

ANUARIO ARQUEOLÓGICO DE ANDALUCÍA 2021



Junta de Andalucía

Consejería de Turismo, Cultura y Deporte

EXPLORACIÓN CON GEORRADAR EN EL SOLAR URBANO DE C/TEJAR, 17 DE MEDINA SIDONIA, CÁDIZ.

Isabel Rondán Sevilla

Lázaro Lagóstena Barrios

RESUMEN:

Este trabajo reúne los resultados obtenidos a partir de una exploración geofísica con el sistema multicanal Stream X en el solar urbano de C/Tejar, 17 en Medina Sidonia, Cádiz. La exploración se ha organizado en tres proyectos diferentes y se han documentado hasta 10 alteraciones geofísicas de interés.

ABSTRACT:

This work contains the results obtained from a geophysical survey with the Stream X multichannel system in the urban site of C/Tejar, 17 in Medina Sidonia, Cádiz. The geophysical survey has been organised in three different projects and it has been detected 10 geophysical reflexions.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo reúne los resultados de la prospección geofísica GPR obtenidos en el solar urbano situado en la periferia del casco de Medina Sidonia, en la provincia de Cádiz, sede de la antigua *Asido Caesarina*.

El objeto del presente trabajo es la determinación de posibles anomalías en el subsuelo en el área establecida, su interpretación y su posible relación con restos de interés arqueológico. El trabajo se ha realizado a través de la Unidad de Geodetección y Georreferenciación del Patrimonio Histórico de la Universidad de Cádiz, la promotora lo solicitó a través de la Plataforma de Servicios Periférico del IVAGRO-UCA IVAGRO (<https://cau-ivagro.uca.es/cau/grupoServicios.do?id=p03>). D^a Isabel Rondán Sevilla, integrante de la Unidad de Geodetección ha dirigido el proyecto de esta Actividad Arqueológica Preventiva (fig. 1).



Fig. 1.

CONTEXTO DE LA ACTIVIDAD

En el inmueble objeto de estudio se pretende desarrollar un proyecto de construcción de nueva planta para uso residencial. La parcela, de 6.150 m², dentro de la delimitación del Conjunto Histórico de Medina Sidonia, teniendo un nivel obligado a cautela arqueológica. En concreto, se localiza en el extremo noroeste del Conjunto Histórico, inmediata al antiguo acceso de la ciudad por el Oeste denominado La Calzada, en el barrio de Santiago, de un alto potencial arqueológico, especialmente en vestigios muebles y restos urbanos pertenecientes a la ciudad romana *Asido Caesarina*.

Las condiciones del terreno eran óptimas para poder llevar a cabo el trabajo con el georradar, ya que este no presentaba apenas desnivel. La caracterización puntual del terreno se detallará en el apartado correspondiente a los proyectos de exploración realizados.

En noviembre de 2020 se realizan cinco sondeos arqueológicos vinculados al proyecto “Actuación arqueológica preventiva. Sondeos arqueológicos. Solar urbano de calle Tejar, UE 17, Medina Sidonia (Cádiz)”, autorizada con fecha 6 de noviembre de 2020

(Exp. A-373/20 (1347)) y dirigida por el arqueólogo Manuel Montañés Caballero. Esta actuación arqueológica preventiva de sondeos tenía por objeto de detectar la existencia de vestigios arqueológicos en el lugar y determinar las medidas cautelares pertinentes. De este modo, se cumplía con la normativa arqueológica, así como con la normativa urbanística de Medina Sidonia (PEPRICH de Medina Sidonia). Los resultados fueron positivos y con fecha 27 de febrero de 2021 se emite la Resolución de Finalización de la citada actividad determinando la continuidad de las actividades arqueológicas, consistente en la excavación en extensión de una cisterna de cronología romana y excavación en extensión del solar. No obstante, la situación del solar es más compleja, ya que aún queda por derruir un edificio, en cuya superficie planteamos excavar dos sondeos arqueológicos (independientemente de otras actuaciones futuras en función de resultados) y control de movimientos de tierra en el extremo oeste del solar.

Previa a las actuaciones arqueológicas invasivas, se planteó realizar una de carácter no invasiva, basada en la exploración de buena parte del solar (aquella que presenta un mayor potencial arqueológico) con radar de suelo (fig. 2).



Fig. 2.

METODOLOGÍA

El georradar o radar de suelo, conocido como GPR (*Ground Penetration Radar*), es una técnica geofísica empleada en prospecciones no destructivas basado en la emisión y detección de ondas electromagnéticas que se propagan en el subsuelo. El pulso de energía electromagnética emitido desde la antena se transmite en el subsuelo interactuando con materiales que tienen diferentes propiedades electromagnéticas (conductividad, constante dieléctrica, permeabilidad magnética). Esta interacción hace que parte de la energía emitida sea reflejada, transmitida, refractada y/o absorbida permitiendo la detección de irregularidades con respecto al medio circundante (fig. 3).

Los pulsos electromagnéticos se emiten a una determinada frecuencia central que determina la profundidad máxima de exploración y la resolución de los resultados. En aplicaciones arqueológicas el rango medio de frecuencias empleadas esta entre 100 – 800 MHz.

Otro aspecto a tener en cuenta es el tipo de suelo y sus condiciones en un determinado momento, ya que influyen en la velocidad de propagación de la onda electromagnética y en la atenuación de la energía en una determinada exploración. Estos factores pueden interferir en los resultados, por lo que es necesario un adecuado post-proceso de los datos brutos.

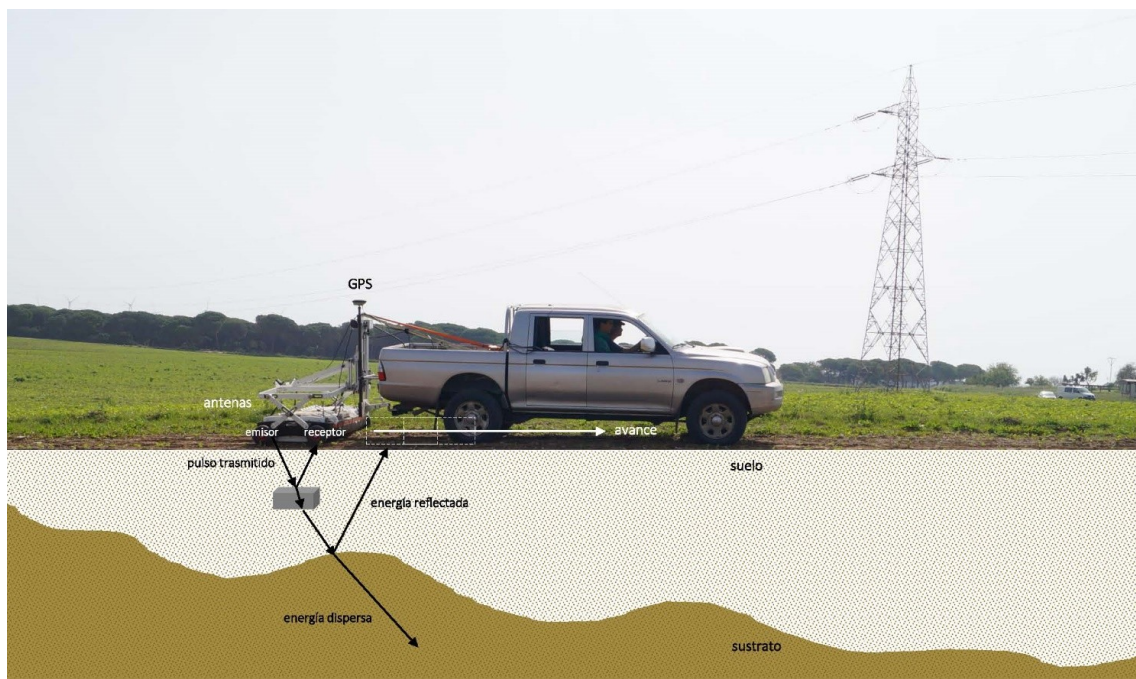


Fig. 3.

El GPR Stream X es un georradar multicanal constituido 15 antenas con frecuencia central de 200 MHz separadas cada 12 cm. Las antenas conforman un equipo de 2 m que definen para un ancho de la banda de exploración de 1,60 m. El conjunto cuenta con un sistema de elevación, lo que le permite adaptar la altura de la antena con respecto al terreno según el tipo de terreno prospectado. El conjunto es remolcado por un vehículo y permite investigar grandes áreas a una velocidad de prospección máxima de 15 km/h.

Los trabajos de prospección con el GPR Stream X se han realizado con una profundidad de exploración de 90 ns, con 512 muestreos por barrido (@512 Sample/Scan), velocidad de propagación promedio de 10 cm/ns y con un sistema de posicionamiento GPS + PPS. Los ficheros de posicionamiento son exportados desde el receptor GPS a la unidad de control en formato NMEA tomados cada 0,2 seg (5 Hz).

Una parte del post-proceso de datos brutos consiste en la aplicación de filtros que permite, entre otras cosas, realizar las correcciones estáticas, eliminar las bajas frecuencias producto de la proximidad de la antena transmisora y receptora, mitigar el efecto de la rápida atenuación de la señal cuando se propaga en el subsuelo, eliminar o reducir las frecuencias que representan el ruido en la señal producto de diferentes interferencias provenientes del exterior, etc. En procesos más avanzados se pueden emplear filtros o realizar análisis adicionales que permiten mejorar aún más la calidad de la sección como son: análisis de las velocidades de propagación de la onda en función del tipo de suelo, aplicación de filtros espaciales, análisis de 'deconvolución' (un tipo de filtro), análisis tipo migración, aplicación de la transformada de Hilbert, por citar algunos.

El equipo de posicionamiento espacial que trabaja en conjunto con el GPR Stream X es GNSS (Sistema Global de Posicionamiento) de la casa comercial Leica. En este proyecto se ha trabajado con la red de satélites GPS recibidos desde el receptor modelo *GS14* con controladora de campo de la misma casa comercial modelo *CS15*. Se trabaja con correcciones cinemáticas en tiempo real RTK (Real Time Kinematic) realizadas desde la ERGNSS (Red Nacional de Geodesia). El rendimiento de medición y precisión para tiempo real cinemático (red RTK) está estimado en Hz 8 mm + 0,5 ppm/V 15 mm + 0,5 ppm que se traduce en erros en planta de 0,04 m aproximadamente. Este error se considera aceptable para el tipo de trabajo que se está realizando.

RESULTADOS

Para cubrir la superficie programada se realizaron tres proyectos de trabajo, planteados para evitar los obstáculos puntuales presentes en la parcela. La superficie total explorada ha sido de 2.258 m², teniendo en cuenta que parte del proyecto 1 y 2 cubren la misma superficie (fig. 4).



Fig. 4.

A continuación, se describen las alteraciones geofísicas más destacadas de cada proyecto en planta, y en los radargramas o secciones transversales y longitudinales. En la descripción se atenderá a dimensiones y profundidades de las anomalías. La descripción y evaluación de los proyectos 2 y 3 se hará conjunta.

Proyecto 1:

Con carácter general, este proyecto muestra en el lateral Oeste la formación rocosa geológica, que se desarrolla a lo largo de todo el proyecto en sentido NW-SE. De la misma manera, se muestra esta unidad geológica en el lateral Este de la parcela explorada, aunque en este caso se detecta con menos intensidad, probablemente porque el afloramiento se halla más al Este, bajo la actual calzada ya fuera de solar, y aquí solo

se detecta el arranque de la formación. También al sur del proyecto y en la zona central se documentan anomalías de composición similar que pueden relacionarse con el sustrato rocoso o bien con áreas de vertidos o rellenos (de material pétreo, cerámico, etc.). En cotas más superficiales se detectan alteraciones que pueden ser identificadas como pequeñas estructuras murarias, con orientaciones generales NW-SE. También se documentan en niveles superficiales anomalías irregulares de cierta potencia. Todo ello se detallará a continuación (fig. 5)



Fig. 5.

Alteración 1.- Se trata de la detección al Oeste del solar del afloramiento rocoso y su prolongación en el subsuelo. En el radargrama inferior podemos observar cómo se desarrolla en planta, y en profundidad hasta donde alcanza la señal del georradar. También se observa en los perfiles la tendencia topográfica de la formación natural. Llama la atención cierta regularidad en el frente de este geológico que parece mostrar puntualmente un perfil de tendencia perpendicular.

A pesar de estar ante una formación geológica, en sus capas superficiales hay indicios de intervención antrópica, apreciándose a simple vista indicios murarios en superficie. A una cota de -0,5 m se identifican dos conjuntos que pueden interpretarse como

edilicios. Ambos ofrecen una aparente planta rectangular, con orientaciones NW-SE – NE-SW y estas orientaciones son similares a las ofrecidas por otros elementos detectados en la exploración de la parcela que luego se analizarán. El primer conjunto comprende unos 6,30x 5,30 m, y conectaría con otras estructuras murarias al norte; el segundo con 6,60 x 3,60 m aproximados conectaría por el Norte con el anterior. Este segundo conjunto coincide espacialmente con la ubicación y orientación de un edificio presente en la ortofotografía del vuelo ministerial 1973-1986. En ambos casos estamos ante indicios estructurales construidos sobre el sustrato rocoso. En cualquier caso, se trataría de elementos constructivos de poca potencia conservada, no más de 0,50 m de alzado. Es posible que alguno de los muros del lateral Oeste en sentido NW-SE corten o se apoyen en el geológico, e incluso expliquen su tendencia rectangular en algunos puntos, como se ha indicado anteriormente.

Alteración 2.- Se trata de un conjunto de anomalías que se identifica en el lateral Norte de la exploración. Tiene unos 9,60 x 4,60 m, de tendencia rectangular, con orientación NE-SW y NW-SE. Parece ofrecer dos espacios, el localizado al NE, dentro del espacio delimitado, muestra una composición de relleno muy consistente. La alteración comienza en niveles muy superficiales y se desarrolla como media hasta la cota de -0,75 m. En el centro del ambiente antes mencionado, la alteración profundiza hasta -1,25 m, conteniendo quizá algún elemento de conducción, tipo tubería o similar. Justo entre el perfil norte de la exploración y el de la alteración, se identifican varios elementos puntuales metálicos que aparecen en niveles no superficiales sino a unos -0,50 m de profundidad. Esta Alteración 2 se interpreta como un posible conjunto constructivo relacionado con los descritos en la Alteración 1.

Alteración 3.- Se trata de un conjunto de anomalías detectadas en la primera pasada del proyecto, que se desarrolla con disposición similar a la Alteración 2 aunque de menores dimensiones: 7 x 1,40 m aproximadamente, aunque puede continuar al Norte en la zona fuera de la exploración. Esta Alteración muestra características compatibles con algún elemento constructivo, se inicia superficialmente y no profundiza más de -0,60 m, salvo puntualmente.

Alteración 4.- Destacamos aquí una anomalía detectada muy superficialmente, a una cota de -0,30 m. Está conformada por varias anomalías que parecen configurar un espacio rectangular de unos 15 x 10 m, con orientación NE-SW y NW-SE, abierto por el NE. Puntualmente, como se aprecia en el detalle del perfil longitudinal, se identifica

un elemento posiblemente murario de cierta entidad, pero en general los elementos que delimitan este espacio son superficiales y poco definidos. Al Este de esta alteración se identifica la correspondiente en esta cota a la Alteración 2, y al Oeste lo que describiremos a continuación como Alteración 5. La orientación de estas alteraciones no coincide con las generalmente apreciadas en la parcela.

Alteración 5.- Se trata de una anomalía que se detecta en la zona Este de la exploración, que cubre longitudinalmente toda la anchura del proyecto. Se aprecia mejor a poca profundidad, y no parece desarrollarse más allá de la cota de -1 m. De tendencia rectangular, con un ancho medio de unos 3 m, tiene una longitud de 26 m, y se orienta en sentido NW-SE. La configuración de la señal parece corresponderse con una zona de pavimentos o vertidos. La alteración, a lo largo de su recorrido, muestra cierta discontinuidad en su composición, no siendo homogénea a la largo de todo su desarrollo. Quizá se deba a su rotura por alguno de los sondeos realizados previamente en la parcela.

Alteración 6.- Localizada en la zona central del proyecto se aprecia una anomalía rectangular de unos 3 x 4 m. Parece estar delimitada por dos estructuras posiblemente murarias que se desarrollan en sentido NW-SE. Se inicia hacia los -0,30 m de profundidad y alcanza - 1 m (fig. 6).

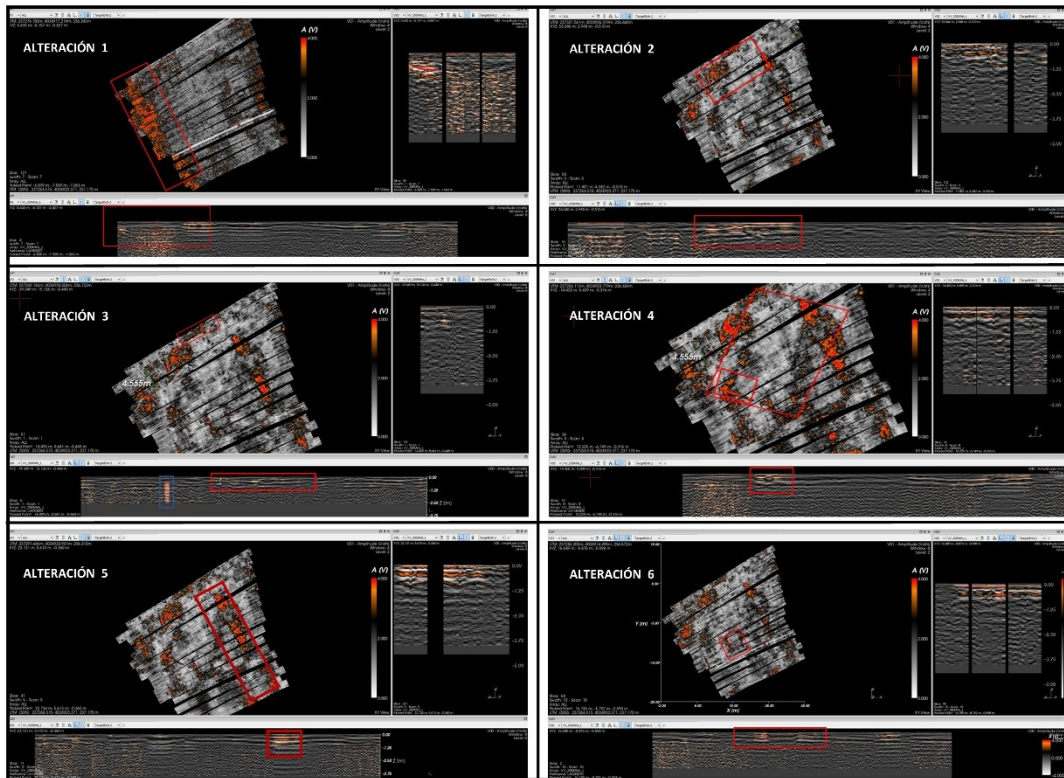


Fig. 6.

Proyectos 2-3.

Analizamos conjuntamente estas dos exploraciones dado que se complementan superficialmente y se han realizada con la misma orientación y configuración de trabajo. Estos proyectos, especialmente el Proyecto 2, cubre en gran parte la superficie explorada en el Proyecto 1, salvo que aquí se realiza la exploración con otra orientación, ejecutándose cada pasada en sentido NW-SE. Además, con el Proyecto 2 se han cubierto espacios que, por razones topográficas y técnicas, no podían cubrirse con el Proyecto 1, al Norte y al Este del solar. Finalmente, los Proyectos 2 y 3 amplían y completan la exploración al área Sur del solar. Salvo que aporten información adicional, no se analizarán aquí las alteraciones ya analizadas en el Proyecto 1. Se continuará la descripción de las alteraciones continuando el orden establecido en el Proyecto 1 (fig. 7).



Fig. 7.

Alteración 7.- Se trata de un conjunto de anomalías ubicadas en torno a la localización de la cisterna romana. Se compone de varias señales longitudinales, todas con orientación NW-SE y que parecen relacionarse con el contexto de la estructura hidráulica. Algunas de ellas se desarrollan en profundidad, como la ubicada en el lateral este; otras muestran una señal característica de elementos de conducción, como el tramo localizado en el lateral sur y quizá la del lateral oeste. Hacia el Este se detecta una acumulación de alteraciones irregulares que se desarrolla en profundidad hasta el final del alcance de la señal del GPR, no es descartable que se relacione con el sustrato geológico o con un ámbito de rellenos de origen antrópico.

Alteración 8.- Indicamos en este caso un conjunto de anomalías cuya mejor visualización se produce en torno al -1 m de profundidad. Aunque de escasa definición, parece tratarse de un conjunto de elementos longitudinales con orientación NW-SE y NE-SW que muestran aparentemente cierta articulación ortogonal. La zona central ofrece una disposición cuadrangular de aproximadamente 3×3 m. Cabe destacar que tienen la misma orientación que las anomalías de la Alteración 7. En cualquier caso, en los perfiles parecen mostrar poca potencia y por ello no hay certeza en la identificación propuesta.

Alteración 9.- Se identifica un conjunto de anomalías lineales con articulación ortogonal y orientación NW-SE y NE-SW. No muestran potencia estratigráfica destacada, se aprecia a niveles superficiales y alcanza la cota de -0,85 m.

Alteración 10.- Se trata de un conjunto de anomalías lineales que se disponen en el extremo sur de la parcela, generalmente con orientaciones SW-NE y NW-SE. Se aprecian desde la misma superficie de hecho, se conservan superficialmente muros y pavimentos del conjunto edilicio contemporáneo. La exploración atestigua el alcance de estos elementos hasta -1 m de profundidad, especialmente los elementos constructivos perimetrales del edificio que se aprecia en la ortofotografía interministerial de 1973-1986.

Por debajo de estos elementos que se relacionan con los edificios contemporáneos de este sector del solar el subsuelo muestra una composición compatible con el sustrato geológico, como se detecta en otros sectores de la parcela (fig. 8).

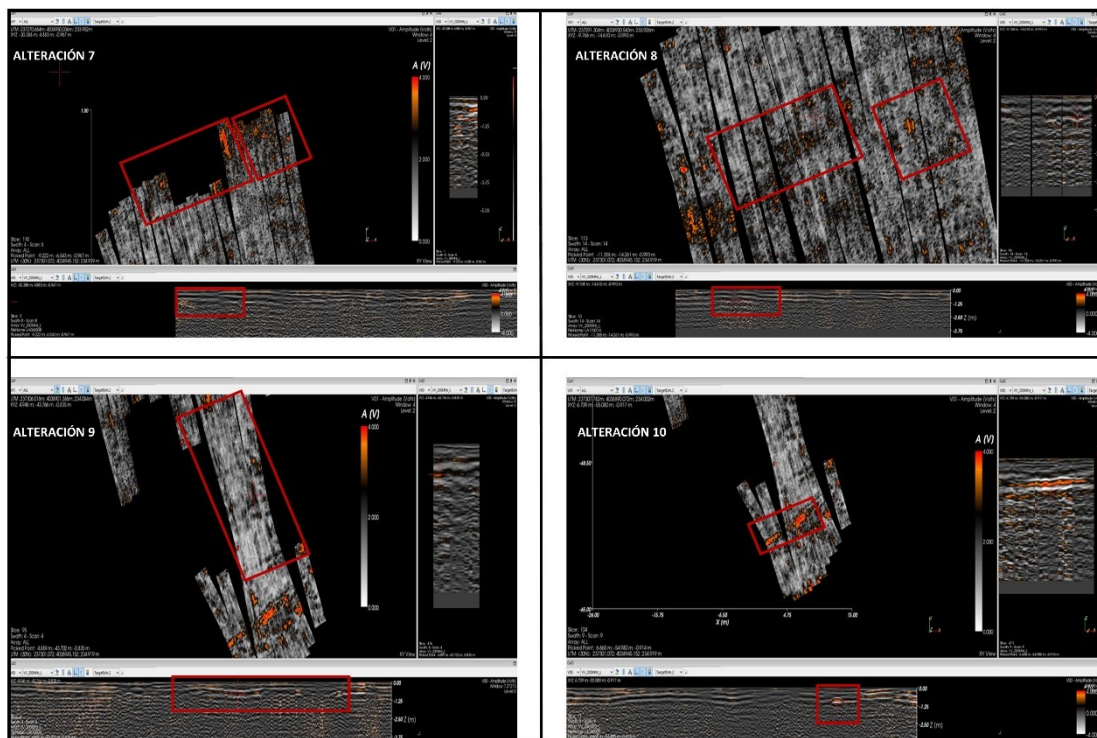


Fig. 8.

CONCLUSIONES

La exploración geofísica ha permitido identificar un total de diez anomalías relevantes en el solar investigado, algunas de ellas compuesta de varias alteraciones bien diferenciadas. De estas anomalías, algunas se relacionan preferentemente con el sustrato geológico del terreno, otras parecen corresponderse con elementos remanentes de las instalaciones contemporáneas existentes en el lugar denominado El Tejar. Otras en cambio se relacionan con los vestigios romanos ya identificados por las actuaciones precedentes. Y finalmente, algunas alteraciones no están justificadas por las circunstancias anteriores, pudiendo corresponder con elementos relacionados con ocupaciones previas del solar.

- Anomalías relacionadas preferentemente con el sustrato geológico: Alteración 1.
- Anomalías relacionadas preferentemente con elementos remanentes contemporáneos: Elementos murarios sobre Alteración 1; Alteración 5; Alteración 10; y con menos claridad probablemente la Alteración 2 y 6.
- Anomalías relacionadas preferentemente con el asentamiento romano: Alteración 7; y sin poder ser categórico en su interpretación las alteraciones 2, 3 y 8.
- Anomalías potencialmente relacionadas con ocupaciones previas del solar: Alteración 4; y con menos claridad la Alteración 9.

BIBLIOGRAFÍA

GENERAL

ANNAN, A.P. (2001): *Ground Penetrating Radar: workshop notes*.

CONYERS, L. (2011): “Discovery, mapping and interpretation of buried cultural resources non-invasively with ground-penetrating radar”, *Journal of Geophysics and Engineering* 8: 813-822.

CONYERS, L. and GOODMAN, D. (1997): *Ground Penetrating Radar: An Introduction for Archaeologists*.

CORSI, C., SLAPSAK, B., VERMEULEN, F. (2013): *Good practice in archaeological diagnostics. Non-invasive survey of complex archaeological sites*.

DANIELS, D. J. (2004): *Ground Penetrating Radar*.

GOODMAN, D. and PIRO, S. (2013): *GPR remote sensing in archaeology*.

GOODMAN, D., NOVO, A., MORELLI, G., PIRO, S., KUTRUBES, D., LORENZO, H. (2011): “Advances in GPR imaging with multi-channel radar systems from engineering to archaeology”, *Proceedings of the 24th SAGEEP Conference*.

MONTAÑÉS CABALLERO, M.: *Proyecto Actuación arqueológica preventiva. Sondeos arqueológicos. Solar urbano de calle Tejar, UE 17, Medina Sidonia (Cádiz)*. Informe inédito.

JOL, H.M. (2009): *Ground Penetrating Radar: theory and applications*.

SARRIS, A. (ed) (2015): “Best Practices of GeoInformatic Technologies for the Mapping of Archaeolandscapes”. *Archaeopress Archaeology*.

SARRIS, A. and PAPADOPOULOS, N. (2012) “Looking for graves: geophysical prospections of cemeteries”, *CHNT 17*: 1-13.

SCOLLAR, A., TABBAGH, A., HESSE, A., HERZOG, I. (1990): “Archaeological Prospecting and Remote Sensing, Topics”, *Remote Sensing*, 2: 178-180.

ZHAO, W., FORTE, E., PIPAN, M., TIAN, G. (2013): "Ground Penetrating Radar (GPR) attribute analysis for archaeological prospection", *Journal of Applied Geophysics*, vol. 97: 107-117.

ESPECÍFICA

Instituto Geográfico Nacional: <http://www.ign.es/web/ign/portal>

Sede electrónica del Catastro: <https://www.sedecatastro.gob.es/>

PIE DE FIGURAS:

Fig. 1. Georradar Stream X en el solar C/Tejar.

Fig. 2. Área de exploración geofísica.

Fig. 3. Esquema de funcionamiento del georradar.

Fig. 4. Proyectos realizados con Stream X.

Fig. 5. Vista en planta del proyecto 1 a -0,60 m sobre ortofotografía.

Fig. 6. Representación gráfica de las alteraciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6 en el proyecto 1.

Fig. 7. Vista en planta de los proyectos 2 y 3 a -0,60 m sobre ortofotografía.

Fig. 8. Representación gráfica de las alteraciones 7, 8, 9 y 10 en los proyectos 2-3.