recuperado: 14 julio, 2021. <https://www.montilladigital.com/>
- Muñoz de Pablo, M. J. (2006). Las trazas del agua al norte de la Villa de Madrid. *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, XLVI, 467–519.
- Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2013). Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>
- Nowak, M. M., Dziók, K., Ludwisiak, L., & Chmiel, J. (2020). Mobile GIS applications for environmental field surveys: A state of the art. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01089. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01089>
- Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Arnaoutoglou, F., Tsioukas, V., & Chamzas, C. (2007). Methods for 3D digitization of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 8(1), 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2006.10.007>
- Pérez-Martín, E., Herrero-Tejedor, T. R., Gómez-Elvira, M. A., Rojas-Sola, J. I., & Conejo-Martín, M. A. (2011). *Applied Geography*, 31, 941–949.
- Polonio Armada, J. (2016). *Las sinapsis del poder en una sociedad pequeña y cerrada. El caso de Montilla, 1902-1975*. (Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, España). Recuperado: mayo 30, 2021, desde <https://www.uco.es/investiga/grupos/hum808/2016/05/03/tesis-poder/>
- Redweik, P., Cláudio, A. P., Carmo, M. B., Naranjo, J. M., & Sanjosé, J. J. (2017). Digital preservation of cultural and scientific heritage: involving university students to raise awareness of its importance. *Virtual Archaeology Review*, 8(16), 22–34. <https://doi.org/10.4995/var.2017.4629>
- Rodrigues, J., Teixeira, R., Matos, R., & Rodrigues, H. (2019). Development of a Web Application for Historical Building Management through BIM Technology. *Advances in Civil Engineering*, 2019, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2019/9872736>
- Rojas-Sola, J. I., Castro-García, M., & Carranza-Cañadas, M. P. (2011). Content management system incorporated in a virtual museum hosting. *Journal of Cultural Heritage*, 12(1), 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2010.10.004>

- Roy, P., Chandramoha, J., Vinod Kumar, K., Raj, A., Shaik, M., Bothale, V., & Diwakar, P. G. (2017). Use of remote sensing and geospatial technique for pre-feasibility analysis of rural water pipeline grids. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 45(4), 667–672. <https://doi.org/10.1007/s12524-016-0631-0>
- Scopigno, R. (2012). Sampled 3D models for Cultural Heritage: which uses beyond visualization? *Virtual Archaeology Review*, 3(5), 109-115. <https://doi.org/10.4995/var.2012.4537>
- Stoffel, E. G. H. C. (1887). *Histoire de Jules César guerre civile. Planches*, 3. Paris: Imprimerie Nationale.
- Tellez, I. (2018). El ayuntamiento localiza e investiga la antigua red de abastecimiento de agua creada por Sánchez-Molero. Recuperado: mayo 11, 2021, desde <https://www.aguasdemontilla.es/el-agua-a-traves-del-tiempo>
- Visor Sigpac. (2022). Visor Sigpac del Ministerio de Agricultura y medio Ambiente (Magrama) <http://sigpac.magrama.es/fega/h5visor/>
- Yang, X., Grussenmeyer, P., Koehl, M., Macher, H., Murtiyoso, A., & Landes, T. (2020). Review of built heritage modelling: Integration of HBIM and other information techniques. *Journal of Cultural Heritage*, 46, 350–360. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.05.008>