



**LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO**  
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido -GPAC- (UPV/EHU)



UPV EHU

Aulario de las Nieves, edificio de Institutos Universitarios  
C/ Nieves Cano 33, 01006 Vitoria-Gasteiz (España-Spain).

Tfno: +34 945 013222 / 013264

e-mail: [ldgp@ehu.es](mailto:ldgp@ehu.es) web: <http://www.ldgp.es>

# ARCHIVO DEL LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO

ARCHIVE OF THE LABORATORY FOR THE GEOMETRIC  
DOCUMENTATION OF HERITAGE

Sección de memorias / **Reports section**

# 40-1


<b>Información general / General information</b>		
ELEMENTO:	A_Llodio_Yermo	:ELEMENT
TITULO:	Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)	:TITLE
FECHA:	septiembre 2015 / <b>September 2015</b>	:DATE
NUMERO:	LDGP_mem_040-1	:NUMBER
IDIOMA:	español / <b>Spanish</b>	:LANGUAGE

<b>Resumen</b>	
TITULO:	Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)
DESCRIPCION GEOMÉTRICA:	<p>La iglesia de Santa María tiene una planta de unos 22x18 metros y cuenta con tres pórticos (sur, oeste y norte) así como una espadaña exenta. Adyacente al sudeste se encuentra la ermita de Santa Lucía.</p> <p>Las excavaciones arqueológicas de dos zonas de unos 6 x 3 metros en el interior y el exterior de la iglesia sirven como hilo conductor a las jornadas de puertas abiertas al público.</p>
DOCUMENTACION:	<p>Para el establecimiento de la red de referencia, se han utilizado receptores GNSS enlazados a la red de referencias del Gobierno Vasco. La documentación de las excavaciones se ha realizado mediante topografía clásica para la identificación de los perímetros de las unidades estratigráficas y fotogrametría para la generación de modelos 3D con textura fotográfica de cada nivel de excavación. Por otro lado se ha realizado el modelado 3D mediante técnicas fotogramétricas de varios elementos muebles y, finalmente, se ha generado una aplicación de Realidad Aumentada tomando como objeto la talla medieval de la virgen.</p>
TECNICAS:	topografía, GNSS, fotogrametría
PRODUCTOS:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos tridimensionales mallados con texturas fotográficas.</li> <li>• Planos en planta.</li> <li>• Ortoimágenes.</li> </ul>
DESCRIPTORES NATURALES:	santuario, arqueología, imaginería
DESCRIPTORES CONTROLADOS:	<p>(Procedentes del Tesouro UNESCO [<a href="http://databases.unesco.org/thessp/">http://databases.unesco.org/thessp/</a>])</p> <p>Patrimonio Cultural, Edificio religioso, Reconocimiento Topográfico, Fotogrametría</p>

<b>Abstract</b>	
TITLE:	Geometric documentation for valuing and extending the social use of "El Yermo" Sanctuary (Lludio/Llodio, Álava, Spain)
GEOMETRIC DESCRIPTION:	<p>The church of Santa María has a plan of around 22 by 18 metres and counts on three porticos (north, west and south) and a free-standing bell gable. Adjacent to this building on the southeast side is Santa Lucía's shrine.</p> <p>The archaeological excavations of two areas of around 6x3 metres inside and outside the church serve as an excuse for open days and other cultural activities.</p>
DOCUMENTATION:	<p>The reference network was observed by means of GNSS receivers. The documentation of the excavation was done with conventional surveying equipment (total station) for the line drawing of the unities and photogrammetry in order to obtain a 3D model with photographic texture of each level. Besides, 3D models were also produced of a series of elements (statues, baptismal font, etc.) and, finally, an application of Augmented Reality of the medieval carving of the virgin was also generated.</p>
METHODOLOGIES:	surveying, GNSS, photogrammetry
PRODUCTS:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D models (meshed with photographic textures).</li> <li>• Plans.</li> <li>• Orthoimages.</li> </ul>
NATURAL KEYWORDS:	sanctuary, archaeology, statuary
CONTROLLED KEYWORDS:	<p>(From the UNESCO's thesaurus [<a href="http://databases.unesco.org/thesaurus/">http://databases.unesco.org/thesaurus/</a>])</p> <p>Cultural Heritage, Religious buildings, Surveying, Photogrammetry</p>

Localización / Placement		
ELEMENTO PATRIMONIAL:	Santuario del Yermo (Laudio/Llodio)	:HERITAGE ELEMENT
MUNICIPIO:	Laudio/Llodio, Álava, España/Spain (Getty TGN: 7307306)	:MUNICIPALITY
COORDENADAS:	EPSG:4326 WGS84/LatLong 43.17187,-2.97168	:COORDINATES

Equipo de trabajo / Staff		
EQUIPO:	Pablo PÉREZ VIDIELLA Álvaro RODRÍGUEZ MIRANDA José Manuel VALLE MELÓN	:STAFF

Derechos / Rights		
DERECHOS:	<p>Está permitido citar y extraer el texto, siempre que la fuente sea claramente identificada (respecto a la consideración de “no comercial” ver el apartado “otros derechos”). / <b>Permission is granted to quote and take excerpts from this text, provided that the source of such material is fully acknowledged (for the “non commercial” label see below in “others rights”).</b></p> 	:RIGHTS
OTROS:	<p>Esta memoria de actuación corresponde a un trabajo encargado por una institución o empresa que retiene los derechos de explotación de la información aquí contenida y a quienes habrán de dirigirse todos aquellos interesados en ampliar la información aquí contenida, recabar datos adicionales o hacer uso comercial de los datos expuestos. / <b>This report gives an overview of a commissioned work; therefore, their use for commercial purposes may be an infringement of the promoters rights. You are asked to contact the promoters in case you need either further information or to obtain commercial rights.</b></p>	:OTHERS

Renuncia de responsabilidad / Disclaimer		
DESCARGO:	<p>El uso de la información contenida en este documento se hará bajo la completa responsabilidad del usuario. La publicación se ha realizado conforme a los fines docentes y de investigación del Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio del Patrimonio de la UPV/EHU y en función de los derechos que corresponden al Laboratorio como autor del contenido. El Laboratorio se compromete a retirar del acceso público tanto este documento como cualquier otro material relacionado en el caso de que los promotores consideren que menoscaban sus derechos de explotación. /</p> <p><b>The use of the information contained in this document will be under the exclusive responsibility of the user.</b></p> <p><b>The aim of this publication is to fulfill the academic goals and research expected from the Laboratory for the Geometric Documentation of Heritage (UPV/EHU) concerning its scientific outcomes. Nevertheless, the Laboratory is bound to the respect of promoters’ commercial rights and will take away the contents which are considered against these rights.</b></p>	:DISCLAIMER

**Reutilización / Re-use**

REUTILIZACION:	<p>Los siguientes términos corresponden al Real Decreto 1495/2011, de 24 de octubre por el que se desarrolla la Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de la información del sector público, para el ámbito del sector público estatal.</p> <p>"Son de aplicación las siguientes condiciones generales para la reutilización de los documentos sometidos a ellas:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Está prohibido desnaturalizar el sentido de la información.</li><li>2. Debe citarse la fuente de los documentos objeto de la reutilización. Esta cita podrá realizarse de la siguiente manera: "Origen de los datos: [órgano administrativo, organismo o entidad del sector público estatal de que se trate]".</li><li>3. Debe mencionarse la fecha de la última actualización de los documentos objeto de la reutilización, siempre cuando estuviera incluida en el documento original.</li><li>4. No se podrá indicar, insinuar o sugerir que la [órgano administrativo, organismo o entidad del sector público estatal de que se trate] titular de la información reutilizada participa, patrocina o apoya la reutilización que se lleve a cabo con ella.</li><li>5. Deben conservarse, no alterarse ni suprimirse los metadatos sobre la fecha de actualización y las condiciones de reutilización aplicables incluidos, en su caso, en el documento puesto a disposición para su reutilización."</li></ol> <p style="text-align: center;">/</p> <p>The following terms come from the Royal Decree 1495/2011, of 24th October 2011, whereby the Law 37/2007, of November 16, on the re-use of public sector information, is developed for the public state sector.</p> <p>"The following general terms shall apply to all re-usable document availability methods:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. The information must not be distorted.</li><li>2. The original source of re-usable documents must be cited.</li><li>3. The date of the latest update of re-usable documents must be indicated when it appears in the original document.</li><li>4. It must not be mentioned or suggested that the public sector agencies, bodies or entities are involved in, sponsor or support the re-use of information being made.</li><li>5. Metadata indicating the latest update and the applicable terms of re-use included in re-usable documents made available by public agencies or bodies must not be deleted or altered."</li></ol>	:RE-USE
----------------	--	---------

Estructura / Framework		
ID PERMANENTE:	<a href="http://hdl.handle.net/10810/17466">http://hdl.handle.net/10810/17466</a>	:PERMANENT ID
ESTRUCTURA:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ldgp_mem040-1_Llodio_Yermo.pdf</b>: este documento (incluye la memoria y los planos) / <b>this document (report and plans included)</b>.</li> <li>• <b>LDGP_YER2015_fot_yermo??.jpeg</b>: 6 fotografías de documentación / <b>6 pictures for documentation purposes</b>.</li> <li>• <b>LDGP_YER2014_imagen_marcador-apk.jpeg</b>: marcador que se utiliza como referencia para la aplicación de Realidad Aumentada que corresponde al archivo siguiente / <b>marker used as reference for the application of Augmented Reality corresponding to the following file</b>.</li> <li>• <b>LDGP_YER2014_aplicacion_virgenyermo.apk</b>: aplicación de Realidad Aumentada para dispositivos Android, permite visualizar el modelo 3D de la talla de la virgen apuntando con la cámara al marcador que corresponde al fichero anterior / <b>application of Augmented Reality for Android devices, it shows the 3D model of the Virgin's carving by pointing with the camera at the marker (previous file)</b>.</li> </ul>	:FRAMEWORK

Cita completa recomendada / Recommended full citation		
CITA:	Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU) –LDGP-. <i>Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)</i> . 2015	:CITATION

Comentarios / Feedback		
NOTA:	<p>Este documento forma parte del contenido generado en el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la UPV/EHU y ha sido publicado con fines docentes y/o de investigación, atendiendo a los objetivos del Laboratorio. Es muy importante para nosotros conocer la utilidad del material suministrado a los usuarios finales así como las posibilidades de mejora en el servicio que podemos realizar; por lo tanto, agradecemos cualquier comentario o sugerencia que nos quiera hacer llegar, para lo cual, ponemos a su disposición nuestra dirección de correo electrónico <a href="mailto:ldgp@ehu.es">ldgp@ehu.es</a> /</p> <p>This document is part of the content generated by the Laboratory for Geometrical Documentation of Heritage (UPV/EHU). It was published for teaching purposes and research, in relation with the goals of the Laboratory. Feedback about the real utility of this information is most important for us, therefore, we appreciate any comment or suggestion for improvements (please, do refer to the following e-mail address: <a href="mailto:ldgp@ehu.es">ldgp@ehu.es</a>).</p>	:NOTE

# Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)

Vitoria-Gasteiz, septiembre de 2015



## Equipo:

Pablo Pérez Vidiella  
Álvaro Rodríguez Miranda  
José Manuel Valle Melón



**LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO**  
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido - GPAC (UPV-EHU)

Aulario de las Nieves, edificio de Institutos Universitarios  
C/ Nieves Cano 33, 01006 Vitoria-Gasteiz (Álava).  
Tfno: +34 945 013222 / 013264  
e-mail: [ldgp@ehu.es](mailto:ldgp@ehu.es) web: <http://www.ldgp.es>



## **ÍNDICE**

1.- INTRODUCCIÓN.....	3
2.- OBJETIVOS.....	4
3.- LOCALIZACIÓN.....	5
4.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS .....	6
4.1.- Esquema de trabajo .....	6
4.2.- Trabajos de campo.....	7
4.2.1.- Red topográfica, volumétrico y apoyo fotogramétrico .....	7
4.2.2.- Registro fotográfico .....	10
4.2.3.- Visitas guiadas.....	13
4.3.1.- Enlace al sistema global de coordenadas de los datos del proyecto.....	14
4.3.2.- Dibujo de los datos obtenidos por topografía: modelo volumétrico y apoyo fotogramétrico .....	15
4.3.3.- Clasificación y de las fotografías .....	18
4.3.4.- Modelado 3D con textura fotográfica de elementos representativos .....	21
4.3.5.- Productos derivados del modelo 3D.....	26
4.3.6.- Modelo CAD de la excavación y planos .....	28
4.3.7.- Realidad Aumentada.....	31
ANEXOS .....	35
Anexo I: Instrumental empleado.....	36
Anexo II: Reseñas de la red topográfica .....	39
PLANOS.....	48

## **1.- INTRODUCCIÓN**

El proyecto titulado “Puesta en Valor y Difusión Social del Santuario de Santa María del Yermo, Santa Lucía y su entorno”<sup>1</sup> se enmarca en una serie de actuaciones encaminadas al estudio y difusión del patrimonio arqueológico e histórico del municipio de Laudio/Llodio (Álava). En concreto, el presente proyecto se centra en el Santuario de Santa María del Yermo, donde se han seleccionado dos áreas para la realización de sendas excavaciones arqueológicas durante los meses de junio y julio de 2015: en el interior de la iglesia, en el ángulo noroeste (con una superficie aproximada de 18 m<sup>2</sup>) y en el exterior en el espacio contiguo a la espadaña exenta (superficie aproximada de 12 m<sup>2</sup>).

Las excavaciones han estado abiertas al público y se han acompañado con charlas informativas sobre el avance de las mismas y los resultados provisionales que se han ido desarrollando. En una segunda fase que se desarrollará a partir del mes de septiembre se programarán nuevas visitas en las que, además de los resultados arqueológicos, se muestre parte de la riqueza histórica y material del conjunto.



Fig. 1.- Visita a las excavaciones durante el desarrollo del trabajo arqueológico.

---

<sup>1</sup> Cuyo investigador principal es el Catedrático de Arqueología Medieval de la Universidad del País Vasco UPV/EHU, D. Agustín Azkarate Garai-Olaun. Dicho proyecto cuenta con la participación de los departamentos de Geografía, Prehistoria y Arqueología (Prof. Sergio Escribano Ruiz), Historia del Arte y Música (Prof. Fernando Bartolomé García) e Ingeniería Minera y Metalúrgica y Ciencias de los Materiales (Prof. José Manuel Valle Melón).



## **2.- OBJETIVOS**

Dentro del proyecto, los trabajos de documentación geométrica se plantearon con un doble objetivo: en primer lugar, como soporte en el propio proceso de excavación arqueológica, aportando la geometría y la cartografía necesaria para el estudio de los restos exhumados, en segundo lugar, por su valor expositivo en las sesiones de puertas abiertas y difusión.

De forma más concreta. Las tareas a realizar y los productos a obtener para la consecución de estos objetivos son las siguientes:

- a) Implantación de una red de referencia enlazada con el sistema de oficial de coordenadas (UTM-ETRS89).
- b) Documentación de las excavaciones arqueológicas por métodos topográficos y fotogramétricos. Se entenderá a este respecto la medida en campo de las unidades estratigráficas (UEs) y estructuras exhumadas utilizando medidas directas con estación total y la realización de modelos tridimensionales con textura fotográfica de los estados de las excavaciones en diferentes días de forma que se pueda apreciar el avance de los trabajos.
- c) Archivo de la información utilizando formatos estándar que permitan su reutilización a lo largo del tiempo.

### 3.- LOCALIZACIÓN

El conjunto del Santuario del Yermo se encuentra a unos 500 metros sobre el nivel del mar, al norte del casco urbano de Laudio/Llodio (unos 5 km por carretera) en la ladera sur del monte Kamaraka. Está compuesto por la iglesia de Santa María (siglo XV), a la que se anexa la ermita de Santa Lucía, que es la que popularmente da nombre al paraje, asimismo existen varios edificios en el entorno como una venta, la casa cural o el humilladero de San Antonio. Las coordenadas UTM-huso 30 en el sistema de referencia ETRS89 son X=502.300 e Y=4.779.900 (que corresponden con las coordenadas geográficas: 43°10'18,7"N -2°58'18,1"O).

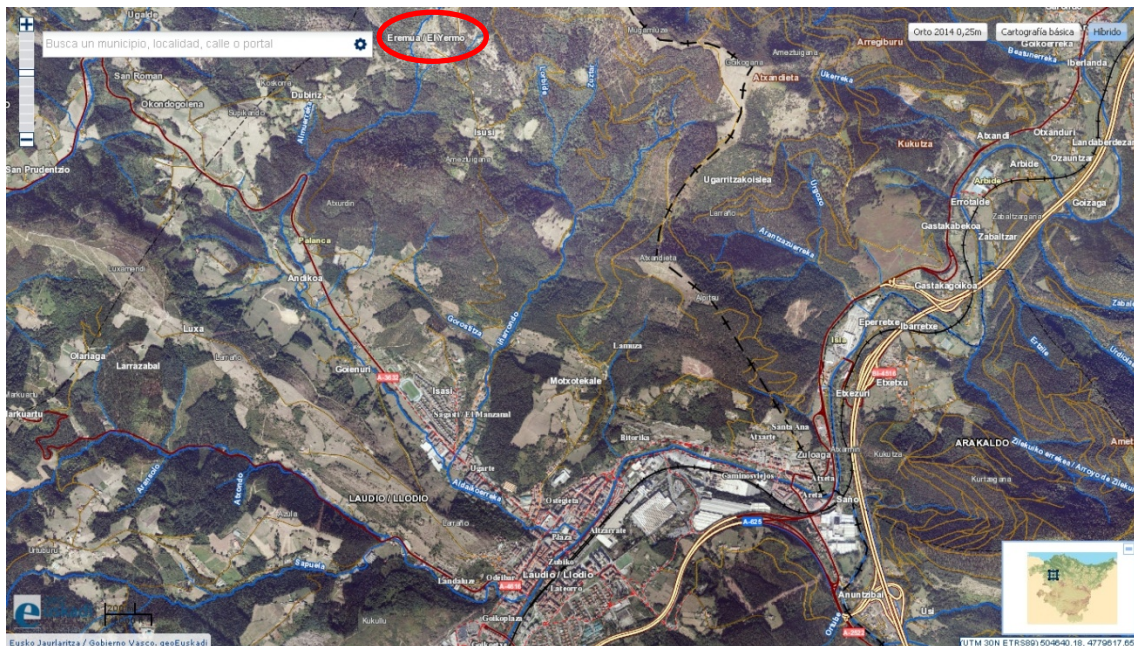
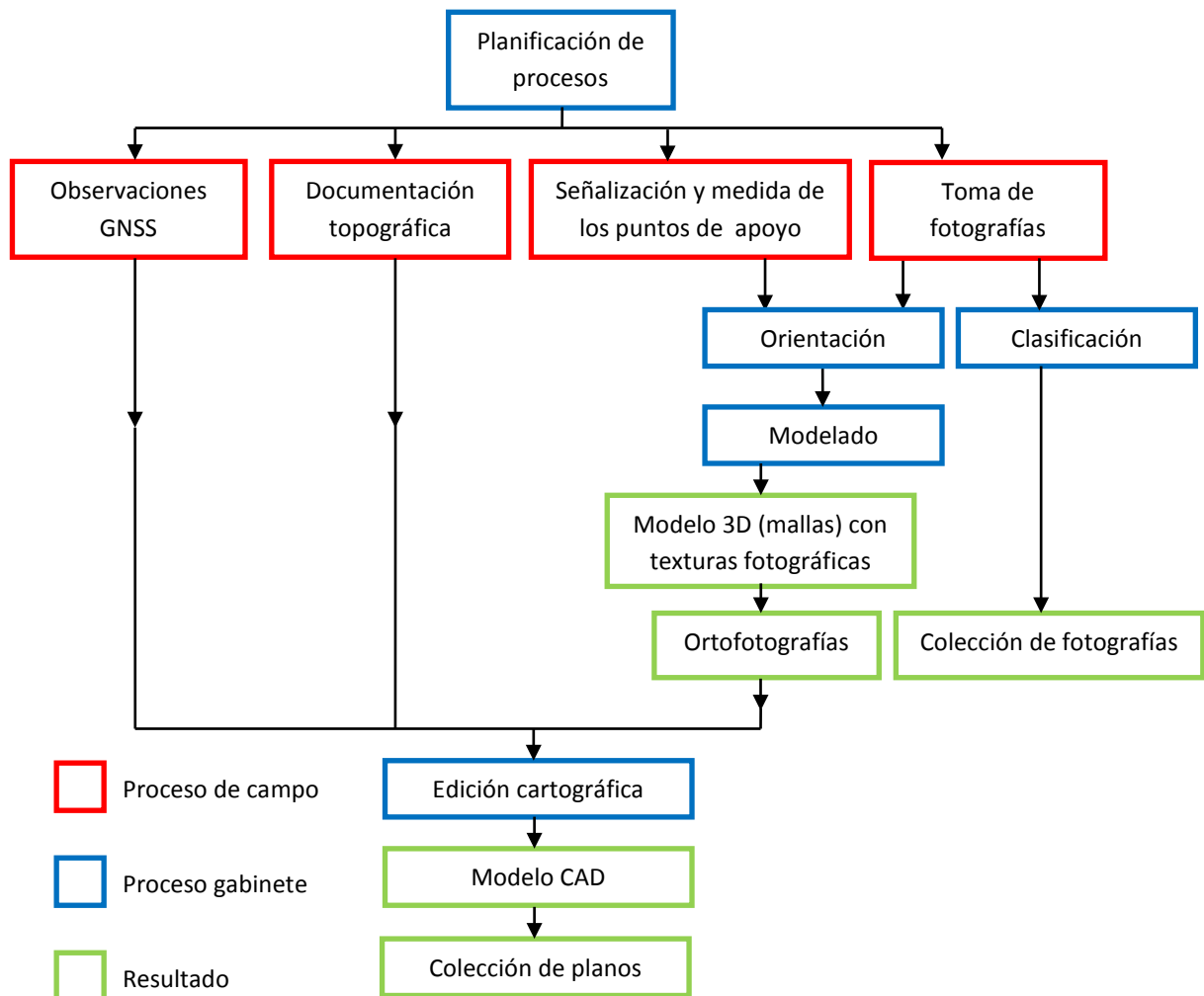


Fig. 2.- Imagen de localización del Yermo (círculo rojo en la parte superior) en la que se aprecia su ubicación al norte del casco urbano de Laudio/Llodio (fuente de la imagen de base: [www.geoeuskadi.net](http://www.geoeuskadi.net)).

#### 4.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

##### 4.1.- Esquema de trabajo

En el siguiente esquema se muestran los procesos realizados en este proyecto así como los resultados obtenidos. En color rojo se señalan los trabajos de campo, en azul los de gabinete y en verde los resultados.



## 4.2.- Trabajos de campo

### 4.2.1.- Red topográfica, volumétrico y apoyo fotogramétrico

La red de referencia se compone de estaciones materializadas en el terreno mediante clavos situados en rocas o en estacas (en rojo en la figura siguiente) y dianas de puntería situadas en las paredes de la iglesia (en verde). Las coordenadas así como las reseñas para su localización se encuentran en el Anexo II. Las zonas de intervención arqueológica se señalan mediante rectángulos azules.

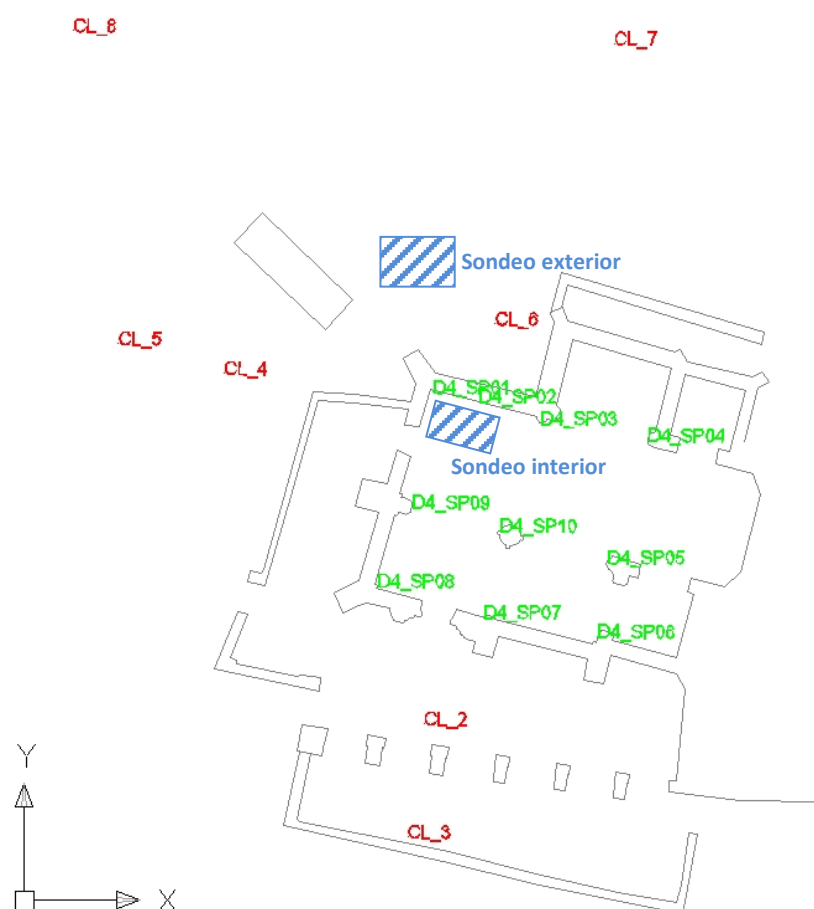


Fig. 3.- Localización de los puntos que materializan la red de referencia topográfica.

Para los estacionamientos en el interior se procedía a realizar una intersección inversa a cinco de las dianas interiores obteniendo en todos los casos errores en el posicionamiento inferiores a 5 mm. En el exterior (por ejemplo, para medir las unidades del sondeo) se estacionaba sobre las bases y se comprobaba con al menos dos señales obteniendo también errores en el posicionamiento inferiores a 5 milímetros en todos los casos.

En la siguiente imagen se puede ver la estación total situada en el borde de la excavación interior, desde donde se iban documentando las unidades estratigráficas. Por regla general, se ha preferido estacionar siempre sobre el pasillo enlosado que quedó al descubierto ya que presentaba un suelo más estable que la tarima (figura 4). Por lo que respecta al sondeo exterior, se procedía a estacionar en la estación denominada "CL-6".



Fig. 4.- Colocación de la estación total topográfica para abarcar las unidades a documentar en el sondeo interior.

La documentación de las unidades se efectuó mediante elementos vectoriales que describían su perímetro e incluía puntos de cota. La toma de datos en campo se realizó de manera guiada por los arqueólogos que iban indicando tanto la numeración de las unidades como los puntos que definían la geometría. De esta manera los ficheros CAD se generaron directamente con codificación correspondiente al registro arqueológico.

Además, con la estación total también se daban coordenadas a un conjunto de dianas situadas en el borde de la zona de trabajo y que se utilizarían posteriormente como puntos de apoyo en el modelado tridimensional por medio de fotografías de los diferentes estados de la excavación. La siguiente imagen muestra una fotografía del sondeo exterior en la que se aprecian los mencionados puntos de apoyo, consistentes en dianas de 3x3 centímetros y que se encuentran en las zonas señaladas con los círculos rojos.



Fig. 5.- Apoyo fotogramétrico distribuido alrededor del sondeo exterior.

Por otro lado, tres de los puntos exteriores de la red se observaron mediante técnicas de posicionamiento por satélite GNSS<sup>2</sup>, realizando observaciones estáticas durante periodos de unos 20 minutos utilizando un receptor *Topcon HiperPro* (cuyas especificaciones técnicas se presentan en el Anexo I).



Fig. 6.- Receptor GNSS durante la observación sobre el punto "CL\_3".

---

<sup>2</sup> Los receptores GNSS –Global Navigation Satellite System- permiten utilizar la constelación de satélites GPS estadounidense conjuntamente con otros sistemas análogos como el Glonass ruso o el Galileo de la Unión Europea.

#### 4.2.2.- Registro fotográfico

El registro fotográfico incluye tanto las fotografías de documentación de elementos característicos como las colecciones de fotografías realizadas con vistas a la producción de modelos tridimensionales.



Fig. 7.- En la imagen de la izquierda se presenta una toma mediante jalón telescópico de un detalle situado en un sillar a 4 metros de altura. En la imagen de la derecha se presenta una vista cenital (obtenida también con el jalón telescópico) que muestra un momento de la captura fotográfica para la realización del modelo 3D del sondeo interior.

Respecto a las imágenes utilizadas para el modelado, se obtuvieron de acuerdo al método de procesado posterior que se iba a emplear, en concreto fotogrametría convergente. Para este fin es preciso que cada parte del modelo aparezca en varias imágenes (mínimo 3, siendo un número recomendable a partir de 5) con puntos de vista diferentes de forma que se pueda calcular bien la geometría de los puntos mediante la intersección de los rayos homólogos (los que partiendo del punto de vista de cada toma pasan por un mismo punto en la escena a reconstruir).

La toma de fotografías se realizó en cuatro momentos diferentes para el sondeo interior y en dos para el exterior. De esta manera, se dispone de un registro temporal del avance de las excavaciones en ambas zonas de trabajo.

Respecto al número de fotografías de cada serie, los dos niveles del sondeo exterior y los dos primeros niveles de la excavación del interior cuentan cada uno con entre 35 y 50 fotografías. Para los dos últimos niveles de la excavación interior se utilizó un mayor número de imágenes debido a que la geometría era más compleja (con enterramientos en el caso del nivel 3 -160 imágenes- y con las fosas en el 4 -100 imágenes-).



Fig. 8.- Los cuatro momentos en que se ha documentado el sondeo interior: arriba a la izquierda, vista del enlosado y el agujero de la antigua ubicación de la pila bautismal, arriba a la derecha, primer nivel bajo el enlosado (enterramientos rellenos), abajo a la izquierda, con los enterramientos visibles y, abajo a la derecha, con las fosas vacías.



Fig. 9.- Los dos momentos documentados del sondeo exterior. A la izquierda la vista del suelo bajo la cobertura vegetal y, a la derecha, la del camino que se encontró debajo.

Además de estas colecciones preparadas para documentar ambos sondeos, también se han realizado dos series específicas para sendos enterramientos del interior que se encontraron entre dos de los momentos documentados y otras tres series de fotografías para documentar elementos muebles particulares: el altar de piedra (antigua pila bautismal reaprovechada), una talla románica de la virgen con el niño y otra talla de madera representando al niño en pie.





Fig. 10.- Toma de fotografías de la talla de la virgen, situada para la ocasión sobre el altar.

Las fotografías se tomaron con dos cámaras: Canon EOS-5D Mark II con objetivo fijo de 21 mm de distancia focal y Canon EOS 100D con objetivo de focal variable, lo que ha permitido combinar una alta resolución de las imágenes (20 megapíxeles) con una amplia versatilidad en cuanto a la cobertura de cada toma.

#### 4.2.3.- Visitas guiadas

Como se ha comentado, el trabajo de campo se planteó con un carácter abierto al público de tal manera que se estableció un calendario de visitas guiadas en las que los visitantes recibían información, por parte del equipo de arqueólogos, sobre el lugar y las excavaciones que se estaban realizando. Como complemento de estas explicaciones también se comentaron los diferentes trabajos de documentación geométrica que se estaban desarrollando y se mostraron algunos ejemplos de modelos tridimensionales.



The image is a screenshot of the website [aitaraldea.eus](http://www.aitaraldea.eus). The header features the website logo, a search bar, and social media icons. A navigation menu includes links for 'Albisteak', 'Agenda', 'Bideoak', 'Kultur leihoa', 'Argazkiak', 'Elkarrizketak', 'Egunkaria', 'Iratia', 'Komunitatea', and 'Iritzia'. The main content area displays a video player with the title 'Historiari hautsa kentzen ari zaizkio Ermuko nekropolian' and a date of 'Uztailak 3, 2015'. The video player shows a scene with people and a surveying instrument. Below the video, there is a 'Deskargatu' button and a 'Laudio' section with a 'UDA KO KRONIKA MULTIMEDIEN LEHIAKETA 2015' banner. The sidebar contains a 'BIDEO IKUSIENAK' section with a video thumbnail and a 'Laudioko "Alde Zaharra"' announcement.

Fig. 11.- Vídeo informativo sobre las excavaciones y las jornadas de puertas abiertas al público (la captura corresponde a la web: <http://www.aitaraldea.eus/bideoak/historiari-hautsa-kentzen-ari-zaizkio-ermuko-nekropolian>).

### 4.3.- Trabajos de gabinete

#### 4.3.1.- Enlace al sistema global de coordenadas de los datos del proyecto

En primer lugar, se calcularon las coordenadas de los puntos de la red de referencia topográfica en el sistema oficial absoluto (UTM-ETRS89). Para ello, se procesaron las observaciones GNSS realizadas en tres de los puntos de dicha red conjuntamente con las observaciones de dos de las bases de la red GNSS de Euskadi, en concreto las de Amurrio y Sopuerta.

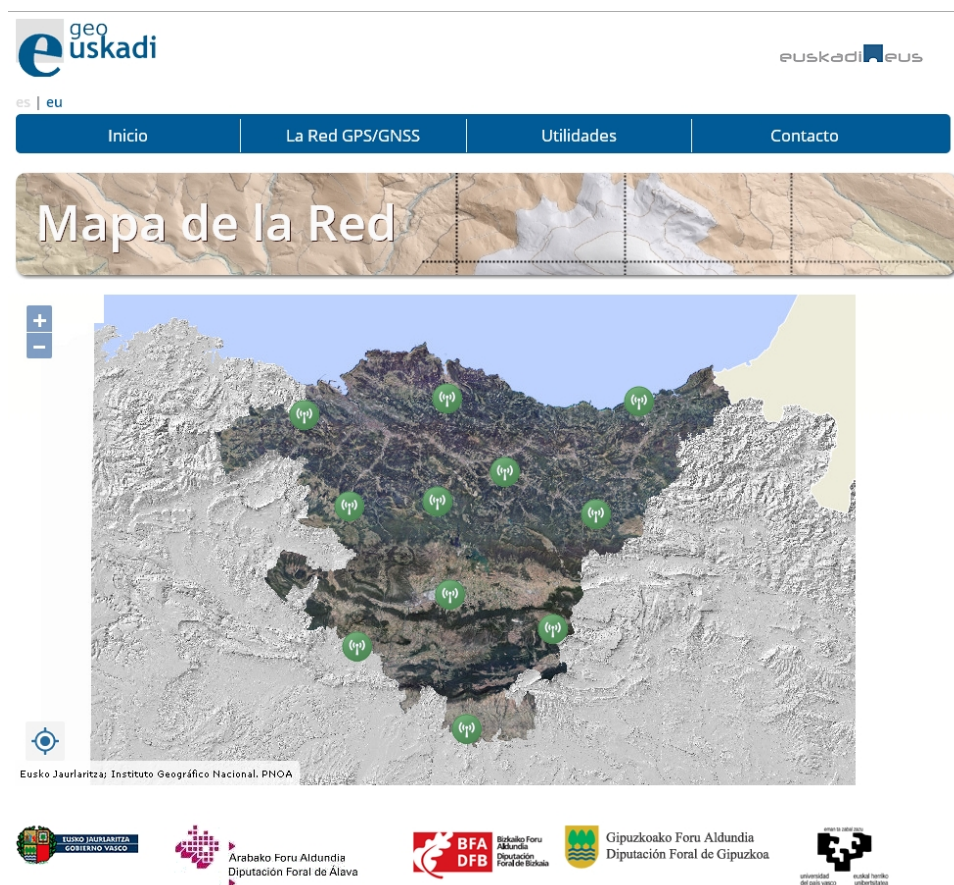


Fig. 12.- Mapa con la red de estaciones de referencia GNSS de Euskadi. Las dos más cercanas a la zona del proyecto son las de Amurrio (Álava) y Sopuerta (Bizkaia).

Las observaciones de los tres puntos medidos en campo se importaron en el programa de procesado (*Topcon TopSurf®*) al que también se incorporaron los datos de las estaciones de la red GNSS de Euskadi. La siguiente imagen muestra el solape de los periodos de observación de dichas estaciones permanentes (fila superior –Amurrio- e inferior –Sopuerta-) con las tres observaciones realizadas (bases “CL\_3”, “CL\_4” y “CL\_5”).

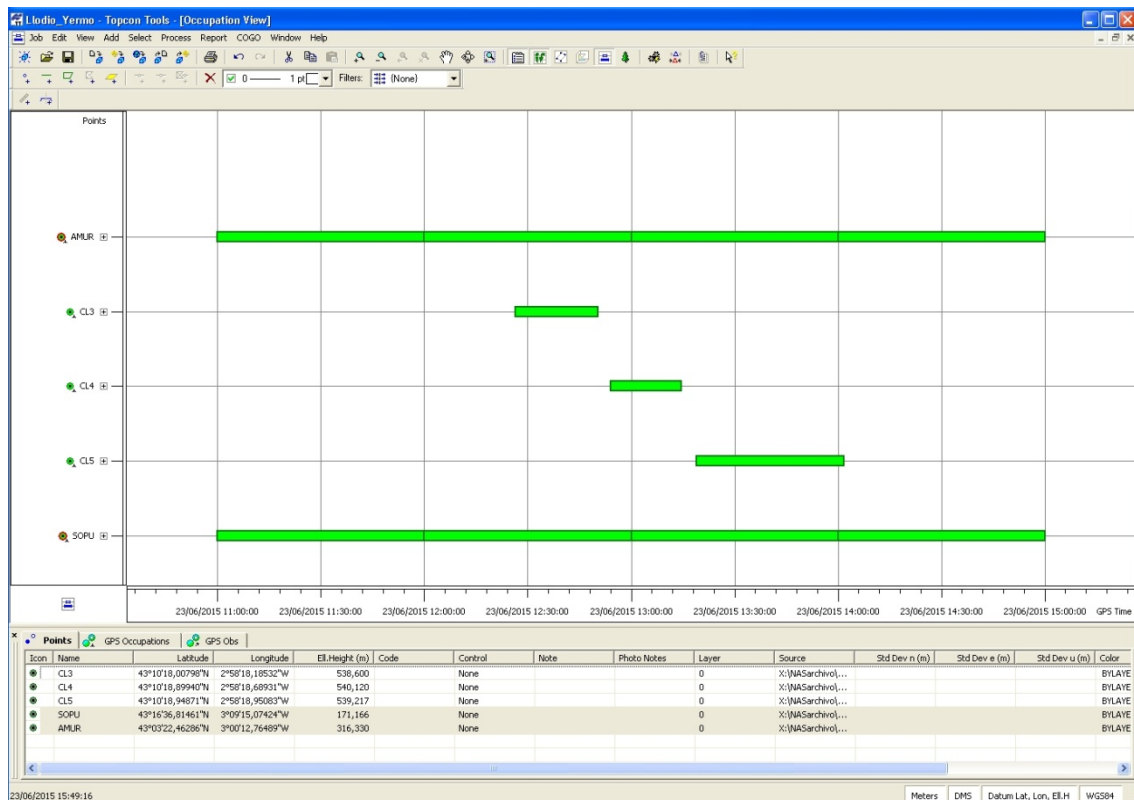


Fig. 13.- Periodos de observación de las estaciones de referencia de la red GNSS de Euskadi que solapan con las de las observaciones en las bases del proyecto.

El proceso de cálculo proporcionó las coordenadas UTM-ETRS89 de las tres estaciones con una precisión absoluta de 2-3 cm. Utilizando estos tres valores como referencia, se trasladaron todos los puntos de la red topográfica medida el primer día –la cual se midió utilizando un sistema local- al mencionado sistema UTM-ETRS89, de forma que todo lo que se midió a partir de ese momento podía referirse ya a este último sistema.

#### 4.3.2.- Dibujo de los datos obtenidos por topografía: modelo volumétrico y apoyo fotogramétrico

Tal como se ha comentado, las líneas que representan los restos arqueológicos exhumados se documentaron en campo utilizando la estación total y se codificaron de manera que se pudieran volcar en el fichero CAD quedando directamente organizadas en las capas que identifican cada unidad estratigráfica (UE), enterramiento o estructura. Además, el modelo CAD incluye otros elementos como son las bases de la red de referencia o los puntos de apoyo.

Con el fin de poder entender mejor la relación entre los elementos documentados, siempre es interesante disponer de una representación del entorno, en este caso, de una planta completa de la iglesia de Santa María. La versión más reciente de dicha

planta procedía del Trabajo Fin de Máster realizado por Ana Álvarez Llamas<sup>3</sup>. Esta planta enmendaba varios errores de la que aparece publicada en el Catálogo Monumental de la Diócesis de Vitoria (por ejemplo, la orientación de la espadaña) y aumentaba considerablemente el nivel de detalle de la representación.

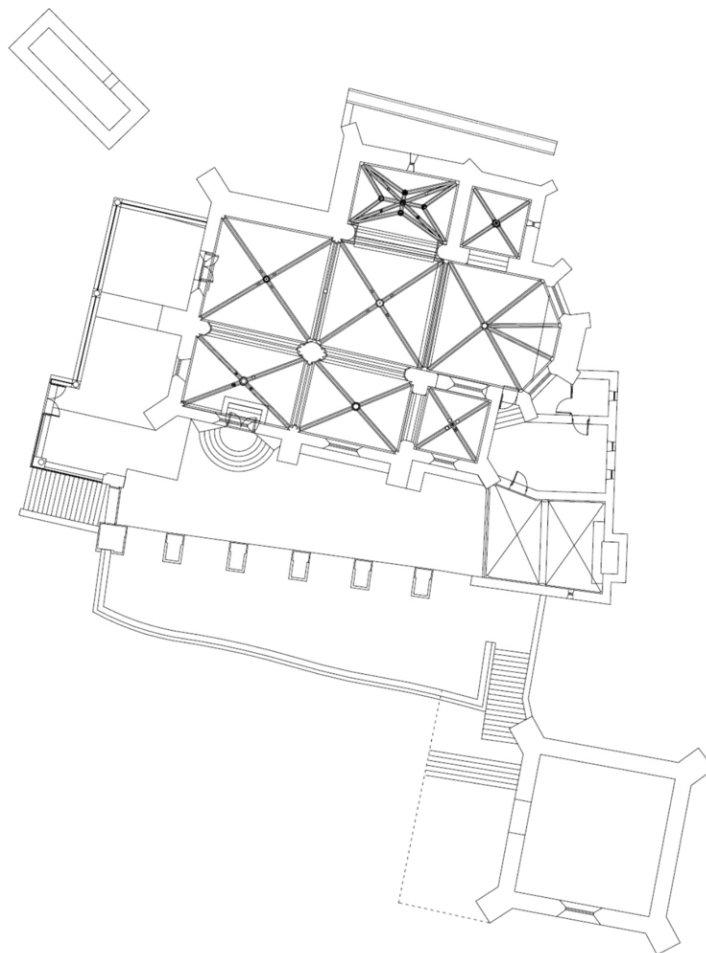


Fig. 14.- Planta de la iglesia de Santa María, habitaciones anexas y ermita de Santa Lucía (recinto inferior), procedente del Trabajo Fin de Máster elaborado por Ana Álvarez Llamas.

Sin embargo, esta planta no era del todo adecuada para referir las medidas topográficas realizadas ya que al haberse obtenido estas últimas con un instrumental más preciso se podían producir algunas inconsistencias. Por este motivo, se decidió medir nuevamente con estación total y redibujar la parte referida a las zonas de interés del presente proyecto.

---

<sup>3</sup> Trabajo titulado «Propuesta sobre la evolución constructiva de Santa María del Yermo en Laudio-Llodio», perteneciente al Máster Universitario en Restauración y Gestión Integral del Patrimonio Construido de la UPV/EHU. El mencionado trabajo fin de máster fue dirigido por el profesor Agustín Azkarate y defendido en septiembre de 2014.

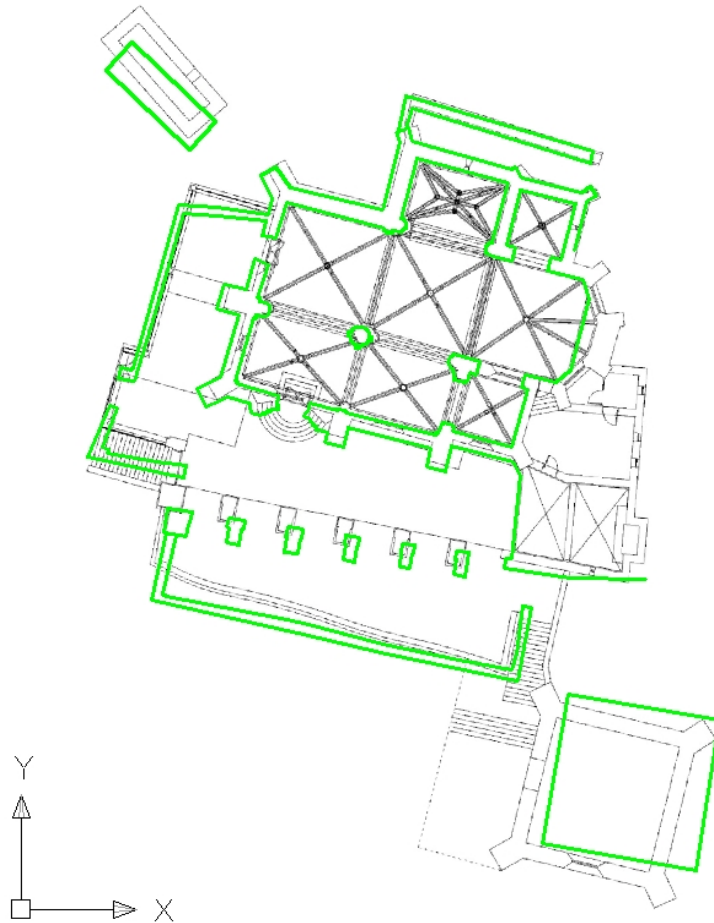


Fig. 15.- Planta parcial redibujada a partir de los datos topográficos (en verde), sobreimpuesta a la disponible anteriormente.

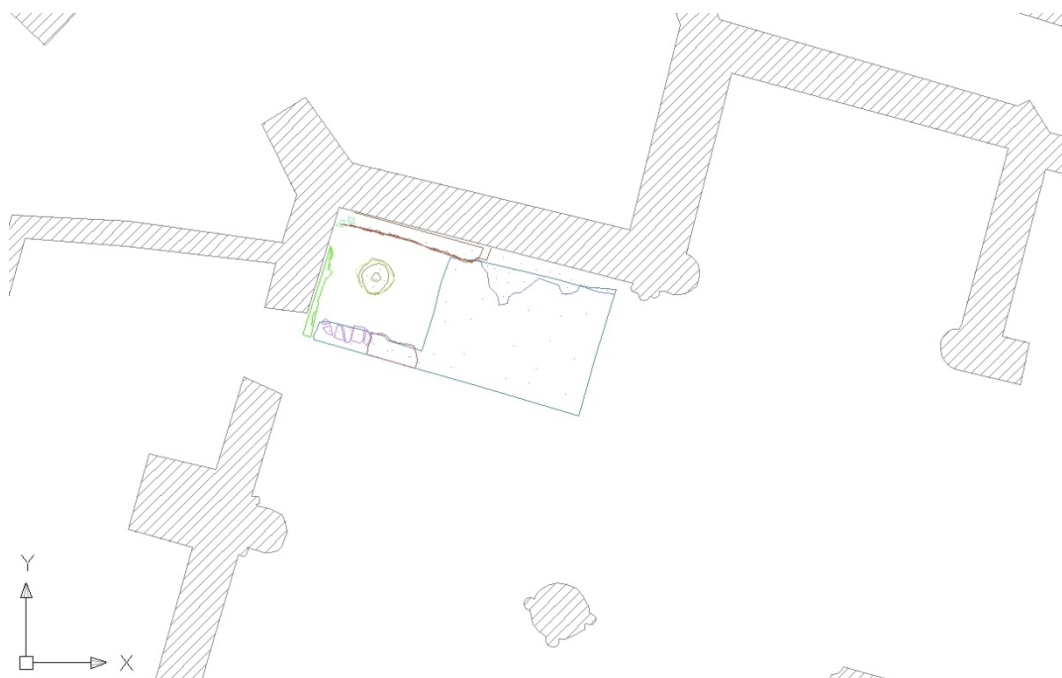


Fig. 16.- Vista en planta de algunos de los elementos documentados de la excavación con la planta redibujada.

### 4.3.3.- Clasificación y de las fotografías

Al capturar las imágenes fotográficas, la cámara incluye cierta información sobre la toma (tiempo de exposición, focal, resolución, etc.) que permite a los programas de procesamiento conocer las características de la fotografía, estos datos –denominados metadatos- se almacenan dentro del mismo fichero (tiff, jpeg...) según un estándar denominado Exif.

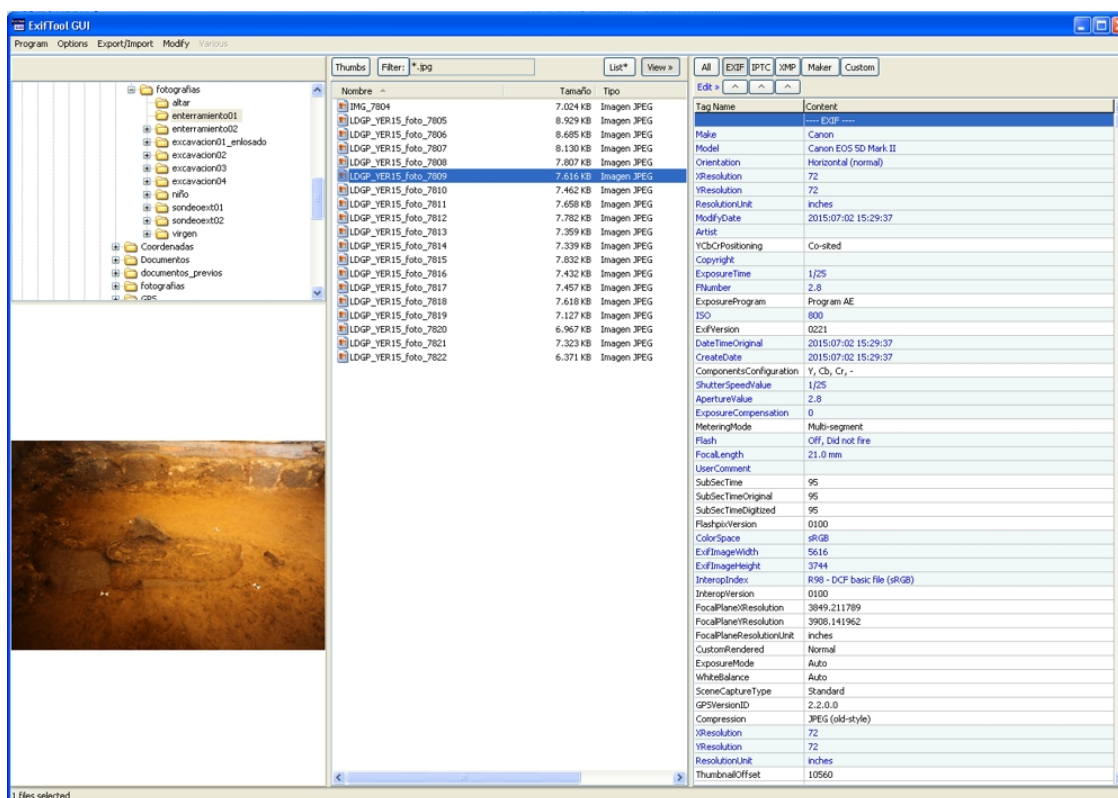


Fig. 17.- En la columna de la derecha se presentan algunos de los metadatos Exif que la cámara graba directamente con la fotografía.

Aprovechando las posibilidades de incorporar información que ofrecen los metadatos, se pueden incorporar también algunos datos descriptivos que permitan conocer el contexto de la imagen, información como el nombre del creador de la foto, los derechos asociados a la imagen, una descripción de lo que aparece fotografiado, el lugar (tanto mediante topónimos como incluyendo sus coordenadas), una dirección de contacto para obtener más datos, palabras clave que ayuden a su clasificación y localización, etc.

Los propios metadatos Exif disponen de varios campos con información de este tipo que puede incorporarse (figura 18). Con el fin de enriquecer más la descripción también se ha añadido un segundo conjunto de descriptores agrupados en una lista denominada metadatos IPTC (figura 19).

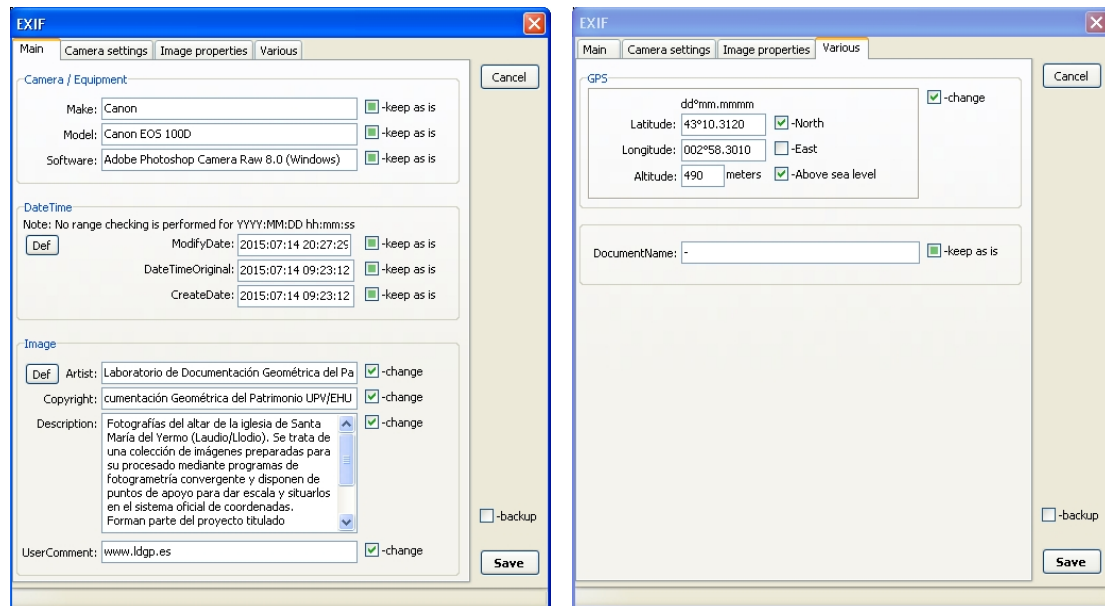


Fig. 18.- Edición de los metadatos Exif incorporados en las fotografías mediante el programa *Exiftool*. En la imagen de la izquierda se ha incluido la información sobre el creador y una breve descripción, en la imagen de la derecha se han introducido las coordenadas geográficas.

<b>Contenido IPTC</b>	
Titular	Excavaciones arqueológicas y difusión del Santuario del Yermo
Código de tema IPTC	
Autor de la descripción	Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio UPV/EHU
Categoría	
Otras categorías	
<b>Copyright IPTC</b>	
Copyright	Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio UPV/EHU
Estado de copyright	Con copyright
Términos de uso de derechos	
URL de información de copyright	www.ldgp.es
<b>Creador IPTC</b>	
Creador	Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio UPV/EHU
Dirección del creador	le Nieves Cano 12, 01005 Vitoria-Gasteiz (Álava, España)
Ciudad del creador	Vitoria-Gasteiz
Estado / provincia del creador	Álava
Código postal del creador	01006
País del creador	España
Teléfono del creador	+34 945 013222 / 3264
Correo electrónico del creador	ldgp@ehu.es
Sitio Web del creador	http://www.ehu.eus/docarq
Cargo del creador	
<b>Imagen IPTC</b>	
Fecha de creación	2015
Género intelectual	
Escena	
Ubicación	Santuario de Santa María del Yermo
Ciudad	Laudio/Llodio
Estado / provincia	Álava
País	España
Código de país ISO	ES
<b>Estado IPTC</b>	
Título	
Identificador de trabajo	Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo
Instrucciones	
Proveedor	
Origen	

Fig. 19.- Lista de metadatos IPTC, introducidos en las imágenes utilizando el software *Adobe Lightroom*®.



Con esta información descriptiva, las fotografías pueden ser gestionadas de una manera más ágil a través de programas específicos y bases de datos, facilitando así su contextualización y localización.

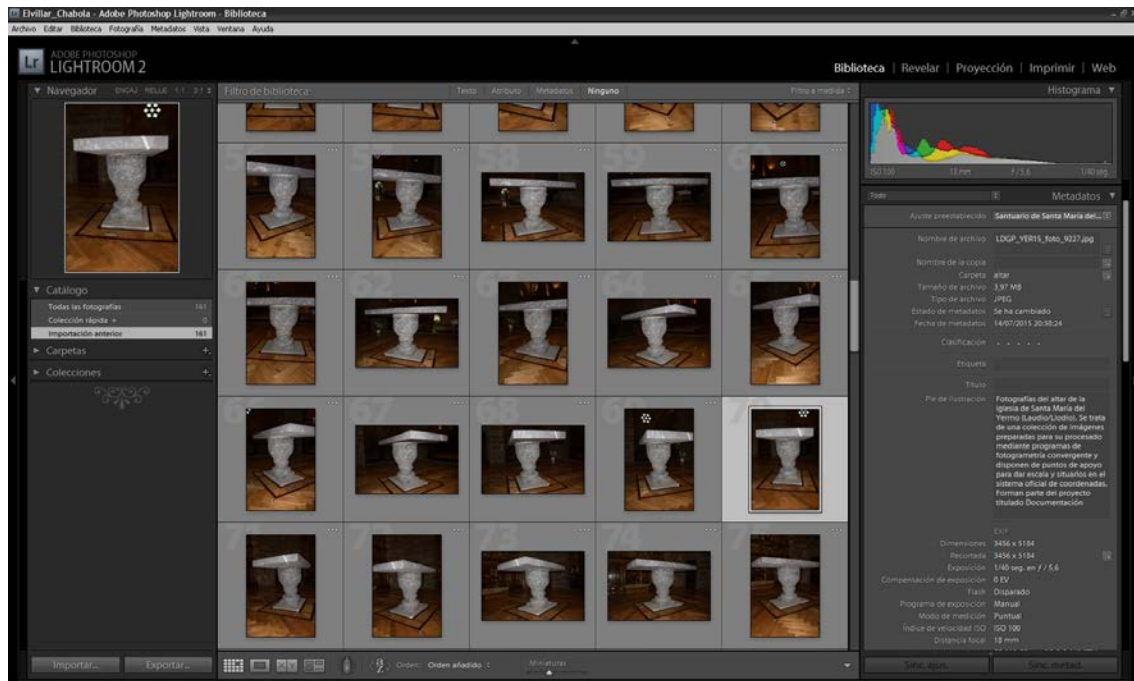


Fig. 20.- Base de datos de las fotografías. En la parte derecha se presentan los metadatos de la imagen seleccionada, los cuales pueden utilizarse para realizar búsquedas, clasificar las imágenes, etc.

Las fotografías que se presentan en el CD que acompaña a la presente memoria se encuentran duplicadas en dos formatos diferentes: por un lado en el formato DNG (*Digital Negative*) que contiene toda la riqueza capturada por la cámara y, en segundo lugar, en formato JPEG para facilitar su difusión y uso generalizado.

En este mismo CD se incluyen las especificaciones de los formatos de metadatos anteriormente indicados (Exif e IPTC) así como la descripción detallada del formato DNG.

#### 4.3.4.- Modelado 3D con textura fotográfica de elementos representativos

Para el modelado tridimensional, se comienza cargando las fotografías seleccionadas en el software de tratamiento *Agisoft Photoscan*®.

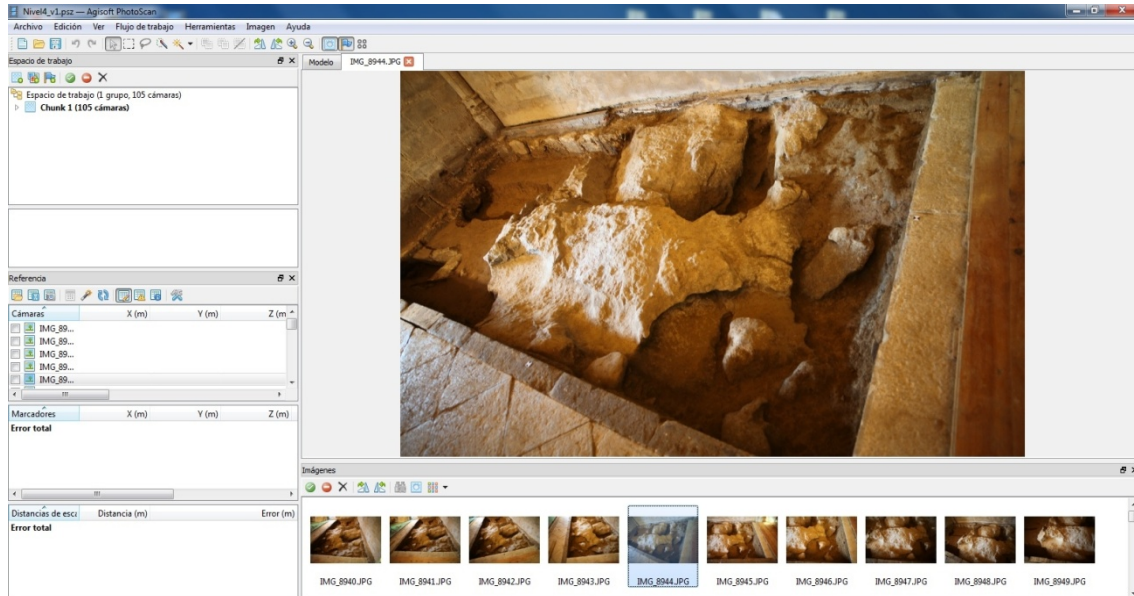


Fig. 21.- Programa de procesamiento de las series de fotografías para la obtención del modelo tridimensional.

El programa extrae de forma automática puntos destacados en cada una de las imágenes e intenta emparejarlos con los identificados en las demás. A continuación procede a realizar un cálculo simultáneo de la posición de las cámaras y de las coordenadas de los puntos identificados (en un sistema relativo).

La siguiente captura de pantalla muestra el resultado del proceso anterior, tras el cual se conoce la posición de las cámaras (cuadriláteros azules) y de los puntos comunes que han sido identificados en varias fotografías.

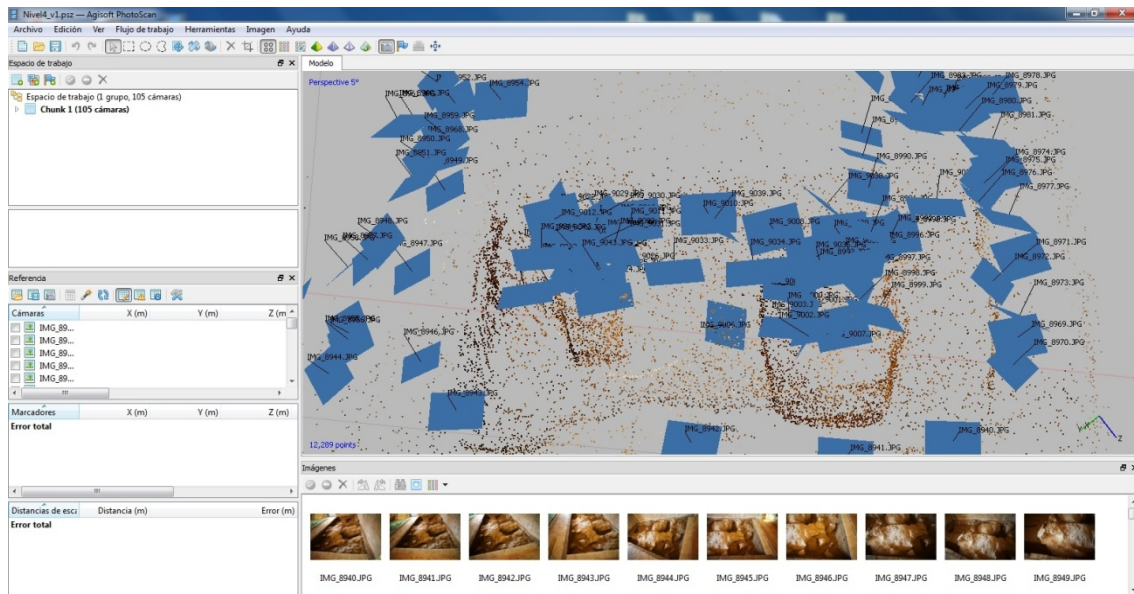


Fig. 22.- Orientación relativa de las fotografías y obtención de la nube de puntos dispersa.

A partir de esta información de base se procede a densificar la nube de puntos. Este paso se realiza igualmente por correlación entre las imágenes, es decir, identificando la correspondencia en otras imágenes de un punto determinado de una de ellas.

A continuación se procede a referir el modelo al sistema de coordenadas del proyecto, para ello se identifican en dicho modelo los puntos de apoyo (dianas de 3x3 cm) y se indican cuáles son sus coordenadas. El apoyo puede identificarse tanto directamente en el modelo 3D como en las fotografías. En la siguiente imagen, los puntos de apoyo aparecen señalados sobre el modelo 3D con una bandera azul, en el segundo recuadro empezando por abajo del panel de la izquierda se presentan sus correspondientes coordenadas.

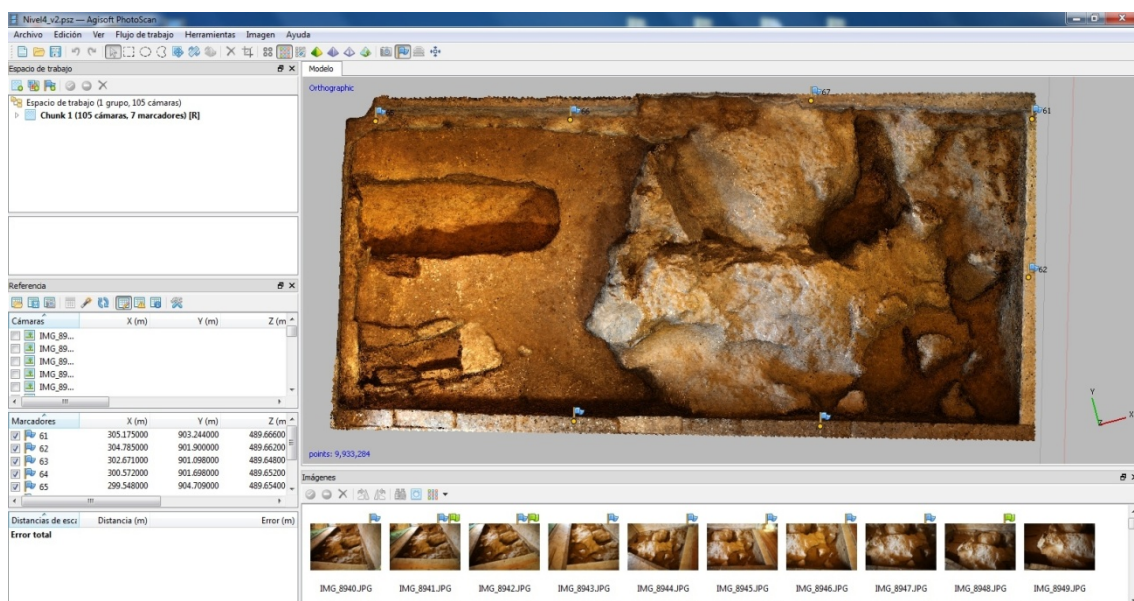


Fig. 23.- Modelo (nube de puntos densa) referido al sistema de coordenadas del proyecto.

El modelo de nube de puntos se puede utilizar para la visualización pero se suele preferir convertirlo en un modelo de mallas, para ello, se procede en primer lugar a calcular el mallado y, en un segundo paso, a aplicar las texturas fotográficas sobre las mallas generadas. Al realizar el mallado se puede indicar la densidad de mallas que se desea de forma que se puede ajustar el tamaño y la resolución del modelo a las necesidades del trabajo.

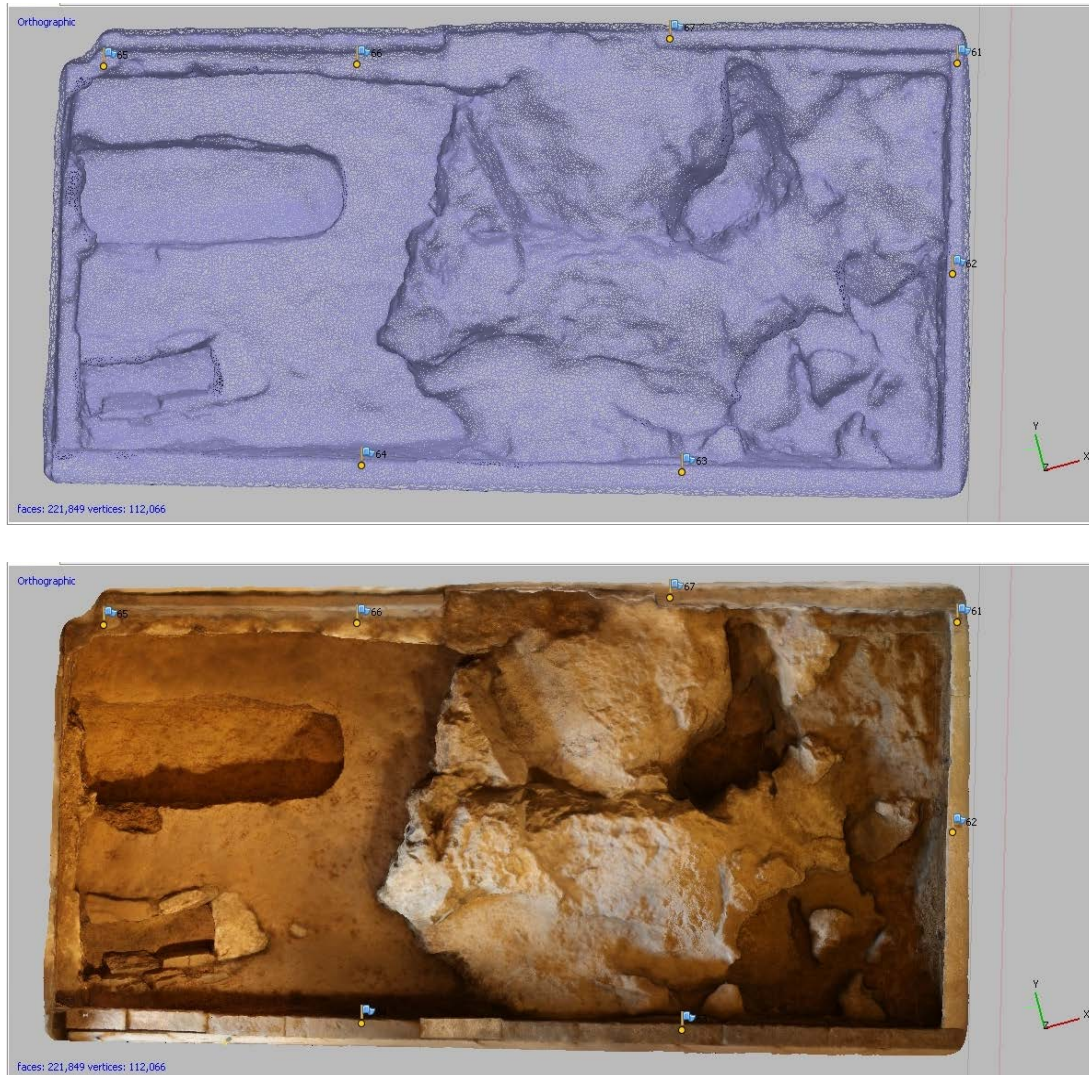


Fig. 24.- Modelo mallado, la imagen superior presenta las mallas sombreadas mientras que la imagen inferior muestra las texturas proyectadas desde las fotografías.

Con el fin de permitir la visualización de estos modelos en múltiples sistemas, en el CD que acompaña la presente memoria se presentan versiones en tres formatos diferentes:

- VRML (*Virtual Reality Modeling Language* – Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual). Es un formato normalizado que se corresponde con la norma ISO/IEC DIS 14772-1, se trata de un formato clásico de fácil lectura que cuenta con una trayectoria de unos 20 años. A pesar de su longevidad sigue siendo ampliamente reconocido y de gran utilidad como formato de intercambio, asimismo, este tipo de ficheros pueden visualizarse directamente en un navegador de Internet si se dispone del correspondiente visor<sup>4</sup>.
- PLY (*Poligon File Format*): también se trata de un formato de amplia difusión para el intercambio de información tridimensional (en principio, se diseñó para almacenar datos procedentes de escáneres 3D). Existe la posibilidad de generar ficheros binarios o de texto, en nuestro caso se ha preferido la segunda opción ya que son más fáciles de leer.
- PDF-3D: los ficheros PDF permiten incorporar información tridimensional. El propio visor de Adobe proporciona varias herramientas con las cuales es posible visualizar el modelo de forma interactiva y realizar algunas operaciones como medidas o secciones.

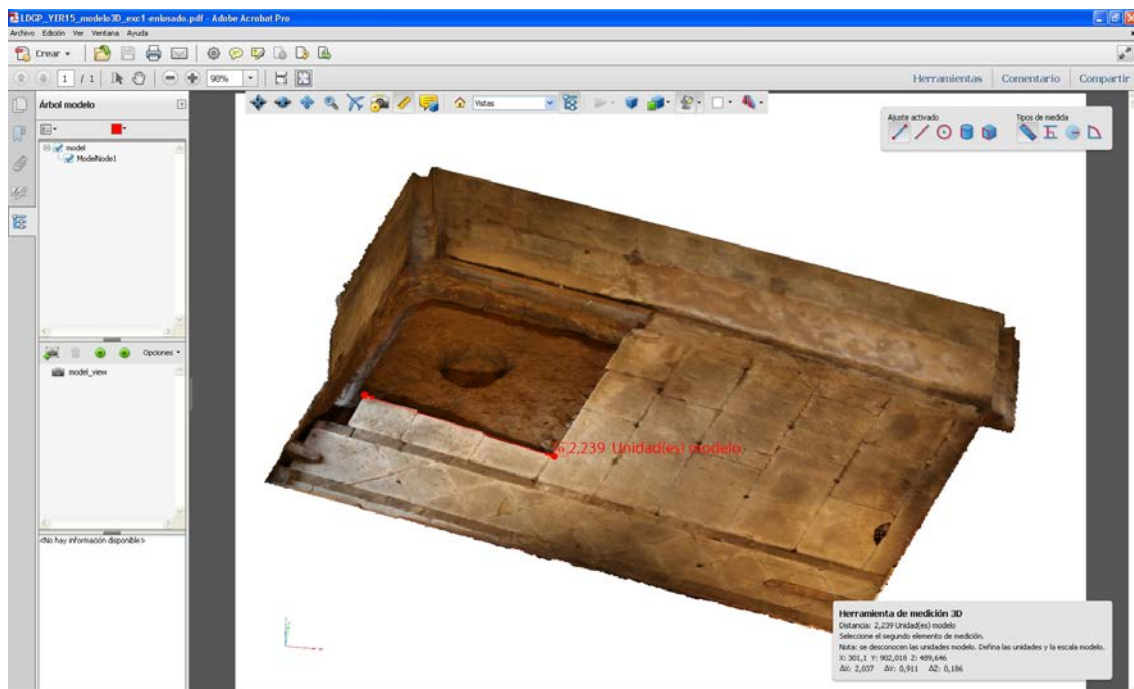


Fig. 25.- Toma de una medida sobre el modelo 3D en formato PDF utilizando el visor de Adobe Acrobat®.

<sup>4</sup> Por ejemplo, el Cortona 3D viewer (<http://www.cortona3d.com/cortona3d-viewers>).

Este mismo proceso se ha llevado a cabo para la obtención del modelo 3D de la talla medieval de la virgen.

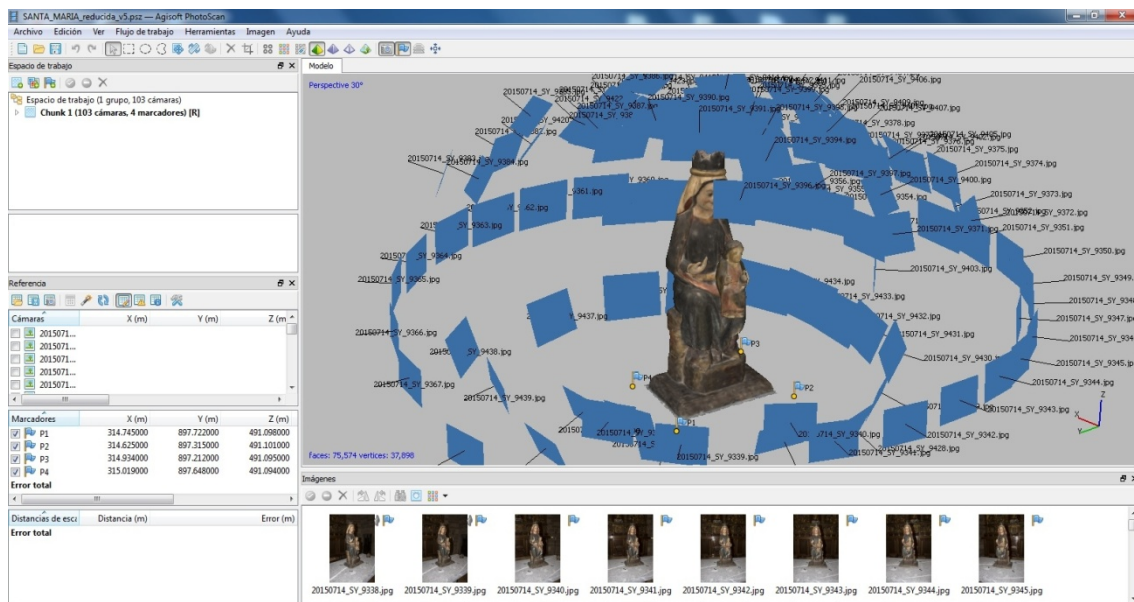


Fig. 26.- Modelo tridimensional mallado de la talla, representado conjuntamente con la distribución de las fotografías utilizadas para su generación.

Con el objeto de permitir diferentes tipos de usos, se ha procedido a generar dos versiones de este modelo con diferentes resoluciones: una de detalle ( $\approx 2$  millones de caras) y otra simplificada ( $\approx 75$  mil caras).

	Modelo de 75.000 mallas	Modelo de 2.000.000 de caras
Vista de los límites de las superficies que componen la malla		
Vista del modelo con textura fotográfica		

Fig. 27.- Comparativa de los modelos simplificado y de detalle de la talla medieval.

#### 4.3.5.- Productos derivados del modelo 3D

Uno de los productos más destacados de los modelos 3D son las ortoimágenes que se obtienen de cada nivel modelado de la excavación. Estas imágenes se generan en el mismo software de modelado 3D indicando el punto de vista (en este caso será desde arriba) y la resolución de la imagen de salida. En este trabajo se ha elegido una resolución de salida de 3 mm.



Fig. 28.- Ortoimagen de la fase inferior (camino) del sondeo exterior.

Por otro lado, al estar todos los modelos orientados en el sistema de coordenadas del proyecto, pueden visualizarse conjuntamente de forma que se puede ver la relación entre los diferentes niveles de la excavación. La siguiente secuencia de imágenes, por ejemplo, muestra la transición entre dos niveles de la excavación del sondeo interior.

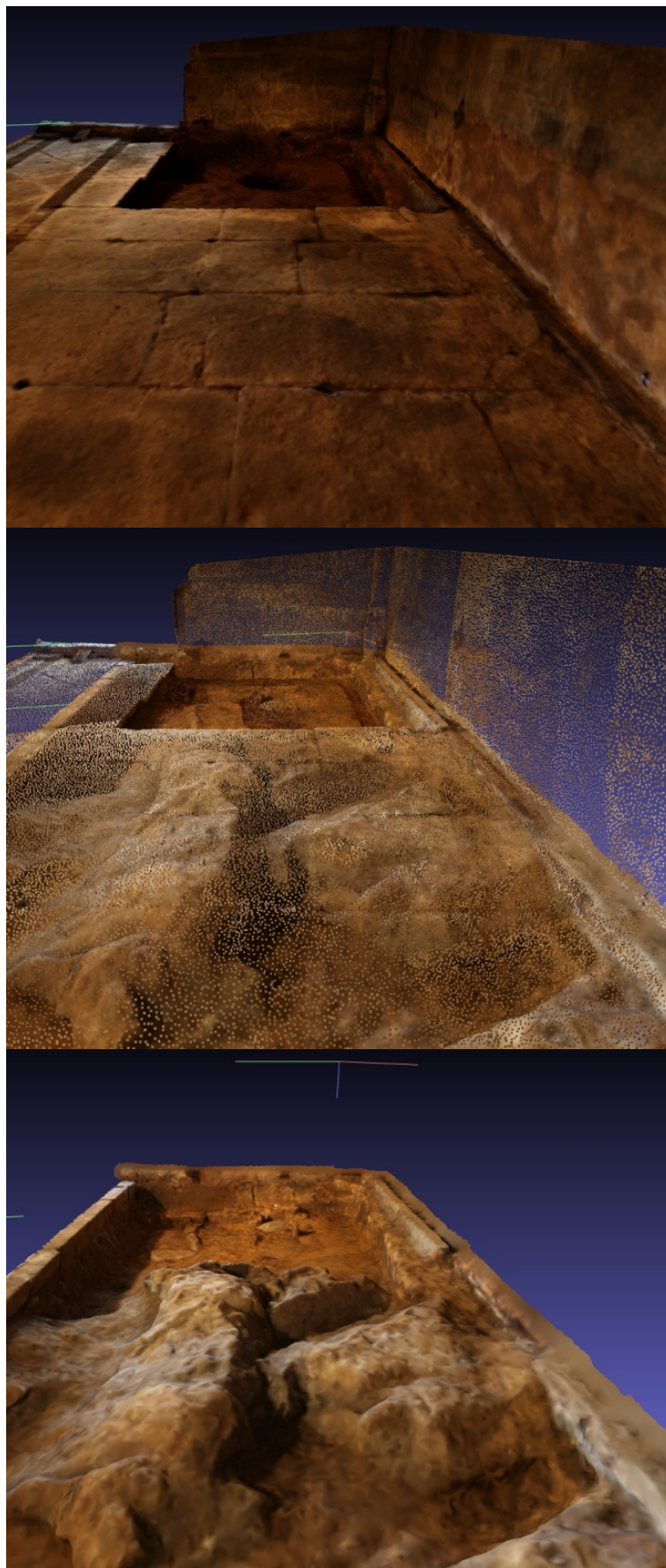


Fig. 29.- Transición entre dos niveles consecutivos del sondeo interior.



#### 4.3.6.- Modelo CAD de la excavación y planos

Las ortoimágenes pueden visualizarse en programas CAD conjuntamente con los elementos vectoriales identificados en campo y que se han documentado mediante estación total, tanto los correspondientes al mismo momento como los relativos a momentos diferentes. En el primer caso (mismo momento) se consigue que las líneas se representen sobre la imagen de manera que la línea identifica y resalta las UE mientras que la imagen permite una descripción detallada.

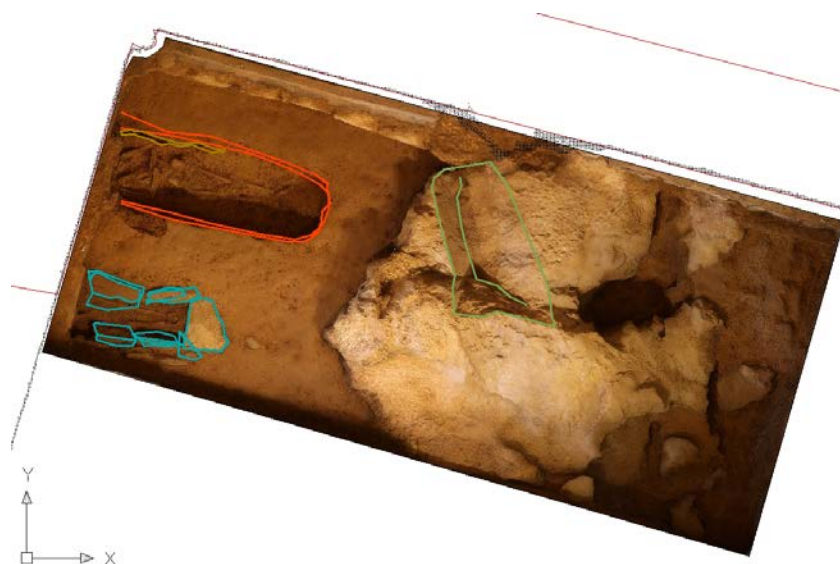


Fig. 30.- Unidades Estratigráficas documentadas vectorialmente que aparecen representadas sobre la ortofotografía que corresponde a su mismo nivel.

Por otro lado, representar la ortoimagen junto a las líneas de unidades anteriores o posteriores permite poner en relación elementos de diferentes momentos de la excavación.

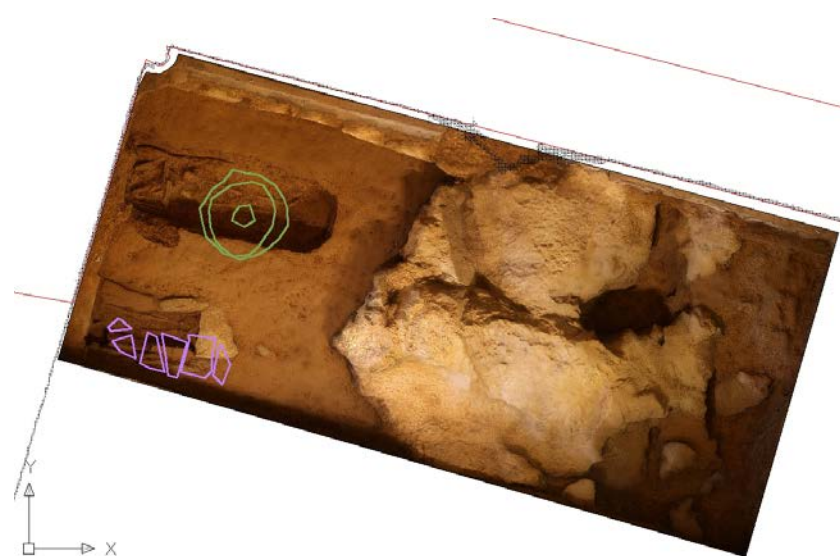


Fig. 31.- Unidades Estratigráficas documentadas vectorialmente que aparecen representadas sobre una ortofotografía que corresponde a un nivel inferior.

La información del fichero aparece organizada en las siguientes capas:

00_Cajetin	
00_Ventanasgráficas	
1_Apoyo_ent-3	2_UE0031
1_Apoyo_ent-UE35	2_UE0032
1_Apoyo_exc-int-nivel1-26junio	2_UE0033
1_Apoyo_exc-int-nivel2_2julio	2_UE0035
1_Apoyo_exc-int-nivel3_14julio	2_UE0037
1_Apoyo_exc-int-nivel4_14julio	2_UE0038
1_Apoyo_modelo-altar	2_UE0040
1_Apoyo_modelos-virgenynino	2_UE0041
1_Apoyo_sondeoexterior_14julio	2_UE0042
1_Apoyo_sondeoexterior_7julio	2_UE0044-ent
1_BasesUTM	2_UE0045
1_DianasReferencia	2_UE0048
1_RedTopografica	2_UE0049
1_ReferenciasArqueologia	2_UE0050-ent
2_Camino	2_UE0051
2_Enlosado	2_UE0101
2_plantaredibujada	2_UE0102
2_plantaredibujada-sombreado	2_UE0103
2_SondeoExterior	2_UE0106
2_SondeoInterior	2_UE0107
2_UE0002	2_UE0109
2_UE0003	2_UE0111
2_UE0004	4_plantaiglesia
2_UE0006	5_orto_exc1-enlosado
2_UE0007	5_orto_exc2-nivel2
2_UE0008	5_orto_exc3-nivel3
2_UE0010	5_orto_exc4-nivel4
2_UE0011	5_orto_sondeo1-suelo
2_UE0014	5_orto_sondeo2-camino

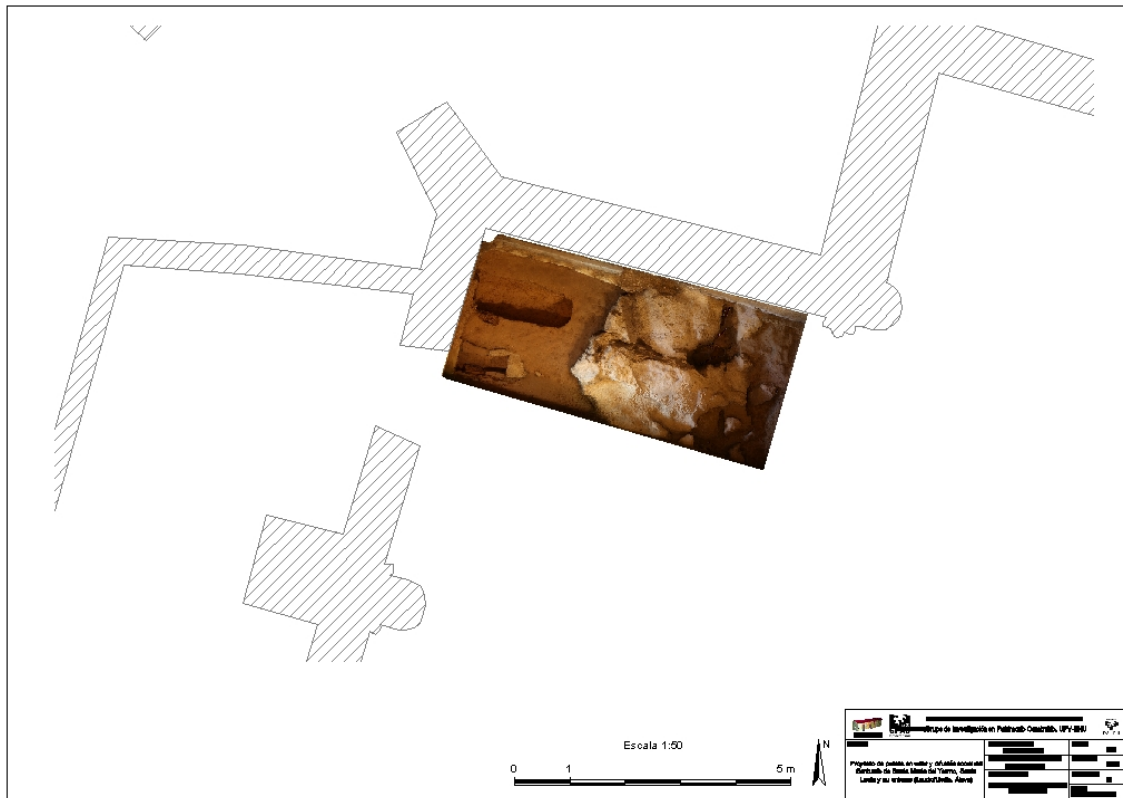
Fig. 32.- Lista de capas del fichero CAD.

Como puede comprobarse, el nombre de cada capa comienza por un código numérico, cuyo significado es:

- “00\_” → capas del espacio papel: dibujo del cajetín y ventanas gráficas.
- “1\_” → elementos puntuales: dianas utilizadas para el apoyo fotogramétrico (separadas por conjunto de fotografías), bases y dianas de referencia.
- “2\_” → elementos lineales: límite de los sondeos, planta de la iglesia redibujada, unidades estratigráficas...
- “4\_” → planta georreferenciada de la iglesia (trabajo de Ana Álvarez Llamas).
- “5\_” → ortoimágenes de las diferentes etapas de excavación en ambos sondeos.

En el CD que acompaña la presente memoria se incluye el fichero CAD en formato DWG -que es el propio del software AutoCAD- y en el formato DXF de intercambio, ambos en versión 2000. La descripción de este último formato se presenta igualmente en la carpeta “Util” del mencionado CD.

Por lo que respecta a la colección de planos que se han preparado como salidas gráficas, se decidió realizar uno por cada ortoimagen producida. Estos planos se presentan tanto incluidos en el modelo CAD como en ficheros PDF independientes.



#### 4.3.7.- Realidad Aumentada

Dado que el proyecto se orienta a la difusión del Santuario, se ha considerado interesante explorar la utilización de la Realidad Aumentada con vistas a la obtención de productos de gran atractivo y posibilidades de interacción con el público.

Como ejemplo, se ha realizado una aplicación para dispositivos Android que permite visualizar en 3D la talla de la Virgen con el niño a la que se ha hecho alusión anteriormente. En su ubicación habitual, esta talla no puede ser observada completamente ya que se encuentra situada en un lugar prominente de uno de los retablos laterales de la iglesia.



Fig. 34.- Talla medieval de la Virgen con el niño, en la hornacina central de un retablo en una de las capillas de la iglesia de Santa María.

La aplicación generada permite visualizar el modelo tridimensional con textura fotográfica de la talla a través de un dispositivo móvil (teléfono o tableta). El modelo se presenta en la pantalla de dicho dispositivo cuando se apunta con la cámara a un marcador previamente determinado. Para este ejemplo, se decidió utilizar como marcador un plano que presentase varias vistas de la propia talla, de esta manera, un usuario que disponga de la aplicación de Realidad Aumentada puede estudiar el plano de manera convencional e incorporar la experiencia de la visualización en tres dimensiones.



Fig. 35.- Plano que presenta la talla de la Virgen desde cuatro posiciones.

La aplicación se generó utilizando las herramientas de Realidad Aumentada *Qualcomm Vuforia*<sup>®</sup> en el entorno de trabajo *Unity 3D*<sup>®</sup>, en la cual se juntan los diferentes componentes que intervienen: modelo 3D, marcador, cámara y fuente de iluminación. En el CD adjunto se puede encontrar tanto la plantilla-marcador como el modelo de Realidad Aumentada.

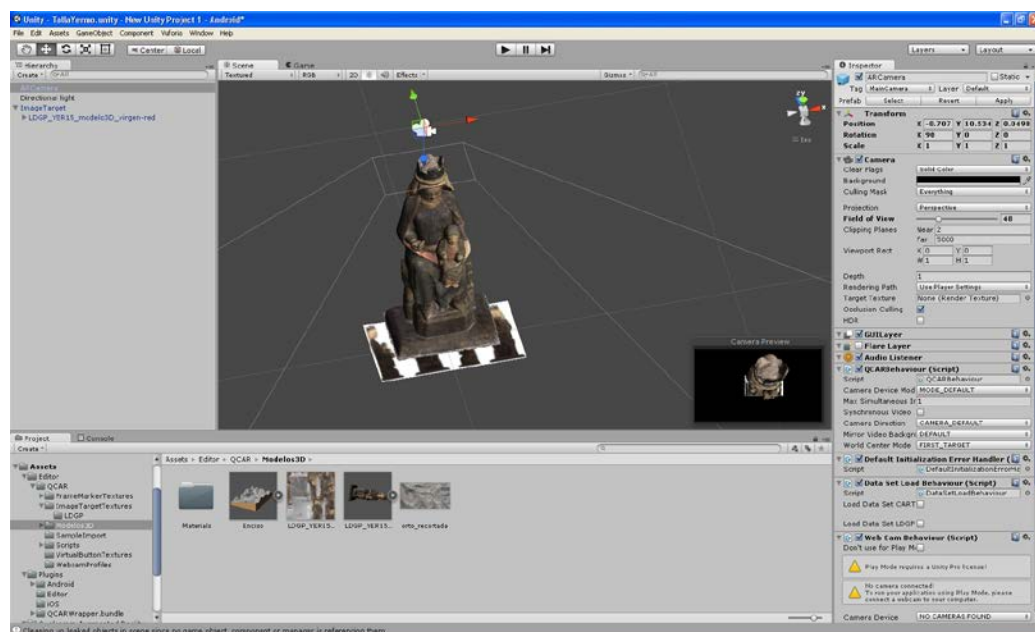


Fig. 36.- Montaje de los elementos que intervienen en la aplicación de Realidad Aumentada: cámara, fuente de iluminación, marcador y modelo 3D.

Una vez generada, la aplicación se carga en dispositivos móviles de tipo *Android*, y presenta el modelo 3D sobreimpuesto a la imagen real de manera que el usuario puede interactuar tanto desplazando el marcador como moviendo el dispositivo.



Fig. 37.- Vista a través de la cámara del teléfono móvil en la que se ve el modelo 3D sobre una hoja de papel con el marcador impreso.

## **5.- INFORMACIÓN SUMINISTRADA**

La información de partida y los resultados obtenidos en este proyecto se presentan en varios CD que acompañan a la presente memoria. La organización de los ficheros es la que se presenta en la siguiente imagen:

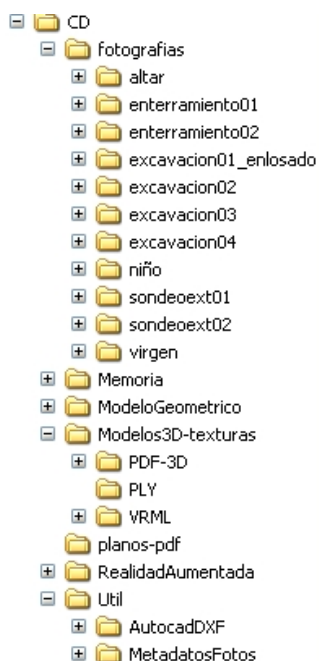


Fig. 38.- Información suministrada en este proyecto.

De forma más detallada, cada carpeta contiene:

- Fotografías: imágenes originales que se han utilizado para la generación de los modelos 3D y aquellas series que pueden utilizarse en el futuro para la obtención de nuevos modelos (como la figura del niño). Las fotografías se presentan en dos formatos: JPEG y DNG.
- Memoria: copia en formato PDF del presente documento.
- Modelo Geométrico: modelo CAD con todas las unidades estratigráficas documentadas vectorialmente y las ortofotografías. Se presenta en formatos DWG y DXF e incluye además las presentaciones que corresponden a los diferentes planos generados.
- Modelos 3D con texturas: contiene los modelos de los diferentes momentos de la excavación de los sondeos interior y exterior, así como el modelo de la talla medieval de la Virgen. Todos los modelos se presentan en formatos VRML, PLY y PDF-3D.
- Planos PDF: versión en formato PDF de los planos generados.
- Realidad Aumentada: aplicación para dispositivos Android que permite visualizar en tres dimensiones el modelo de la talla de la virgen sobre el plano generado.
- Útil: descripción de los formatos DXF y DNG, así como de los estándares de metadatos utilizados en las fotografías (Exif e IPTC).

## **ANEXOS**



## Anexo I: Instrumental empleado

Las características técnicas del receptor GPS utilizado se recogen en la siguiente tabla:

HIPER PRO	
<b>DESCRIPTION</b>	40 channel integrated GPS+ receiver/antenna with MINTER interface
<b>TRACKING SPECIFICATIONS</b>	
Tracking channels, standard	40 L1 GPS (20GPS L1+L2 on Cinderella days) *
Tracking channels, optional	20 GPS L1+L2 (GD), GPS L1 + GLONASS (GG) 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD)
Signals Tracked	GPS L1/L2, C/A and P Code & Carrier and GLONASS L1/L2 and L2C
<b>PERFORMANCE SPECIFICATIONS</b>	
Static, Rapid Static	H: 3 mm + 0.5 ppm V: 5 mm + 0.5 ppm
RTK	H: 10 mm + 1.0 ppm V: 15 mm + 1.0 ppm
Cold Start	<60 seconds
Warm Start	<10 seconds
Reacquisition	<1 second
<b>POWER SPECIFICATIONS</b>	
Battery	Internal Lithium-Ion batteries for up to 14+ hours of operation (10 hours Tx)
External power input	6 to 28 volts DC
Power consumption	Less than 4.2 watts
<b>GPS+ ANTENNA SPECIFICATIONS</b>	
GPS / GLONASS Antenna	Integrated
Ground Plane	Integrated flat ground plane
<b>RADIO SPECIFICATIONS</b>	
Radio Type	Internal Tx/Rx (selectable frequency range)
Power Output	1.0 Watt / 0.25 Watt (selectable)
Radio Antenna	Center-mount UHF Antenna
<b>WIRELESS COMMUNICATION</b>	
Communication	Bluetooth® version 1.1 comp. **†
<b>I/O</b>	
Communication Ports	2x serial (RS232)
Other I/O Signals	1pps, Event Marker
Status Indicator	4x3-color LEDs (Green, Red, Yellow), two-function keys (MINTER)
Control & Display Unit	External Field Controller
<b>MEMORY &amp; RECORDING</b>	
Internal Memory	Up to 1 GB
Update Rate	Up to 20 times per second (20Hz)
Data Type	Code and Carrier from L1 and L2, GPS and GLONASS and L2C GLONASS
<b>DATA OUTPUT</b>	
Real time data outputs	RTCM SC104 version 2.1, 2.2, 2.3, CMR, CMR+
ASCII Output	NMEA 0183 version 3.0
Other Outputs	TPS format
Output Rate	Up to 20 times per second (20Hz)
<b>ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS</b>	
Enclosure	Aluminum extrusion, waterproof
Operating	Temperature -30°C to 55°C
Dimensions	W:159 x H:172 x D:88 mm
Weight	1.65 kg

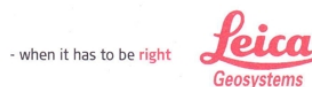
Specifications are subject to change without notice. Performance specifications assume a minimum of 6 GPS or 7 GPS/GLONASS satellites above 15 degrees in elevation and adherence to procedures recommended by TPS in the appropriate manuals. In areas of high multipath, during periods of high PDOP and during periods of high ionospheric activity performance may be degraded. Robust checking procedures are highly recommended in areas of extreme multipath or under dense foliage.

\* Cinderella feature activates full receiver reception at GPS midnight every other Tuesday for 24 hours.

\*\* Bluetooth® type approvals are country specific. Please contact your Topcon representative for more information.

† The Bluetooth word mark and logos are owned by the Bluetooth SIG, Inc. and any use of such marks by Topcon Positioning Systems, Inc. is under license. Other trademarks and trade names are those of their respective owners.

A continuación se presenta el certificado de calibración de la estación total utilizada:



Leica Geosystems, s.l.  
Nicaragua, 46  
08029 Barcelona  
Teléfono (+34) 93 494 94 40  
Fax (+34) 93 494 94 42  
www.leica-geosystems.com

## Certificado de Verificación y Control

Emitido por laboratorio de Leica Geosystems S.L.

UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO  
Dpto. Ing. Min y Met y C. Materiales  
NIEVES CANO, 12  
01006 VITORIA

Nº de Informe: 300977647  
Fecha: 20.12.2013

Instrumento: TCR1205 R300  
Nº de Serie: 213379

Nº de Cliente: 50198  
Nº de Técnico: 120003

### Identificación de patrones utilizados:

1. **Ángulos:** Colimador de ejes Wild modelo T4 nº 024 con certificado del CEM número 130164002.
2. **Distancia:** Línea base con centrado forzoso y 1 reflector a la distancia con certificado del CEM número 130164006.

### Incertidumbre asociada a los patrones e instrumento objeto:

La incertidumbre asociada con el patrón e instrumento al que hace referencia este certificado está calculada para un factor de cobertura  $K=2$ , aproximadamente equivalente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre se ha determinado conforme al documento EAL-R2.

### Procedimientos utilizados:

3. **Verificación patrones:** Procedimiento descrito en documentación interna de Leica Geosystems S.L., P.C.P LG 05-11.
4. **Verificación instrumento:** Procedimientos descritos en documentación interna de Leica Geosystems S.L., P.V.TPS LG 05-11, P.A. TPS LG 05-11.

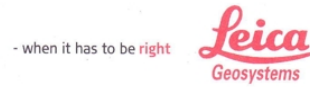
### Condiciones ambientales:

Temperatura durante la revisión  $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .  
Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

### Cálculo de resultados:

Los resultados aquí obtenidos pueden resultar por debajo de las precisiones marcadas en las características técnicas dadas por el fabricante debido a las condiciones ideales en las que se realizan las mediciones. Los valores de salida en los resultados se marcarán en el valor de la tolerancia.





**Resultados:**

	Entrada	Tolerancia	Salida	Incertidumbre
Desviación Hz (Gon)	0.0015	0.0015	0.0015	0.0009
Desviación V (Gon)	0.0015	0.0015	0.0015	0.0010
Desviación distancia (mm)				
Distanciómetro infrarrojo	2	2 mm + 2 ppm	2	1.5
Distanciómetro láser	3	3 mm + 2 ppm	3	2

**Error de entrada angular (Gon):**

	M1
Desviación Hz	0.0015
Desviación V	0.0015

**Error de entrada distancimetría (mm):**

	M1
Desviación D1	2

**Error de salida angular (Gon):**

	M1	M2	M3	M4	M5
Desviación Hz	0.0009	0.0009	0.0009	0.0010	0.0009
Desviación V	0.0010	0.0010	0.0010	0.0009	0.0010

**Error de salida distancimetría (mm):**

	M1	M2	M3	M4	M5
Desviación D1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

**Notas:**

Terminología de siglas:  
 V: valor ángulo vertical.  
 Hz: valor ángulo horizontal.  
 D1: distancia 1 conocida y certificada por el CEM.  
 Mx: número de medida realizada.

Los certificados de calibración de nuestros patrones pueden ser descargados en:  
[http://www.leica-geosystems.es/es/Servicio-Tecnico\\_52995.htm](http://www.leica-geosystems.es/es/Servicio-Tecnico_52995.htm)

No se permite la reproducción total o parcial de este informe sin la aprobación por escrito de Leica Geosystems, S.L.

Leica Geosystems, S.L.  
  
 Javier Carbonero  
 Jefe de Servicio Técnico

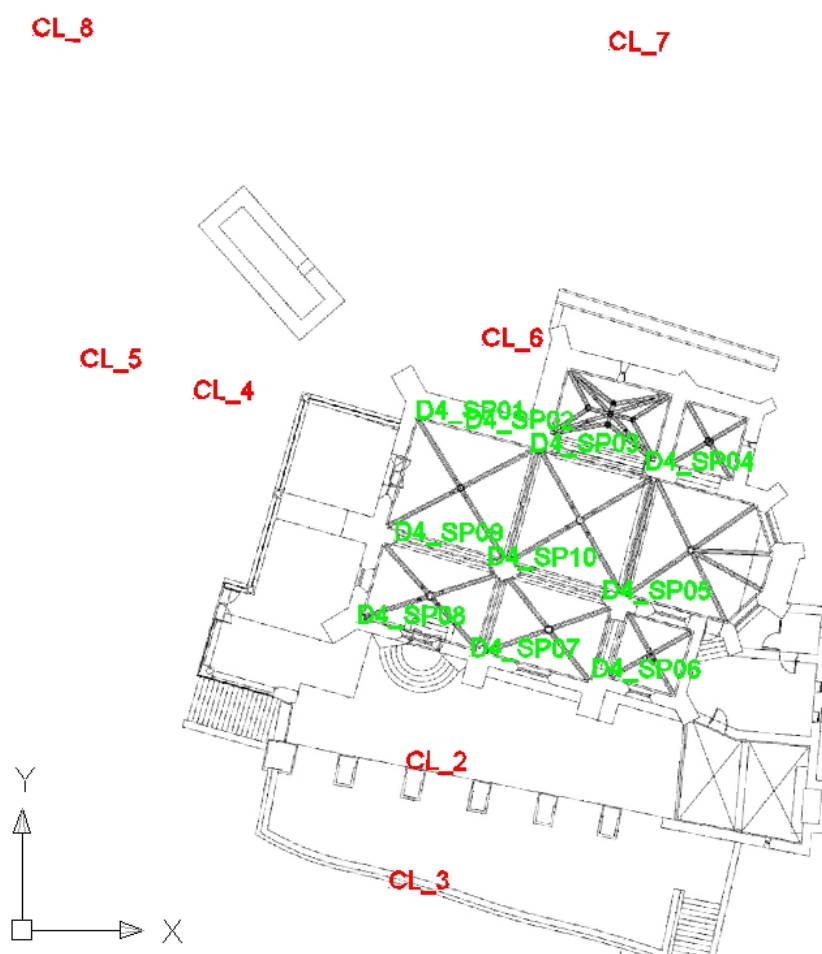
Sociedad Unipersonal inscrita en el registro Mercantil de Euzkadi, Tomo 28.906, Folio 107, Hoja B-165065, inscripción 1-C.I.F. B-1036497



## **Anexo II: Reseñas de la red topográfica**

La red de referencia está compuesta por dos tipos de señales: en primer lugar, estaciones sobre el terreno materializadas mediante clavos, bien directamente sobre roca o en estacas de madera y dianas plastificadas, en segundo lugar, en el interior de la iglesia se han distribuido diez dianas de material plástico de 4x4 cm que se sitúan sobre las paredes.

El siguiente croquis muestra la distribución de todos estos puntos. En rojo las estaciones y en verde las dianas.



Como se ha indicado en la memoria, de todos estos puntos se dispone de coordenadas UTM-ETRS89 en el huso 30 siendo las alturas (coordenada Z) referidas al nivel del mar (es decir: «ortométricas»).

La geometría relativa de esta red tiene una precisión cercana al centímetro que viene garantizada por el instrumental de campo utilizado (estación total cuyas características se incluyen en el Anexo I) y la metodología de toma de datos empleada. Estas precisiones han sido contrastadas en campo con la realización de comprobaciones entre bases.



Para la obtención de las coordenadas absolutas se dispuso de los valores observados con GNSS en los puntos CL-3, CL-4 y CL-5. La precisión de este posicionamiento absoluto es del orden de 2-3 cm.

Para referir las coordenadas obtenidas con estación total al sistema absoluto se ha procedido a realizar un desplazamiento y un giro (respecto al eje Z) pero no se ha aplicado el factor de escala de la proyección ni el correspondiente a la reducción en altura, de esta manera se garantiza que las medidas realizadas sobre el modelo correspondan a las reales en campo si bien se incrementa ligeramente el error en posicionamiento los puntos.

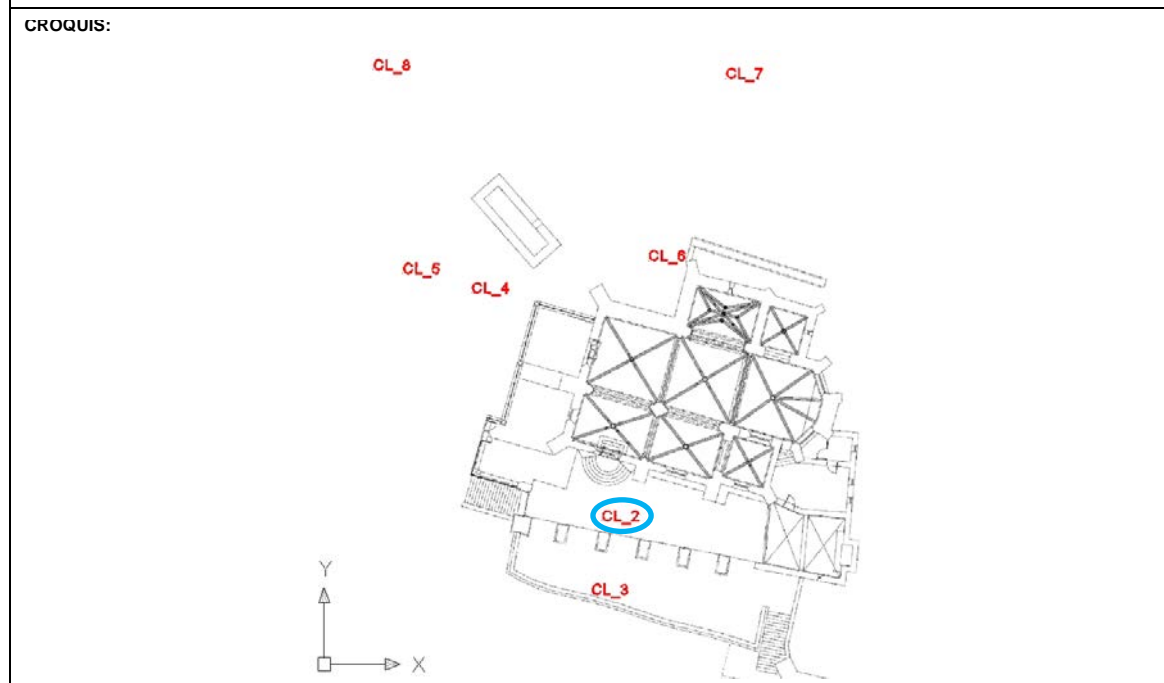
Las coordenadas de las dianas se presentan en la siguiente tabla.



Punto	X	Y	Z
D4_SP01	502299,470	4779904,829	491,770
D4_SP02	502302,125	4779904,304	491,377
D4_SP03	502305,706	4779903,036	491,652
D4_SP04	502311,923	4779902,048	491,235
D4_SP05	502309,590	4779895,016	491,175
D4_SP06	502309,025	4779890,738	491,987
D4_SP07	502302,417	4779891,860	491,180
D4_SP08	502296,243	4779893,659	491,900
D4_SP09	502298,285	4779898,188	492,072
D4_SP10	502303,354	4779896,841	491,166

En las páginas siguientes se presentan las reseñas y coordenadas de las estaciones.

 <p>www.ldgp.es</p>	<p><b>Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)</b></p>	
--	--	---

FECHA: 23/06/2015	ESTACIÓN: <b>CL_2</b>	MUNICIPIO: Laudio/Llodio (Álava)	
RESEÑA LITERAL:  Clavo de acero con cruz grabada en su cabeza. Sobre una de las losas del empedrado frente a la puerta de acceso desde el sur.		COORDENADAS: UTM 30 – ETRS89	ANAMORFOSIS: 0,9996001
		X = 502298,954	
		Y = 4779885,709	
		Z (nivel del mar) = 488,049	



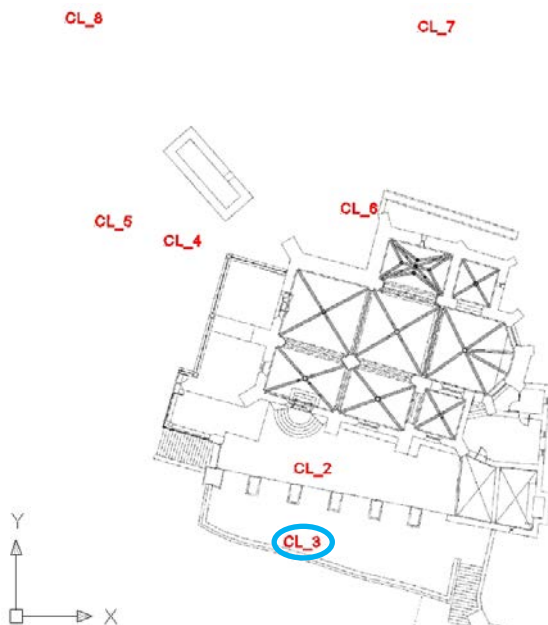
	<b>Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)</b>	
---	---	---



FECHA: 23/06/2015	ESTACIÓN: <b>CL_3</b>	MUNICIPIO: Laudio/Llodio (Álava)	
<b>RESEÑA LITERAL:</b>  Clavo de acero con cruz grabada en su cabeza. Situado en una base de piedra junto al muro exterior que rodea al pórtico sur.		<b>COORDENADAS:</b> UTM 30 – ETRS89	<b>ANAMORFOSIS:</b> 0,9996001
		X = 502298,016	
		Y = 4779879,188	
		Z (nivel del mar) = 487,975	

**FOTOGRAFÍAS (general y detalle):**

	
--	---

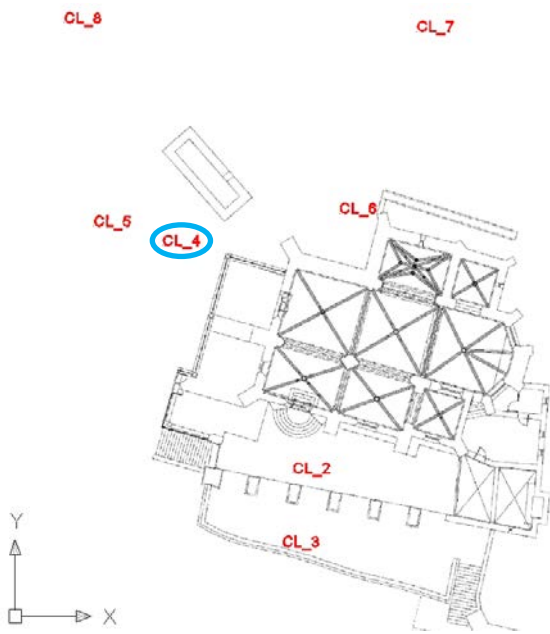
**CROQUIS:**





	<b>Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)</b>	
---	---	---

FECHA: 23/06/2015	ESTACIÓN: <b>CL_4</b>	MUNICIPIO: Laudio/Llodio (Álava)	
<b>RESEÑA LITERAL:</b>  Clavo de acero con cruz grabada en su cabeza. Situado en una estaca de madera situada a unos 5 metros al exterior del muro del pórtico oeste, frente a la puerta de acceso a la iglesia.		<b>COORDENADAS:</b> UTM 30 – ETRS89	<b>ANAMORFOSIS:</b> 0,9996001
		X = 502287,370	
		Y = 4779905,914	
		Z (nivel del mar) = 489,475	

<b>FOTOGRAFIAS (general y detalle):</b> 
--

<b>CROQUIS:</b> 
---



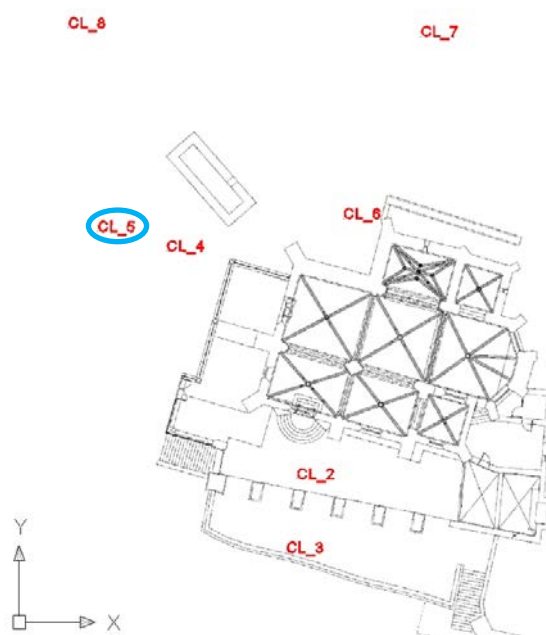
 <p>www.ldgp.es</p>	<p><b>Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)</b></p>	 <p>GPAC GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PATRIMONIO CONSTRUIDO</p>
--	--	---



FECHA: 23/06/2015	ESTACIÓN: <b>CL_5</b>	MUNICIPIO: Laudio/Llodio (Álava)	
<p><b>RESEÑA LITERAL:</b></p> <p>Clavo de acero con cruz grabada en su cabeza. Situado en una estaca de madera situada a unos 10 metros al exterior del muro del pórtico oeste, frente a la puerta de acceso a la iglesia.</p>		<p><b>COORDENADAS:</b> UTM 30 – ETRS89</p>	<p><b>ANAMORFOSIS:</b> 0,9996001</p>
		X = 502281,247	
		Y = 4779907,628	
		Z (nivel del mar) = 489,084	

**FOTOGRAFIAS (general y detalle):**



**CROQUIS:**



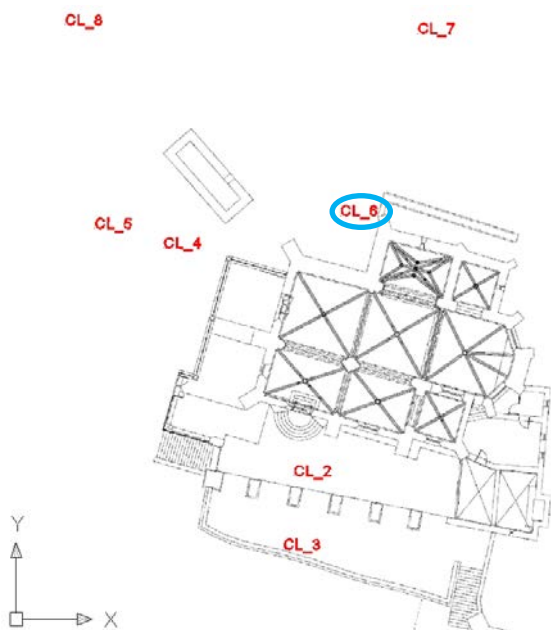
 <a href="http://www.ldgp.es">www.ldgp.es</a>	<b>Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)</b>	
---	---	---



FECHA: 23/06/2015	ESTACIÓN: <b>CL_6</b>	MUNICIPIO: Laudio/Llodio (Álava)	
RESEÑA LITERAL:  Clavo de acero con cruz grabada en su cabeza. Situado en una grieta en la explanada de piedra situada al norte de la iglesia al oeste del pórtico norte.		COORDENADAS: UTM 30 – ETRS89	ANAMORFOSIS: 0,9996001
		X = 502303,093	
		Y = 4779908,771	
		Z (nivel del mar) = 492,394	

FOTOGRAFIAS (general y detalle):

	
--	---

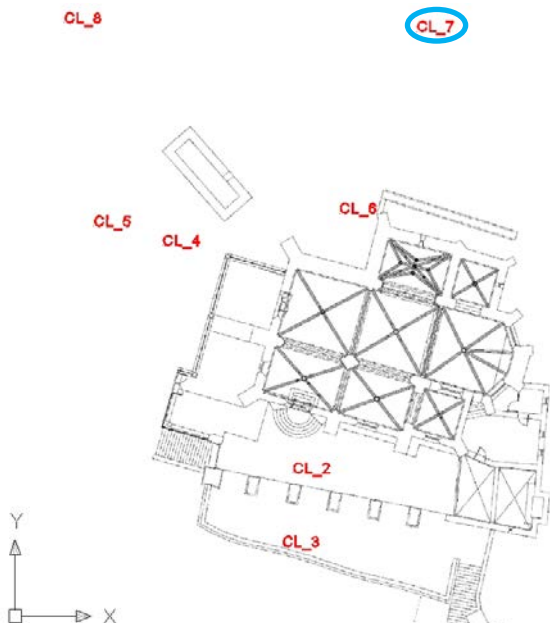
CROQUIS:





 <p>www.ldgp.es</p>	<p><b>Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)</b></p>	
--	--	---

FECHA: 23/06/2015	ESTACIÓN: <b>CL_7</b>	MUNICIPIO: Laudio/Llodio (Álava)	
<p>RESEÑA LITERAL:</p> <p>Clavo de acero con cruz grabada en su cabeza. Situado en una estaca de madera situado unos 10 metros al norte, prolongando el borde exterior oeste del pórtico norte.</p>		<p>COORDENADAS:</p> <p>UTM 30 – ETRS89</p>	<p>ANAMORFOSIS:</p> <p>0,9996001</p>
		<p>X = 502309,981</p>	
		<p>Y = 4779924,916</p>	
		<p>Z (nivel del mar) = 495,163</p>	

<p>FOTOGRAFIAS (general y detalle):</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
---

<p>CROQUIS:</p> 
--

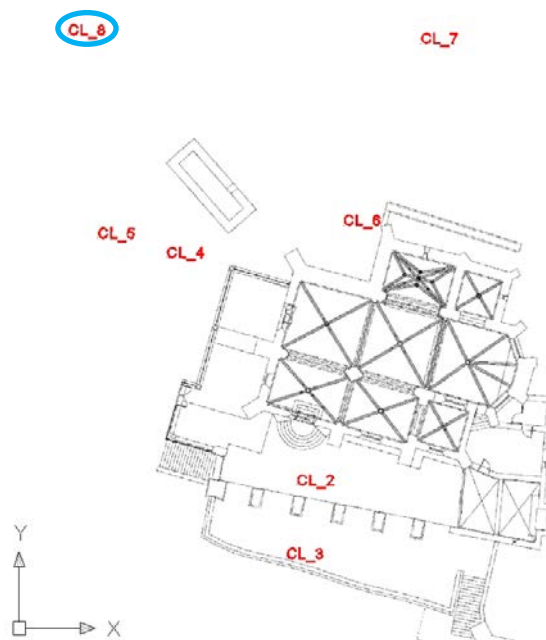
 <a href="http://www.ldgp.es">www.ldgp.es</a>	<b>Documentación geométrica para la puesta en valor y difusión social del Santuario de Santa María del Yermo (Laudio/Llodio, Álava)</b>	 GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PATRIMONIO CONSTRUÍDO
---	---	--

FECHA: 23/06/2015	ESTACIÓN: <b>CL_8</b>	MUNICIPIO: Laudio/Llodio (Álava)	
RESEÑA LITERAL:  Clavo de acero con cruz grabada en su cabeza y arandela. Situado en un afloramiento rocoso en línea con la espadaña a unos 10 metros de distancia.		COORDENADAS: UTM 30 – ETRS89	ANAMORFOSIS: 0,9996001
		X = 502303,093	
		Y = 4779908,771	
		Z (nivel del mar) = 492,394	

FOTOGRAFÍAS (general y detalle):

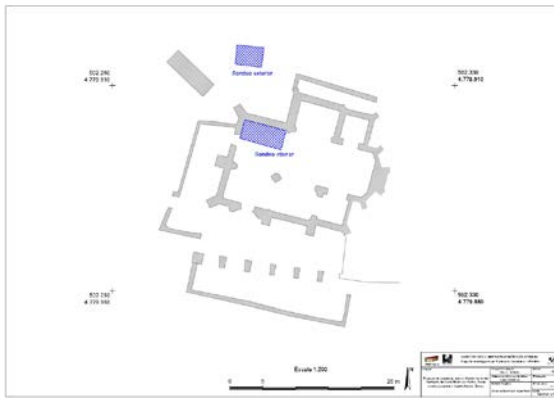


CROQUIS:



## PLANOS

**Planos**



1.- Planta general 1:200



2.- Sondeo interior, nivel 1 (escala 1:50)



3.- Sondeo interior, nivel 2 (escala 1:50)



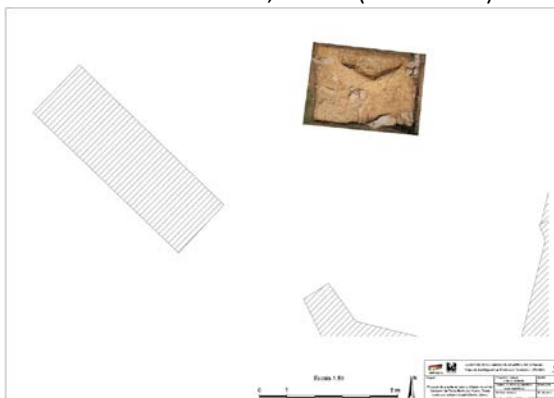
4.- Sondeo interior, nivel 3 (escala 1:50)



5.- Sondeo interior, nivel 4 (escala 1:50)



6.- Sondeo exterior, nivel 1 (escala 1:50)



7.- Sondeo exterior, nivel 2 (escala 1:50)



8.- Talla de la virgen con niño (escala 1:5)



**LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO**  
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido -GPAC- (UPV/EHU)

Aulario de las Nieves, edificio de Institutos Universitarios  
C/ Nieves Cano 33, 01006 Vitoria-Gasteiz (España-Spain).  
Tfno: +34 945 013222 / 013264  
e-mail: [ldgp@ehu.es](mailto:ldgp@ehu.es) web: <http://www.ldgp.es>

