



ARCHIVO DEL LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO

ARCHIVE OF THE LABORATORY FOR THE GEOMETRIC
DOCUMENTATION OF HERITAGE

Sección de memorias / *Reports section*

2-2

Información general / <i>General information</i>		
ELEMENTO:	SanMillan_Yuso	:ELEMENT
TITULO:	Documentación geométrica de las excavaciones arqueológicas realizadas en el Monasterio de Yuso (San Millán de la Cogolla, La Rioja)	:TITLE
FECHA:	Noviembre 2009 / <i>November 2009</i>	:DATE
NUMERO:	LDGP_mem_002-2	:NUMBER
IDIOMA:	español / <i>Spanish</i>	:LANGUAGE

Resumen	
TITULO:	Documentación geométrica de las excavaciones arqueológicas realizadas en el Monasterio de Yuso (San Millán de la Cogolla, La Rioja)
DESCRIPCION GEOMÉTRICA:	El seguimiento arqueológico se realiza sobre las capillas de la nave Norte de la iglesia más la capilla "de las reliquias", en total 9 capillas de unos 10 x 10 metros cada una. Los elementos a documentar son las unidades estratigráficas exhumadas que, en gran medida corresponden a enterramientos (fosas y los propios esqueletos).
DOCUMENTACION:	Mediante topografía clásica para las estructuras. Las inhumaciones se han digitalizado a partir de ortoimágenes que, a su vez, se obtienen con fotografías tomadas en campo por los arqueólogos rectificadas mediante cuatro puntos de control situados aproximadamente coplanares y cuyas coordenadas se obtienen por topografía. Por otro lado, se cuenta con pares de un empedrado y de un osario.
TECNICAS:	fotogrametría estereoscópica, topografía, digitalización sobre ortoimágenes
PRODUCTOS:	<ul style="list-style-type: none"> • Pares fotogramétricos (fotografías, croquis y coordenadas apoyo). • Modelo tridimensional vectorial. • Planos: alzados, plantas y perspectivas.
DESCRIPTORES NATURALES:	patrimonio, iglesia, topografía, fotogrametría, arqueología
DESCRIPTORES CONTROLADOS:	(Procedentes del Tesouro UNESCO [http://databases.unesco.org/thessp/]) Patrimonio Cultural, Reconocimiento Topográfico, Fotogrametría, Edificio Religioso, Arqueología

Abstract	
TITLE:	Geometric documentation of the archaeological excavations in the Monastery of Yuso (San Millán de la Cogolla, La Rioja, Spain)
GEOMETRIC DESCRIPTION:	Nine chapels of 10 x 10 meters square each composed the archaeological area. The documented elements were the stratigraphic unities (UE) and, specially burials documented by means of orthoimages.
DOCUMENTATION:	Clasic surveying was used for the UE. The burials were digitized over orthoimages obtained by photographs taken by the archeologist and rectified by means of 4 control points (more or less coplanar) the coordinates of which were collected by the total station. On the other hand, stereoscopic pairs were taken from a cobbled paving and a common burial of around 200 individuals.
METHODOLOGIES:	Stereoscopic photogrammetry, surveying, digitalization from orthoimages
PRODUCTS:	<ul style="list-style-type: none"> • Photogrammetric pairs (photographs, sketches and coordinates of the control points). • Tridimensional wireframe model. • Maps: elevations, plans and perspectives.
NATURAL KEYWORDS:	heritage, church, surveying, photogrammetry, archaeology
CONTROLLED KEYWORDS:	(From the UNESCO's thesaurus [http://databases.unesco.org/thesaurus/]) Cultural Heritage, Surveying, Photogrammetry, Religious Buildings, Archaeology

Localización / Placement		
ELEMENTO PATRIMONIAL:	Monasterio de Yuso (San Millán de la Cogolla)	:HERITAGE ELEMENT
MUNICIPIO:	San Millán de la Cogolla, La Rioja, España/Spain (Getty TGN: 7008595)	:MUNICIPALITY
COORDENADAS:	EPSG:4326 WGS84/LatLong 42.3261944,-2.8650583	: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”). / 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”).</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. / 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.</p>	:OTHERS

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> <p>Está prohibido desnaturalizar el sentido de la información. 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]". Debe mencionarse la fecha de la última actualización de los documentos objeto de la reutilización, siempre cuando estuviera incluida en el documento original. 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. 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."</p> <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> <p>The information must not be distorted. The original source of re-usable documents must be cited. The date of the latest update of re-usable documents must be indicated when it appears in the original document. 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. 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."</p>	:RE-USE
----------------	--	---------

Renuncia de responsabilidad / Disclaimer		
DESCARGO:	<p>El uso de la información contenida en este documento se hará bajo la completa responsabilidad del usuario.</p> <p>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>The use of the information contained in this document will be under the exclusive responsibility of the user.</p> <p>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.</p>	:DISCLAIMER

Estructura / Framework		
ID PERMANENTE:	http://hdl.handle.net/10810/7349	:PERMANENT ID
ESTRUCTURA:	<ul style="list-style-type: none"> • ldgp_mem002-2_SanMillan_Yuso.pdf: este documento / this document. • ldgp_SMI08_fot_excavacion?.jpeg: 6 fotografías de documentación / 6 pictures for documentation purposes. 	:FRAMEWORK

Cita completa recomendada / Recommended full citation		
CITA:	Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea) –LDGP-. <i>Documentación geométrica de las excavaciones arqueológicas en el Monasterio de Yuso (San Millán de la Cogolla, La Rioja)</i> .2009	:CITATION

Documentación geométrica de las excavaciones arqueológicas realizadas en el Monasterio de Yuso (San Millán de La Cogolla, La Rioja)

Vitoria, Noviembre 2009



Equipo:

José Manuel Valle Melón
Doctor, Licenciado en Geografía
Ingeniero Técnico en Topografía

Álvaro Rodríguez Miranda
Ingeniero en Geodesia y Cartografía
Ingeniero Técnico en Topografía

Pablo Pérez Vidiella

LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO



Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura (UPV-EHU)

Aulario de Las Nieves, edificio de Institutos Universitarios
Nieves Cano 33, 01006 Vitoria-Gasteiz. Tfno. 945-013222/013264
E-mail: jm.valle@ehu.es <http://www.ldgp.es>



INDICE

0.- Introducción	4
1.- Localización, emplazamiento y encuadre histórico	5
2.- Objetivos	7
3.- Esquema de procesos	8
4.- Red de señales y documentación de estructuras	9
5.- Documentación de las inhumaciones.....	10
5.1- Registro de la información geométrica.....	10
5.2- Tratamiento de los datos en gabinete.....	12
6.- Documentación fotogramétrica.....	17
7.- Establecimiento de un sistema de referencia único	19
8.- Obtención de secciones	22
9.- Documentación del empedrado en la capilla Crucero Norte	23
10.- Estructura de la información, metadatos y transcendencia de la información	26
Anexos	30
Anexo I. Certificados de Calibración.....	31
Anexo II. Listado de coordenadas de las señales de referencia	36
Anexo III. Listado de coordenadas del apoyo fotogramétrico del osario.....	38
Anexo IV. Listado de coordenadas del apoyo fotogramétrico del empedrado.....	39
Índice de Planos	40

0.- Introducción

En junio de 2008 comenzaron las excavaciones arqueológicas del subsuelo de la iglesia de la Asunción en el Monasterio de Yuso de San Millán de la Cogolla, el arqueólogo responsable de las mismas, D. Javier Garrido, solicitó al Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la UPV/EHU, un proyecto para documentar geométricamente los restos arqueológicos que fueran exhumados, fundamentalmente enterramientos. El ámbito de actuación en aquella primera fase incluía las capillas de Montserrat, Parroquial y de las Reliquias. Posteriormente el encargo se amplió al resto de las capillas de la nave noroeste de la Iglesia. Tras analizar el volumen de información prevista, los datos preexistentes y las necesidades del equipo arqueológico, tanto actuales como futuras, se elaboró un nuevo proyecto de documentación, a petición de la Fundación Caja Madrid, cuyo resultado de ejecución se plasma en la presente memoria.

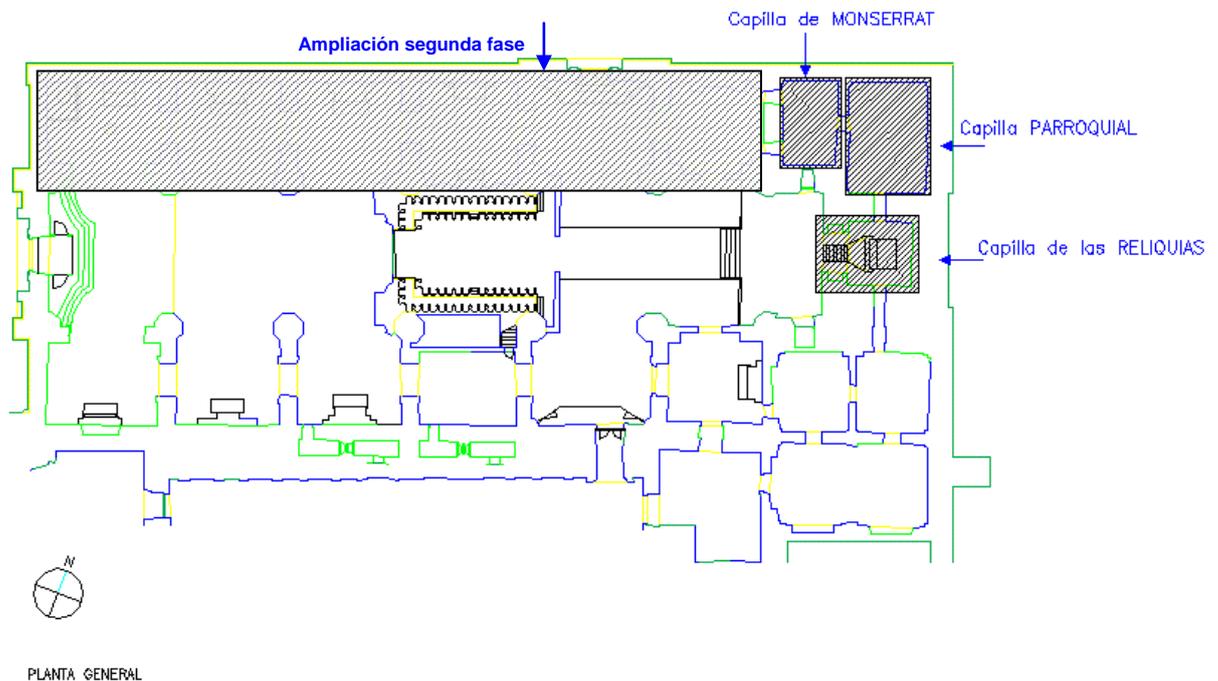


Fig. 1.- Situación de las capillas intervenidas en la planta de la Iglesia.

1.-Localización, emplazamiento y encuadre histórico:

El monasterio de Yuso de San Millán de la Cogolla, se encuentra situado en el municipio de San Millán de la Cogolla, a 43 kilómetros de Logroño, capital de la Comunidad Autónoma de La Rioja, en dirección suroeste.

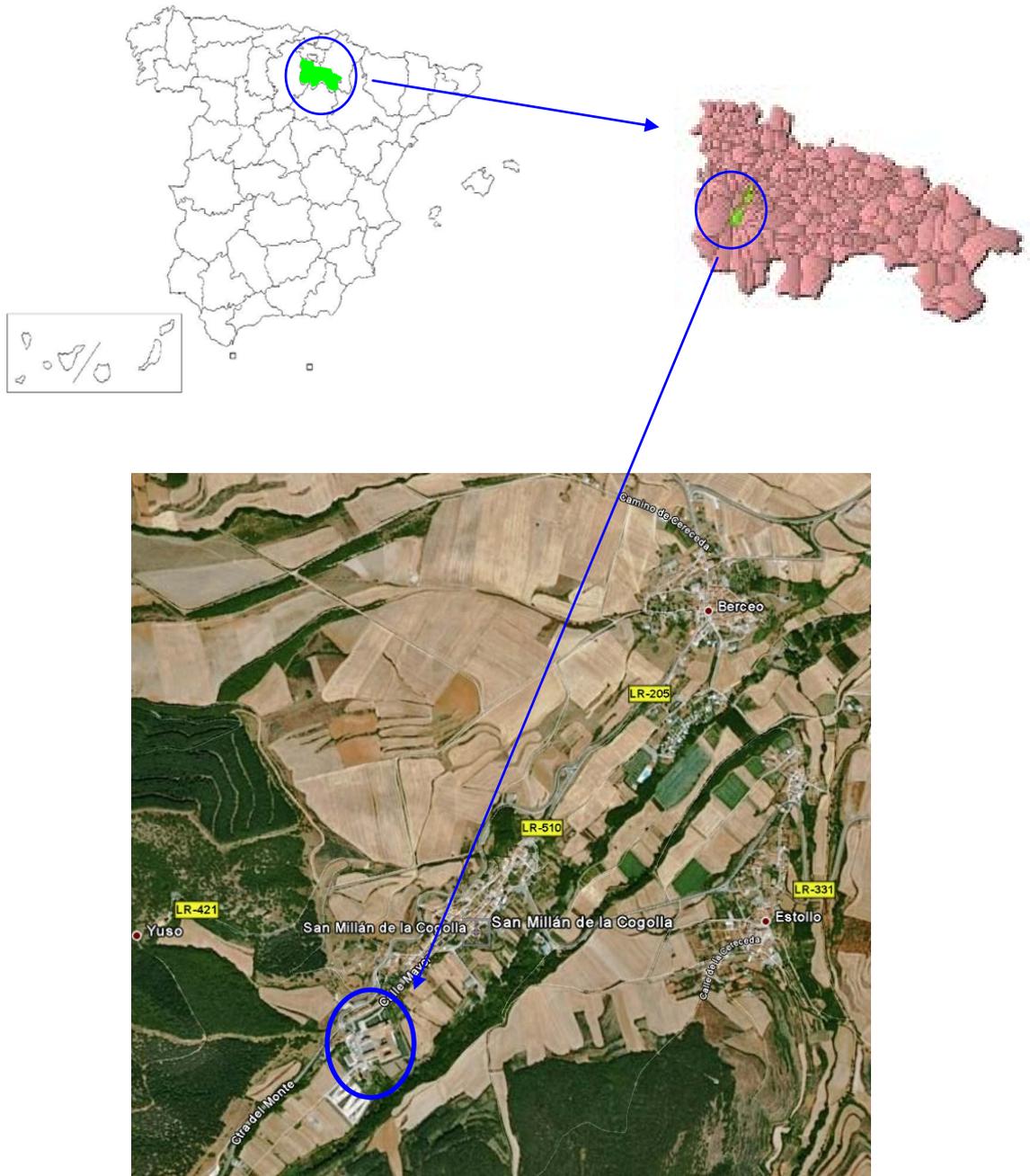


Fig. 2.- Localización de San Millán de La Cogolla en La Rioja, España y del Monasterio dentro del casco urbano de la población. (Imagen aérea obtenida de Google Earth).

“Los Monasterios de Suso y Yuso de San Millán de la Cogolla fueron declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO el 4 de diciembre de 1997, por razones históricas, artísticas, religiosas, lingüísticas y literarias. Cabe recordar que en los muros de este recinto monástico fue donde, hace más de mil años, unos monjes escribieron las primeras palabras en romance: una lengua que, evolucionada, hoy conocemos como castellano o español. En San Millán fue también donde escribió sus obras el primer poeta en lengua española conocido, Gonzalo de Berceo.”¹

“El origen de la construcción del monasterio se refleja en una leyenda que narra como el rey García, el de Nájera, ordenó el traslado de los restos de San Millán que se encontraban en Suso al monasterio de Santa María La Real de Nájera. Los bueyes que tiraban de la carreta se detuvieron en el valle como si los restos del Santo no quisiesen abandonarlo construyendo en ese lugar el actual monasterio de Yuso. Un monasterio románico de los siglos X y XI *del que en el proceso actual de excavación han aparecido restos del ábside*², sobre el que se construyó entre los siglos XVI y XVIII el actual monasterio de Yuso por los abades benedictinos. Los monjes benedictinos se trasladaron al monasterio en el siglo X. Uno de los abades más relevantes fue Domingo, natural de la población riojana de Cañas, más conocido como Santo Domingo de Silos. La portada de acceso al monasterio se realizó en 1661 y en ella aparece el relieve de San Millán “Matamoros” ya que según la tradición combatió al islam junto con Santiago en la batalla de Simancas. El zaguán se hizo poco más tarde en 1689, todo ello da acceso al Salón de los Reyes llamado así por los cuatro grandes lienzos de reyes bienhechores del monasterio. El claustro bajo se comenzó en 1549 y aunque sus bóvedas son góticas la concepción es renacentista. El superior es clasicista y contiene veinticuatro cuadros de José Vexes, cuyas escenas principales versan sobre la vida de San Millán, escrita por San Braulio, Arzobispo de Zaragoza. La sacristía es una de las más bellas de España, antigua sala capitular comenzó a usarse como tal hacia 1693. Los frescos del techo del siglo XVIII conservan sin haber sido restaurados toda la riqueza del color original. La cajonería es de madera de nogal, encima de la cual hay veinticuatro óleos sobre cobre de estilo barroco de procedencia flamenca, madrileña e italiana. La iglesia del monasterio es lo primero que se hizo de todo este conjunto. Comenzada en el año 1504, se terminó treinta y seis años después, está catalogada dentro del gótico decadente. El grandioso retablo del altar mayor contiene un lienzo de Fray Juan Ricci, de la escuela del Greco, que representa a San Millán a caballo en la batalla de Hacinas. La extraordinaria rejería de Sebastián de Medina de 1676 completa el conjunto artístico de la capilla mayor.”³

¹ <http://www.monasteriodeyuso.org/021b9198cd0b2113f/02e3099a04141411c/index.html>

² Nota de los autores, recopilada de la prensa local.

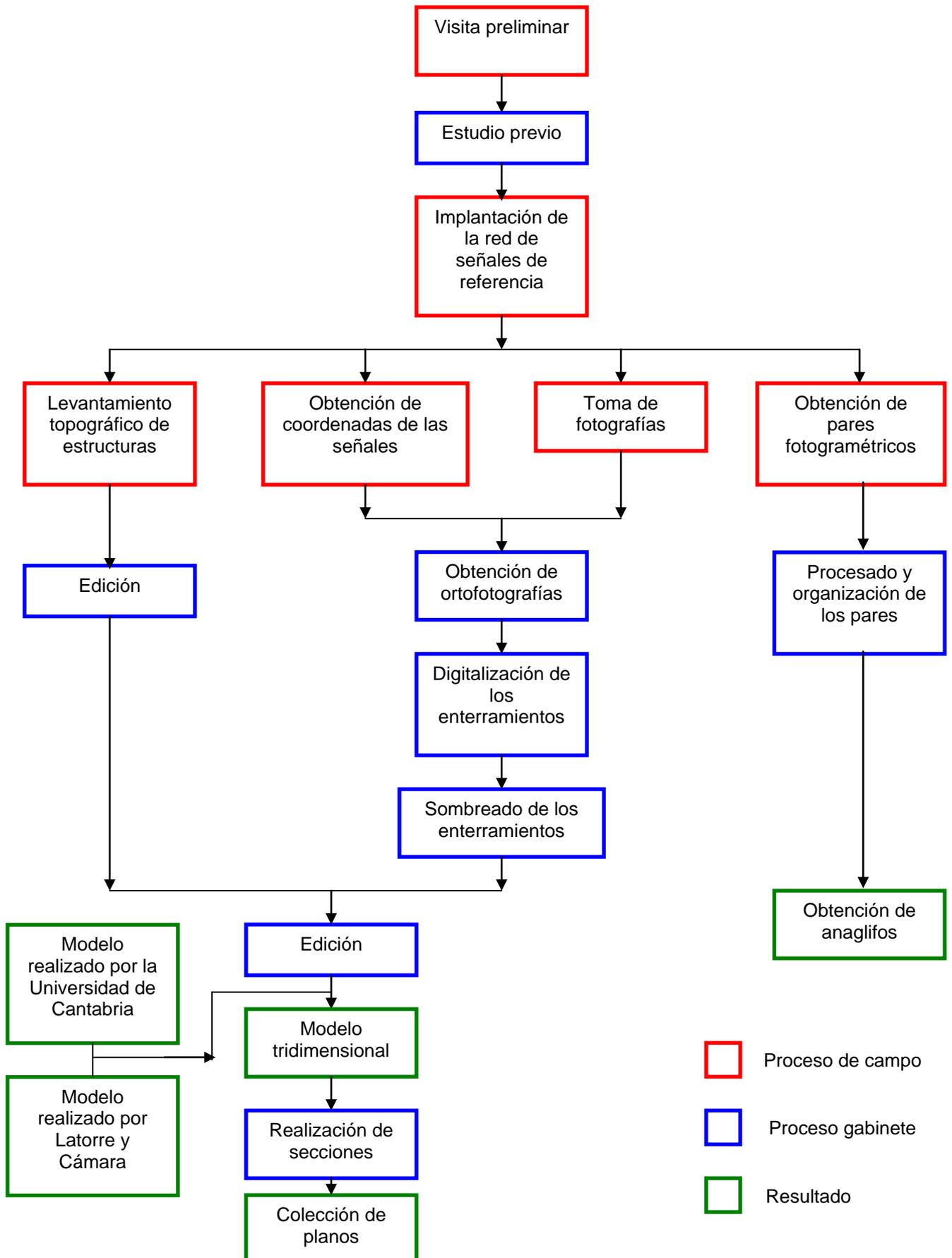
³ http://es.wikipedia.org/wiki/Monasterio_de_Yuso

2.- Objetivos

La definición de objetivos realizada en el proyecto inicial, se ha ido complementando con otras actuaciones, requeridas tanto por el equipo arqueológico como por la Fundación Caja Madrid, constituyendo los puntos siguientes una síntesis de los mismos.

- Implantación de una red de señales enlazada con el sistema previo de coordenadas utilizado en la cartografía del Monasterio.
- Preparación y ensayo en campo del sistema de captura de datos de los enterramientos.
- Digitalización de las inhumaciones e integración en el modelo gráfico.
- Documentación de las estructuras exhumadas.
- Registro fotogramétrico del osario de la capilla del corazón de Jesús.
- Levantamiento de las estructuras que se generen en la fase de restauración.
- Unificación del resto de documentaciones realizadas anteriormente con el modelo tridimensional actual dentro de un mismo sistema de referencia.
- Obtención de secciones longitudinales y transversales de la zona de excavación.
- Documentación del empedrado en la capilla Crucero Norte, en la que se encuentra la puerta de entrada a la Iglesia.

3.- Esquema de procesos



4.- Red de señales y documentación de estructuras

Tras la visita previa a la excavación, se tomó la decisión de implantar un sistema de señales de referencia, repartidas alrededor de las capillas intervenidas, consistentes en una serie de dianas plastificadas, de 4 x 4 cm, adheridas a las paredes mediante silicona.



Figura 3. Ejemplo de diana utilizada

Estas señales de referencia son dotadas de coordenadas mediante radiación topográfica por medio de una estación total, emplazada por el método de intersección inversa.

El proceso seguido consiste en estacionar en un punto determinado de cada capilla desde el cual sean visibles todas las señales situadas en la misma y varias señales de la capilla siguiente. Una vez radiadas estas señales, se procede a estacionar dentro de la siguiente capilla mediante el método de intersección inversa múltiple, utilizando señales radiadas tanto de la capilla de estacionamiento como de la capilla anterior, y se miden las señales. Mediante este método se han obtenido precisiones en torno a los 2 mm en la determinación de las coordenadas del conjunto de las señales.

Una vez completado el proceso de implantación de la red se procede a la documentación de las estructuras exhumadas.

Para ello, se estaciona mediante intersección inversa múltiple, utilizando las señales anteriores, y se procede, mediante el método de radiación a la documentación de los elementos relevantes, que aparecen en la excavación, tanto desde el punto de vista arqueológico como arquitectónico.

El listado completo con las coordenadas de estas señales, así como algunas referencias del trabajo fotogramétrico realizado por Latorre y Cámara Arquitectos S.L. se encuentra en el CD que acompaña esta memoria.

5.- Documentación de las inhumaciones

Como se ha indicado, con el fin de realizar la documentación de las inhumaciones exhumadas dentro del yacimiento, se recurrió a un sistema desarrollado en el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la UPV-EHU (LDGP), y utilizado en la documentación de las inhumaciones en otros yacimientos arqueológicos en los que se ha ensayado, depurado y comprobado su eficacia en cuanto a precisión de lo representado, calidad y sencillez en la toma de datos en campo.

Este sistema permite, la toma de datos referidos al sistema de coordenadas común para todo el yacimiento, en este caso el sistema de referencia implantado en el mismo, con precisión topográfica, posibilitando el dibujo posterior de los restos óseos en la posición en la que aparecen, además de constituirse en un registro permanente del que se puede extraer más información en el futuro.

El sistema consta de dos partes bien diferenciadas, la toma de datos en campo por parte del equipo arqueológico, y el procesamiento de los datos en gabinete por parte del LDGP.

5.1 Registro de la información geométrica

Para registrar la inhumación en campo, se colocan a su alrededor cuatro dianas de forma coplanaria y encuadrando al objeto de interés, nombrándose correlativamente en el sentido de las agujas del reloj: A, B, C, D; procediendo a la toma de las fotografías. Dicha toma es necesario que se realice de la forma más cenital posible, para ello se aconsejó el uso de una escalera o jalón, desde la cual realizar la toma, y asegurando que aparezcan las cuatro señales que encuadran el enterramiento.

Posteriormente mediante el uso de una cinta métrica se toman medidas entre esas dianas colocadas, obteniendo todas las combinaciones posibles.

Al mismo tiempo y apoyándose en la red de señales que anteriormente se ha establecido y distribuido por todo el yacimiento, se toman medidas desde tres de esas referencias a todas las señales colocadas alrededor del enterramiento.



Fig. 4. Enterramiento con señales dispuestas a su alrededor.

De la misma forma y partiendo de un clavo de referencia fijo con coordenada Z, se dota de cota, mediante nivelación geométrica, al plano que contiene al enterramiento que deberá ser el mismo en el que se encuentran las señales.

Toda esta información se introduce en una hoja de cálculo mediante la cual se calculan las coordenadas y la cota de las señales dispuestas. La hoja de cálculo también verifica que las medidas son correctas tanto en altimetría como en planimetría, evitando tanto, los errores sistemáticos como los accidentales, debidos a un error en la lectura de los sistemas de medida o en la escritura de los datos.

Fecha	Unidades estratigráficas	Inhumación número	Cota (m)
08-04-08		Indebus1	997,341

Unidades de las medidas	Punto cota de referencia
m	881
	Z-881 (m)
	999,5410

Distancias entre dianas				Lecturas nivel	
	B	C	D	Espalda	Fronte
A	0,795	0,992	0,427	h. sup.	1,27
B		0,298	0,845	h. cen.	1,445
C			0,851	h. pd.	1,22

Distancias entre las dianas y las referencias					
	Nº Clavo	Distancia	Nº Clavo	Distancia	Nº Clavo
A	964	1,095	877	1,509	879
B	875	1,679	877	0,912	879
C	875	2,078	877	0,799	879
D	885	2,190	877	1,675	879

Tolerancia		Resultado (m)	
Fase I	Medidas internas	0,02	0,000
		Distancias entre dianas dentro de tolerancia	
Fase II	Medidas externas	0,02	
		Distancias clavos dianas dentro de tolerancia	

Coordenadas calculadas	X (m)	Y (m)	Ds. Tip. X	Ds. Tip. Y	Fecha de inhumación
A	2000,207	1989,979	0,002	0,001	
B	2000,141	1989,132	0,000	0,000	
C	2000,748	1988,702	0,001	0,004	
D	2000,022	1989,207	0,005	0,004	

Notas: Cota tomada en el cráneo del individuo. Punto 0 diana 881

Fig.5. Hoja de cálculo en Excel en la que se introducen los datos de campo.

Los primeros meses de excavación la toma de datos se realizó siguiendo esta metodología, pero la ingente cantidad de cadáveres a documentar y el escaso tiempo disponible por parte del equipo arqueológico obligo a cambiar de método,

obligando al LDGP a desplazarse a San Millán para la toma de las coordenadas de las dianas que circundan los enterramientos, midiendo estas mediante el uso de estación total y radiación topográfica. Para ello se estacionó el instrumento, mediante el método de estacionamiento libre, en la zona del yacimiento a documentar, orientando a las señales de referencia descritas en el punto 4. La cota de los enterramientos, se obtiene mediante nivelación trigonométrica, y no geométrica, como en el caso anterior.

5.2 Tratamiento de los datos en gabinete

La primera parte del proceso de gabinete consiste en la ortorectificación fotográfica de las imágenes de registro, utilizando como datos de este proceso, las coordenadas de las cuatro señales que conforman el fichero de apoyo de campo (generado automáticamente por la hoja de cálculo), y la fotografía del enterramiento correspondiente.

Nombre	X	Y	Z
A	490,633	1906,271	381,594
B	492,194	1906,481	381,598
C	492,293	1906,047	381,596
D	490,715	1905,818	381,598

Fig.6 Estructura del fichero de apoyo de campo con las coordenadas de las dianas (en este caso se encuentran en el sistema local).

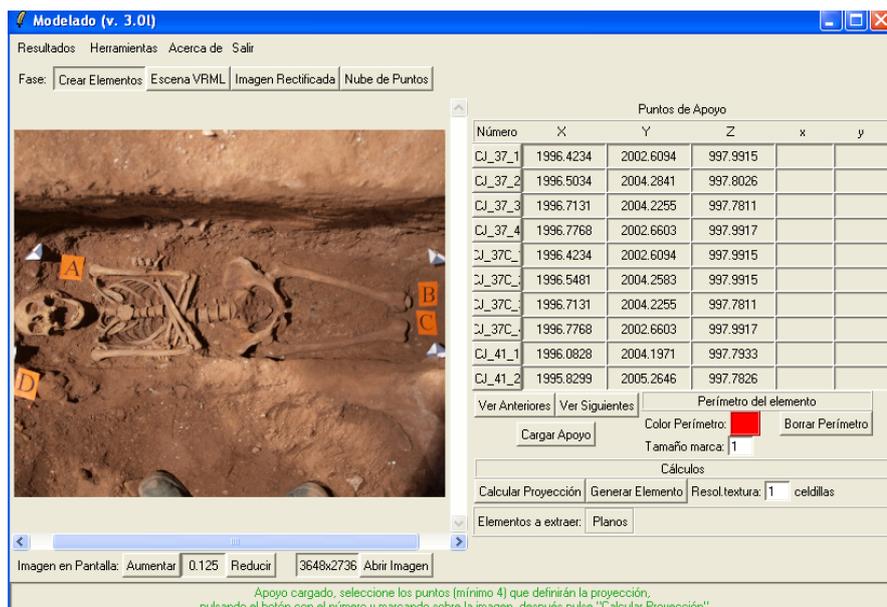


Fig.7 Aspecto del programa utilizado para la rectificación fotográfica

Con el fin de que en el fichero de dibujo sean accesibles los elementos que forman parte de la documentación de cada inhumación, se ha generado una estructura de capas, de manera que cada enterramiento o conjunto dispone de cuatro capas: una correspondiente a las señales de referencia con su nombre, otra con el dibujo vectorial de la inhumación, una tercera con la ortofotografía y una cuarta con el sombreado aplicado al dibujo vectorial. Como se ha indicado, también se tuvo en consideración que algunos enterramientos cuentan con un conjunto y en estos casos se tratan ambos como dos unidades distintas, realizando primero el enterramiento y posteriormente el conjunto. Cada uno de estos cuatro elementos se sitúa en una capa distinta como se verá más detalladamente en el punto 10, en el cual se trata la estructura de los datos en el fichero de dibujo.

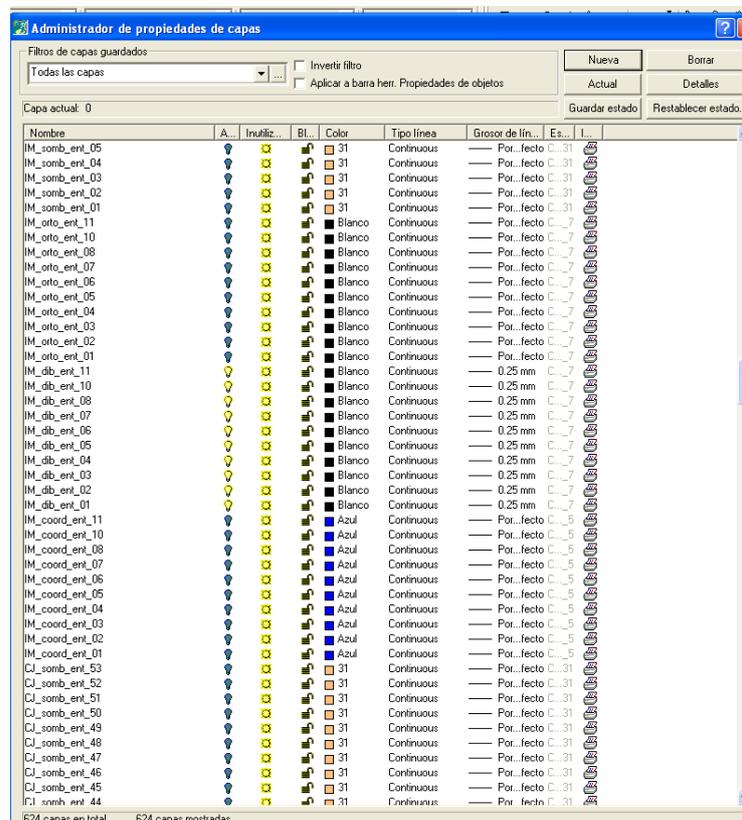


Fig.8. Ejemplo de la estructura de capas

Generada la estructura de capas correspondiente, se importa un fichero de extensión .scr, generado también por la hoja de cálculo, con las coordenadas de las señales y el nombre de cada una de ellas. Se lee en el programa de dibujo (Autocad® v.2000), mediante la orden [_script], representando de manera automática las cuatro dianas seguidas de su nomenclatura.

```
_point 545293.546,4702059.539,384.307  
_point 545295.152,4702059.656,384.307  
_point 545295.398,4702058.889,384.307  
_point 545293.699,4702058.775,384.307  
_text 545293.546,4702059.539,384.307 A  
_text 545295.152,4702059.656,384.307 B  
_text 545295.398,4702058.889,384.307 C  
_text 545293.699,4702058.775,384.307 D
```

Fig.9 Ejemplo de un archivo .scr

A continuación se activa la capa cuyo nombre se compone de la siguiente manera, "siglas de la capilla"_orto_ent_"número de inhumación", en la cuál se introduce la ortofotografía. Mediante la orden [Insertar][Admin.imágenes...][Enlazar].

Para conseguir que las imágenes sean siempre visibles, se enlazan de forma relativa, es decir, en la ruta de enlace, solamente aparece el nombre de la carpeta y el nombre de la ortofotografía y no todo el nombre de la ruta con la cuál se accede a la misma siempre que se mantenga la estructura de carpetas.

Con el fin de organizar la carpeta de ubicación de las ortofotografías, las mismas son nombradas mediante el siguiente patrón:

"siglas de la capilla"_orto_ent_"número de inhumación" si se trata de un enterramiento.

"siglas de la capilla"_orto_conj_"número de inhumación" si se trata de un conjunto de un enterramiento.

Una vez situada la imagen sobre el dibujo es necesario hacer coincidir la imagen de las señales con su posición sobre el dibujo, para lo que se traslada, gira y escala la imagen, situándola sobre las cuatro señales de referencia.



Fig.10 Imagen situada en posición absoluta

Concluida esta parte del proceso, comienza la vectorización de la inhumación. Para ello se activa la capa "número de inhumación"_ent_dibujo, la cuál contendrá el dibujo vectorial que se creará.

Para dibujar se utilizan exclusivamente polilíneas 2D, que se activan con la orden [_pol]. Antes de comenzar a trazar las polilíneas se fija la altura a la cuál se va a vectorizar, para ello mediante la orden [_elev], se establece el valor de la cota, escogiendo para ello la coordenada Z obtenida para ese individuo o estructura.

En el caso de un enterramiento, el proceso de vectorización consiste en ir desplazando el cursor por el contorno de todos los elementos óseos visibles en la imagen, estableciendo los vértices de la polilínea que se va generando; al finalizar la vectorización de un elemento dicha polilínea se cierra, con lo que se logra una entidad cerrada que puede dar lugar a la generación de elementos coloreados o a la inserción de tramas representativas de cada elemento.

El resultado final de la vectorización es el siguiente:

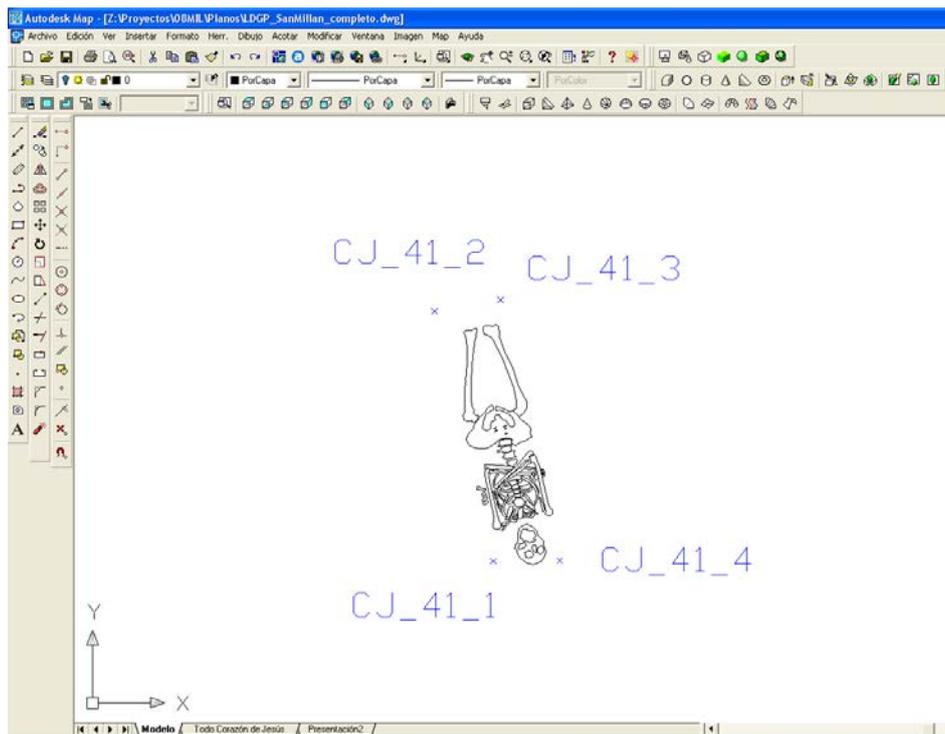


Fig.11 Vectorización de un enterramiento

El mismo elemento una vez aplicado el sombreado presenta el siguiente aspecto:

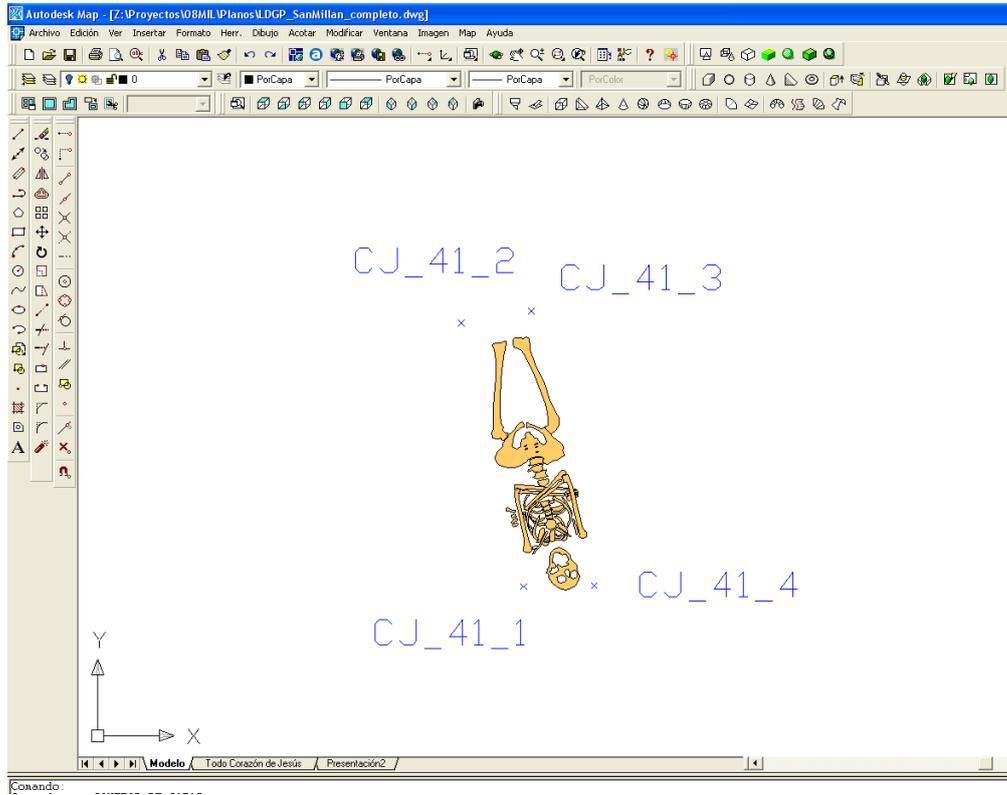


Fig.12 Vectorización y sombreado aplicado

6.- Documentación fotogramétrica

Dentro de la capilla del Corazón de Jesús, se han exhumado los restos de un osario. Tras valorar las necesidades de documentación, para el equipo arqueológico, se determinó que no era necesaria su vectorización por lo que se optó por realizar un registro estereoscópico de los restos mediante fotogrametría.

En el registro fotogramétrico, las fotografías a obtener deben ser lo más perpendicular posible a los restos, al mismo tiempo, dada la extensión que ocupa el osario, es conveniente que todo el conjunto sea documentado en un mismo par estereoscópico, para ello es necesario que la cámara este situada a suficiente altura en función de la distancia focal de la cámara. Por ello, se utilizó un sistema de elevación de la cámara que permite situarla en posición cenital sobre el elemento a documentar. Se trata de un sistema de barras, dos verticales y una transversal sobre las que mediante un sistema de cuerdas permite desplazar la cámara perpendicular al objeto.

Mediante un programa de control remoto de la cámara, se controlan todas las características de la cámara y se procede a la toma de las fotografías.



Fig.13 Sistema utilizado para la documentación fotogramétrica.

Con el fin de obtener apoyo topográfico, para poder en un futuro, si fuera necesario, realizar la restitución de los pares, se situaron en el osario una serie de dianas como las utilizadas en la red topográfica, de dimensiones 4 x 4 cm, a las que también se dotó de coordenadas mediante el método de radiación anteriormente descrito.

De esta forma se obtiene un registro métrico de los restos exhumados, aportándose las coordenadas de los puntos de apoyo, el certificado de calibración de la cámara utilizada y los pares fotogramétricos obtenidos.

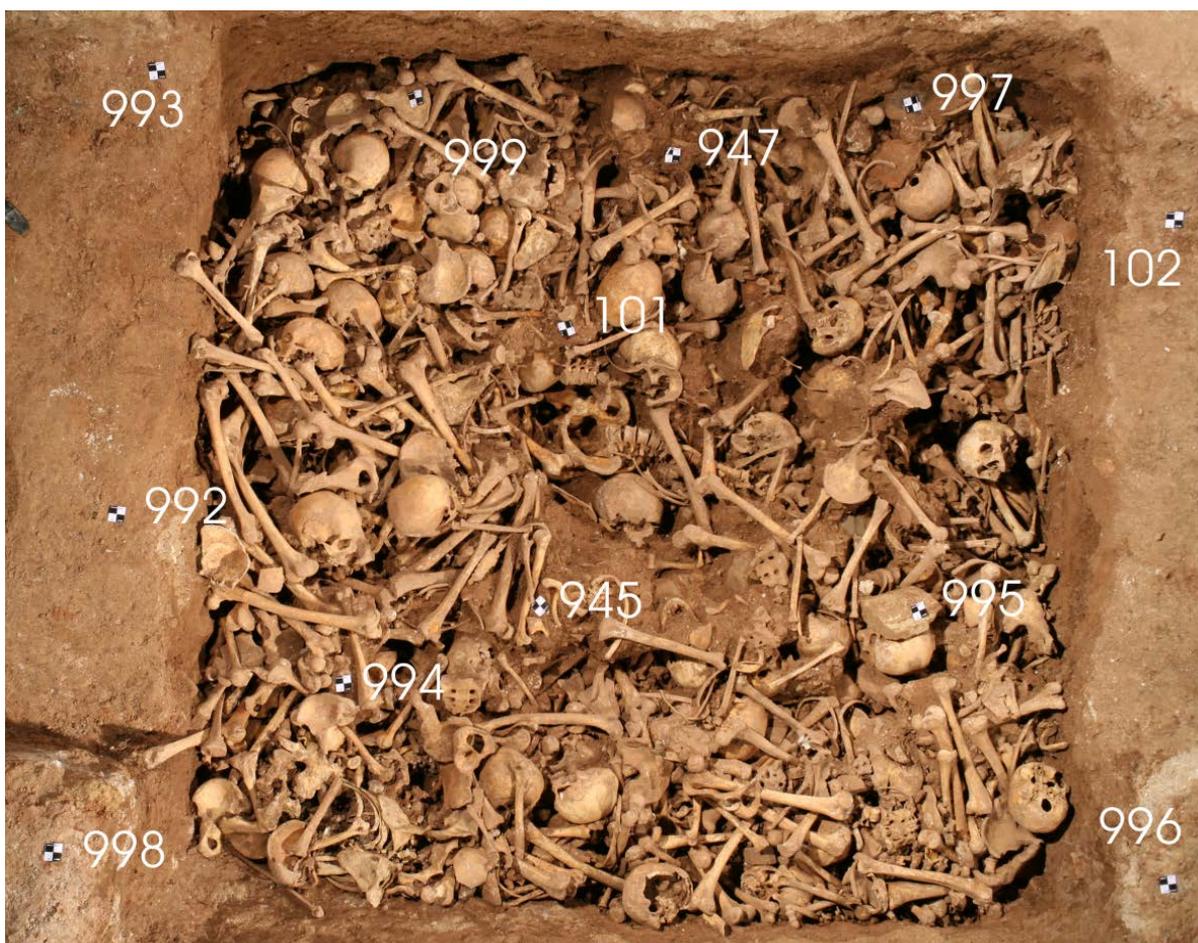


Fig.14. Fotografía del osario con apoyo topográfico.

Las fotografías se presentan en el CD en tres formatos: DNG, JPEG y PNG para facilitar que sean leídas con una mayor variedad de programas, los dos primeros formatos permiten la inclusión de metadatos (autor de la imagen, lugar fotografiado, palabras clave, etc) que se han introducido con el fin de que también puedan ser utilizadas directamente en bases de datos fotográficas que reconocen esta información de las imágenes.

Además se obtuvieron fotografías, sin señales de referencia, con la intención de generar un producto de visualización estereoscópica que permita la percepción en tres dimensiones de la potencia del conjunto documentado. Para ello se optó por la generación de una imagen compuesta mediante la técnica de anáglifo, que posibilita la visualización estereoscópica mediante el uso de lentes o filtros cromáticos de color azul y rojo.



Fig.15. Anaglifo generado.

7.- Establecimiento de un sistema de referencia único.

Existen otras actuaciones anteriores a la descrita en esta memoria y que corresponde a la efectuada por el LDGP en la iglesia del Monasterio: un primer levantamiento realizado por la Universidad de Cantabria en 1999 y un segundo ejecutado por Latorre y Cámara arquitectos, S.L. en 2006, ambos en sendos sistemas locales de coordenadas. Con el fin de disponer de toda la información referente al conjunto en un mismo modelo y en un mismo sistema de referencia es necesario que existan puntos comunes, que permitan enlazar unos modelos con otros. Para ello se tomaron referencias existentes en los trabajos anteriores (puntos de apoyo aún disponibles en las capillas para los modelos de Latorre y Cámara y puntos destacados del modelo vectorial del modelo de la Universidad de Cantabria) y se procedió a generar el modelo conjunto.

Como se dispone de varias referencias, es posible hacer una estimación de la precisión con la que se consigue el encaje de los trabajos anteriores, en concreto, para el modelo desarrollado por el departamento de Ingeniería Geográfica y Técnicas de Expresión Gráfica de la Universidad de Cantabria, que

corresponde con la restitución fotogramétrica de los techos, una vez realizada la transformación, se comprobó que la precisión obtenida tras la transformación es de:

$$\Delta X = 0,05 \text{ m}$$

$$\Delta Y = 0,02 \text{ m}$$

$$\Delta Z = 0,01 \text{ m}$$

La segunda actuación, realizada por Latorre y Cámara, arquitectos, S.L. corresponde con la restitución fotogramétrica de las capillas de San Agustín y Monserrat, de la cual se dispone de la información referente a las coordenadas de los puntos de apoyo utilizados.

A partir de esta información se consiguieron observar algunos de estos puntos y dotarlos de coordenadas en el sistema relativo utilizado por el LDGP, permitiendo la transformación de un sistema a otro mediante la realización de una traslación y un giro utilizando los siguientes puntos:

Nombre	x	y	z
1002	98,489	98,914	100,077
1003	96,107	99,069	100,051
1009	95,189	104,752	100,369
1250	92,130	98,556	100,237
1275	87,940	101,647	102,997
1305	92,183	103,939	103,512

Fig. 17. Coordenadas de los puntos de apoyo utilizados para la transformación en el sistema relativo utilizado por Latorre y Cámara, arquitectos, S.L.

Nombre	x	y	z
1002	1077,378	1097,918	100,776
1003	1097,635	1125,121	99,814
1009	1081,892	1099,254	100,847
1250	1101,547	1125,968	100,007
1275	1105,982	1123,246	102,765
1305	1101,952	1120,603	103,280

Fig. 18. Coordenadas de los puntos de apoyo utilizados para la transformación en el sistema relativo utilizado por el LDGP.

Realizada la transformación de coordenadas y la comprobación de la precisión, se obtiene como resultado, para el encaje del modelo referente a la capilla de San Agustín:

$$\Delta X = 0,025 \text{ m}$$

$$\Delta Y = 0,015 \text{ m}$$

$$\Delta Z = 0,001 \text{ m}$$

Por su parte, la precisión obtenida en el encaje de la capilla de Monserrat es de:

$$\begin{aligned}\Delta X &= 0,005 \text{ m} \\ \Delta Y &= 0,005 \text{ m} \\ \Delta Z &= 0,001 \text{ m}\end{aligned}$$

Al obtener el conjunto completo, se observó un desplazamiento en la capilla de San Agustín, entre el modelo realizado por la Universidad de Cantabria y el modelo realizado por Latorre y Cámara, arquitectos, S.L de:

$$\begin{aligned}\Delta X &= 0,130 \text{ m} \\ \Delta Y &= -0,069 \text{ m} \\ \Delta Z &= 2,983 \text{ m}\end{aligned}$$

Problema que se corrigió realizando una traslación y un giro del modelo realizado por la Universidad de Cantabria tomando como referencia el modelo realizado por Latorre y Cámara, arquitectos, S.L.

Por otro lado, era interesante no seguir limitándose a sistemas locales sino utilizar un sistema absoluto, por lo que se procedió a la obtención de coordenadas UTM en el sistema ETRS89 de puntos con el fin de la transformación de todo el modelo tridimensional generado.

Para este proceso se empleó instrumental GNSS, obteniendo coordenadas de dos puntos situados en el exterior del monasterio, EXT1 y EXT2. Las coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) se obtienen en el sistema de referencia oficial en Europa, el ETRS89. Como se ha indicado, para poder realizar la transformación de los sistemas es necesario conocer las coordenadas de ambos puntos EXT1 y EXT2 en ambos sistemas, para ello, desde una estación en coordenadas relativas, se radiaron ambos puntos.

Nombre	E	N	Huso	Altura Ortométrica
EXT1	511221,421	4686273,315	30	730,711
EXT2	511175,401	4686238,938	30	729,603

Fig. 15. Coordenadas UTM de los puntos exteriores en el sistema ETRS89

Punto	X	Y	Z
EXT_1	2000	3000	500
EXT_2	2056,079	2987,408	498,871

Fig. 16. Coordenadas de los puntos exteriores en el sistema relativo del proyecto del LDGP.

8.- Obtención de secciones.

A partir del modelo tridimensional unificado, se procedió a obtener las secciones representativas de la zona de excavación, siendo seleccionadas 12 secciones, una principal que corta longitudinalmente a todas las capillas y es trazada por el eje de los pasos que las comunican y doce secciones transversales que representan los elementos más representativos de cada una de ellas.

Cada una de las secciones lleva asociados dos tipos de información, en primer lugar la línea que define la intersección del plano de corte con la planta de la excavación y con el techo, y también la proyección de los elementos estructurales representativos que se encuentran en la dirección de la vista de la sección proyectados sobre el plano de corte (tanto los que representan la excavación acometida, como los que representan los arcos y retablos de las capillas).

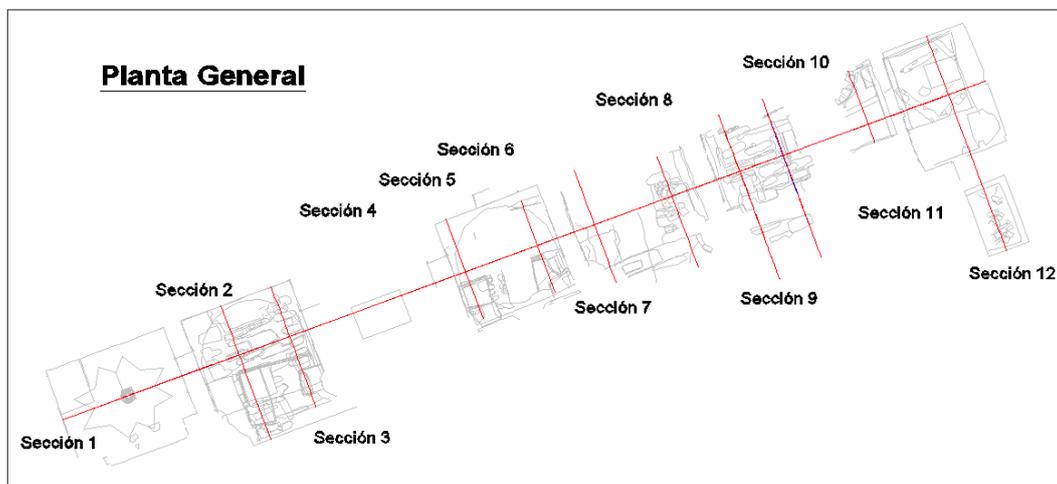


Fig. 19. Planta general de la zona de actuación con la representación de las secciones realizadas.

Las secciones 1, 11 y 12, se han realizado en ambas direcciones, se ha representado la traza del plano de corte y sobre dicho plano, se han proyectado los elementos representativos en dos vistas distintas, los elementos que se encuentran por delante y detrás de la traza.

Como se comentó en el punto anterior, existe información de tres fuentes distintas integradas en un mismo modelo, información obtenida directamente de la observación en campo realizada por el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio, restitución de los techos realizada por el departamento de Ingeniería Geográfica y Técnicas de Expresión Gráfica de la Universidad de Cantabria y la restitución fotogramétrica de las capillas de San Agustín y Monserrat realizada por Latorre y Cámara, arquitectos, S.L, y cada una de ellas tiene una precisión distinta correspondiente al encaje sobre el trabajo realizado por el LDGP, cuestiones estas que se han de tener en cuenta al realizar la interpretación de dichas secciones y del modelo completo.

9.- Documentación del empedrado en la capilla Crucero Norte.

Con el fin de documentar el empedrado correspondiente al pavimento del brazo norte del crucero, por el que se accede desde la explanada contigua al Monasterio, se procedió a la realizar pares fotogramétricos, para la generación de las ortofotografías significativas, apoyadas y referenciadas con el conjunto mediante una serie de puntos de apoyo. Con dichas ortoimágenes se genera un mosaico de la zona a representar.



Fig. 20. Mosaico generado de las ortofotografías para el empedrado en el Crucero Norte.

Al igual que en el caso del osario, las imágenes de los pares se presentan en diferentes formatos (DNG, JPEG y PNG) y se han incorporado metadatos para que pueden ser gestionadas de forma automática por programas que permitan la explotación de esta información.

En cuanto a la precisión de las ortoimágenes generadas, se obtienen los siguientes valores, comparando la posición de las dianas sobre las ortofotografías con la posición real de los puntos de apoyo al realizar la inserción de la ortoimagen sobre el modelo tridimensional:

Punto	Dif X (mm)	Dif Y (mm)
577	0	3
578	35	6
579	0	3
580	3	0
581	5	7
582	10	5
583	5	9
584	5	11
585	1	1
586	9	2
587	5	16
588	3	49
589	0	3
590	2	21
591	0	0
592	8	39
593	1	4
594	14	7
595	1	1
596	13	15
597	5	19
598	55	18
599	0	0
600	0	3
601	1	2
602	0	0
603	3	0
604	0	0
605	12	8
607	21	7
608	7	3
609	25	25
610	11	38
611	0	0
612	17	28
613	0	0
614	0	3
615	0	2
616	7	6
617	2	6
618	0	0
619	0	0
620	0	0
621	4	15
622	7	2

Fig. 21. Diferencia de la posición de las dianas sobre los puntos de apoyo. Unidades en milímetros.

Con lo que se obtiene una precisión media de 7 mm en X y 9 mm en Y.

Media	7 mm	9 mm
Máximo	55 mm	49 mm

Fig. 22. Precisión media del mosaico y diferencia máxima.

10.- Estructura de la información, metadatos y trascendencia de la información.

Con el fin de asegurar la disponibilidad de la información a lo largo del tiempo, los archivos de dibujo se han almacenado tanto en el sistema propio del sistema CAD utilizado (.dwg versión 2000) como en un formato de intercambio (.dxf versión 2000). La descripción de este formato de intercambio se incluye en la carpeta “útil” del CD que contiene los dibujos.

Por otro lado, se han incluido una serie de datos sobre los documentos gráficos que se presentan, para ello se ha utilizado la posibilidad del propio sistema CAD mediante la opción “Propiedades de Dibujo”. Esta información permite su mejor clasificación y la localización de recursos mediante sistemas de búsqueda.

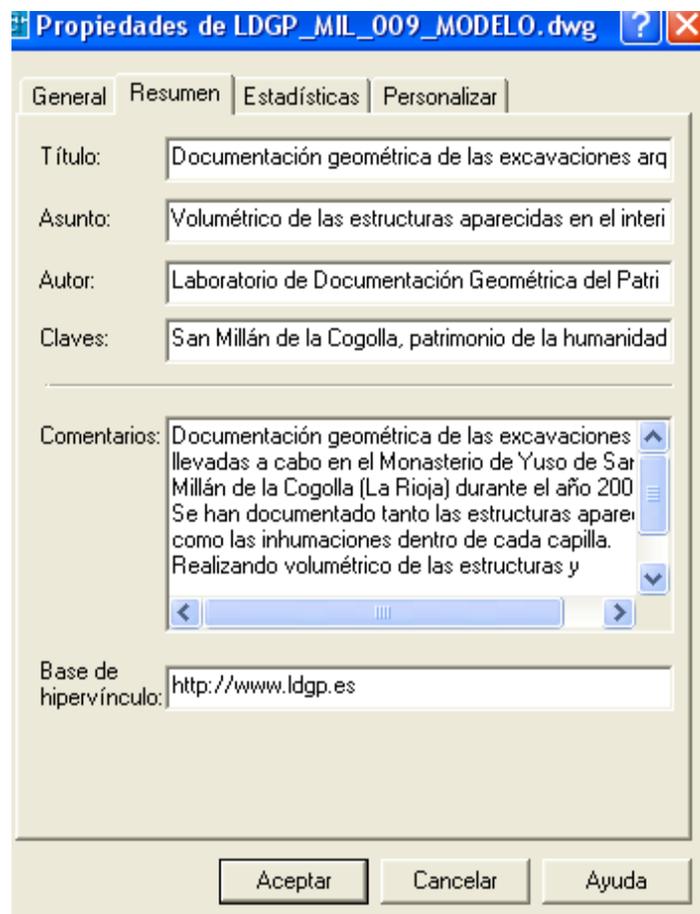


Fig. 23. Propiedades del fichero generado.

Por su parte y como ya se comentó, los pares fotogramétricos se presentan en varios formatos de dibujo e incluyen los metadatos necesarios para su gestión.

La información contenida en el fichero de dibujo, se encuentra distribuida en 1148 capas con la siguiente estructura y descripción:

- 00_cajetín: leyenda, escala gráfica, recuadros, correspondientes al cajetín de los planos
- 00_GPS: Puntos obtenidos mediante el empleo de instrumental GPS.
- 00_ventana: Ventanas gráficas para la representación de las distintas zonas del modelo en el espacio papel.
- 0: Capa auxiliar
- 00: Capa auxiliar 2
- 000: Capa auxiliar 3
- 0000: Capa auxiliar 4

Capas que contienen la información métrica correspondiente a la toma de datos en campo por parte del Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio:

- AñoMesDía_descripción: el nombre de la capa indica el año, el mes y el día de la captura de información en campo y seguido se indica un nombre que describe a los elementos representados.

Ejemplo: “20080308_UE_38” indica que la toma de datos fue el 8 de Marzo de 2008 y los elementos representados son los pertenecientes a la unidad de excavación número 38.

Capas correspondientes a las secciones realizadas:

- Sección_nº: traza de la sección
- Sección_nº_A: sección correspondiente al volumétrico generado de la excavación.
- Sección_nº_B: sección correspondiente a la restitución de los techos por la Universidad de Cantabria.
- Sección_nº_PL: sección correspondiente a los elementos restituidos por Latorre y Cámara, arquitectos, S.L.

Capas correspondientes al modelo realizado por Latorre y Cámara, arquitectos, S.L:

- PL_descripción: PL hace referencia a los nombres Pablo Latorre y Leandro Cámara.

Descripción realizada por Latorre y Cámara:

A (Arista), las líneas que definen cambios de planos en los muros y que dibujan las líneas principales de la arquitectura.

C (Contorno), son las líneas que dibujan los perfiles figurados de los contornos desde una determinada vista de los elementos superficiales.

DC (Decoración), son las líneas que dibujan las aristas de los elementos decorativos que rellenan las aristas de arquitectura.

F (Fisura), son las líneas que definen el recorrido de las grietas.

J (Junta), son las líneas de los aparejos de los muros que no definen cambios de plano.

DT (Deterioro), son las líneas que definen los contornos de las zonas de degradación y deterioro del material.

P (Pintura), son las líneas que definen los contornos de las áreas pintadas.

Capas de dibujo: Las capas de cada dibujo se designan con el código de cada tipo de línea, precedido de un guión bajo y de la letra inicial mayúscula de cada orientación (**A, C, E, N, S, W**). Al final, tras un guión bajo, se incluye el sufijo **M, I** o **P**, indicando que se trata respectivamente de un elemento mueble, inmueble o de pintura.

Capas correspondientes al modelo realizado por el departamento de Ingeniería Geográfica y Técnicas de Expresión Gráfica de la Universidad de Cantabria:

- UC_descripción: UC hace referencia a la Universidad de Cantabria, la descripción es el nombre original de la capa que aparecía en el citado modelo.

Capas correspondientes a la digitalización de los enterramientos, fosas y muros sobre ortofotografías:

Siglas de cada una de las capillas en las que aparecen elementos digitalizados:

CJ	Capilla Corazón de Jesús
IM	Capilla de la Inmaculada
MS	Capilla de Monserrat
SMG	Capilla de San Miguel
RE	Capilla de las Reliquias
SA	Capilla de San Agustín
CN	Crucero Norte

Cuando se trata de un enterramiento:

<i>Elemento</i>	<i>Capa</i>	<i>Color</i>
<i>Señales de referencia</i>	<i>"siglas de la capilla"_coord_ent_ "número de inhumación"</i>	<i>Azul</i>
<i>Dibujo vectorial</i>	<i>"siglas de la capilla"_dib_ent_ "número de inhumación"</i>	<i>Blanco</i>
<i>Ortofotografía</i>	<i>"siglas de la capilla"_orto_ent_ "número de inhumación"</i>	<i>Blanco</i>
<i>Sombreado</i>	<i>"siglas de la capilla"_somb_ent_ "número de inhumación"</i>	<i>Color 31</i>

Cuando se trata de un conjunto de un enterramiento:

<i>Elemento</i>	<i>Capa</i>	<i>Color</i>
<i>Señales de referencia</i>	<i>"siglas de la capilla"_coord_conj_ "número de inhumación"</i>	<i>Azul</i>
<i>Dibujo vectorial</i>	<i>"siglas de la capilla"_dib_conj_ "número de inhumación"</i>	<i>Blanco</i>
<i>Ortofotografía</i>	<i>"siglas de la capilla"_orto_conj_ "número de inhumación"</i>	<i>Blanco</i>
<i>Sombreado</i>	<i>"siglas de la capilla"_somb_conj_ "número de inhumación"</i>	<i>Color 31</i>

Cuando se trata de los sillares correspondientes a una fosa:

<i>Elemento</i>	<i>Capa</i>	<i>Color</i>
<i>Señales de referencia</i>	<i>"siglas de la capilla"_coord_fosa_ "número de inhumación"</i>	<i>Azul</i>
<i>Dibujo vectorial</i>	<i>"siglas de la capilla"_dib_fosa_ "número de inhumación"</i>	<i>Cian</i>
<i>Ortofotografía</i>	<i>"siglas de la capilla"_orto_fosa_ "número de inhumación"</i>	<i>Blanco</i>

Cuando se trata de un muro:

<i>Elemento</i>	<i>Capa</i>	<i>Color</i>
<i>Señales de referencia</i>	<i>"siglas de la capilla"_coord_muro_ "número"</i>	<i>Azul</i>
<i>Dibujo vectorial</i>	<i>"siglas de la capilla"_dib_muro_ "número"</i>	<i>Cian</i>
<i>Ortofotografía</i>	<i>"siglas de la capilla"_orto_muro_ "número"</i>	<i>Blanco</i>

ANEXOS

Anexo I. Certificados de calibración

Correspondientes al instrumental topográfico utilizado en el proyecto.

Certificado de Verificación y Control

Nº de Certificado 300478361
Fecha 07.01.2008

Leica Geosystems, s.l.
Ibarrekolanda, 36
48015 Bilbao - Deusto
Teléfono +34 94 447 3104
Fax +34 94 447 3393
www.leica-geosystems.com

UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO
E.U.I.T. Ind. e Ing.Tec.Topog.
NIEVES CANO, 12

01006 VITORIA

Número de cliente 50198
Instrumento TCR1205 R300, taquímetro + EDM sin ref.
Nº de Serie 213379
Técnico 110336

Proceso de Verificación y Control:

El instrumento ha sido verificado y controlado conforme a los procedimientos establecidos por Leica Geosystems, S.L. según el manual del instrumento en cuestión.

Resultados:

Temperatura durante la verificación (°C): 24

	Entrada	Tolerancia	Salida	Incertidumbre
Desviación Hz (Gon)	0.0003	0.0015	0.0001	0.0004
Desviación Vt (Gon)	0.0008	0.0015	0.0002	0.0002
Desviación distancia (mm) (Distanciómetro infrarrojo)	0.1	2mm + 2ppm	0.1	0.1
Desviación distancia (mm) (Distanciómetro láser)	0.1	3mm + 2ppm	0.1	0.1

Patrones empleados:

Angulos:

Colimador de ejes: Wild nº 9694 (Incertidumbre asociado con el patrón: 0.0005 gon)

Distancia:

Leica DI2002 nº 181130 (incertidumbre asociada con el patrón: 0.7 mm)

Comentarios:

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones y poseen trazabilidad a patrones nacionales o a patrones extranjeros

No se permite la reproducción parcial de este certificado sin la aprobación por escrito de Leica Geosystems, s.l.

Parámetros internos

Cámara: Canon DS-12691 (EOS-5D), nº serie: 219063

Fecha: 26 de junio de 2007

Parámetros geométricos (en celdillas):

- **Caso 1: distancia focal más adecuada para una perspectiva perfecta.**
 - Formato: 4.368 x 2.912 celdillas
 - Distancia focal (f): 4.480 celdillas (emc: 23 celdillas)
- **Caso 2: distancia focal, punto principal y distorsión radial simétrica.**
 - Formato: 4.368 x 2.912 celdillas
 - Distancia focal (f): 4.324'5 celdillas (emc: 9'5 celdillas)
 - Distorsión radial simétrica (k_1): -2'86 e-9 (emc: 1'1e-10)
 - Punto principal (x_p, y_p): 23 celdillas (emc: 4 cel), 15'5 celdillas (emc: 4 cel)
- **Caso 3: distancia focal y distorsión radial simétrica.**
 - Formato: 4.368 x 2.912 celdillas
 - Distancia focal (f): 4.310 celdillas (emc: 11 celdillas)
 - Distorsión radial simétrica (k_1): -3'0 e-9 (emc: 1'2e-10)

Parámetros geométricos (en milímetros):

- **Caso 1: distancia focal más adecuada para una perspectiva perfecta.**
 - Formato: 36 x 24 mm
 - Distancia focal (f): 36'9 mm (emc: 0'2 mm)
- **Caso 2: distancia focal, punto principal y distorsión radial simétrica.**
 - Formato: 36 x 24 mm
 - Distancia focal (f): 35'64 mm (emc: 0'08 mm)
 - Distorsión radial simétrica (k_1): -4'2 e-5 (emc: 1'6e-6)
 - Punto principal (x_p, y_p): 0'19 mm (emc: 0'03 mm), 0'13 mm (emc: 0'03 mm)
- **Caso 3: distancia focal y distorsión radial simétrica.**
 - Formato: 36 x 24 mm
 - Distancia focal (f): 35'52 mm (emc: 0'09 mm)
 - Distorsión radial simétrica (k_1): -4'4 e-5 (emc: 1'8e-6)

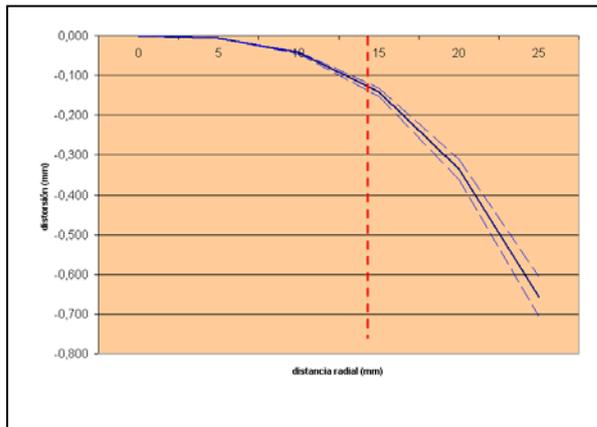
NOTAS:

- La función de distorsión radial simétrica: $\Delta r = k_1 r^3 + k_2 r^5 + k_3 r^7$, donde Δr es el valor de distorsión; k_1, k_2, k_3 son los parámetros de distorsión y r la distancia del punto respecto al punto principal. Para cualquier punto sobre la imagen, se calcula su distancia al punto principal (r) y el valor de distorsión que le corresponde (Δr), este valor se restará del valor de r original para obtener el valor corregido: $r_{\text{corregido}} = r - \Delta r$.
- Lamentablemente, no existe consenso respecto a la forma de realizar la corrección por distorsión, en algunos programas de fotogrametría, se utiliza la expresión opuesta, es decir: $r_{\text{corregido}} = r + \Delta r$. Si este fuese el caso, se debería cambiar el signo del parámetro suministrado (ej. del caso 2 en milímetros, k_1 : +2'86 e-5).
- En la prueba realizada no se han obtenido valores significativos de k_2 o k_3 por lo que se recomienda dejarlo a cero.
- Se presenta una versión sólo con focal y otra con focal y k_1 sin punto principal para poder adaptarlo a las características del programa de restituidor a utilizar.

Valores en milímetros

Gráfica de distorsión:

Las líneas discontinuas representan la variación debida a 2 veces el error medio cuadrático de la distorsión.



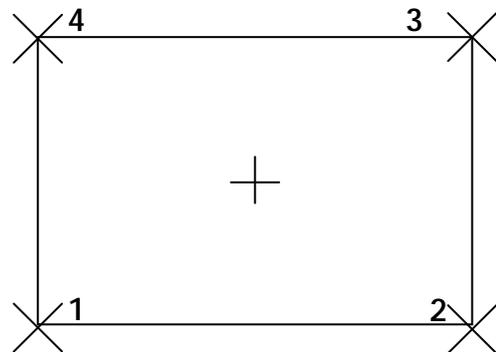
Distancia Radial (mm)	Distorsión (mm)
0	0'000
5	-0'005
10	-0'042
15	-0'142
20	-0'336
25	-0'656

NOTA: Aplicar con precaución esta corrección, especialmente en los bordes del formato, donde los valores pueden no corresponder a las distorsiones reales.
Es válida hasta 19 mm y se debe tomar con precaución a partir de los 14'5 mm (ver apartado siguiente).

Coordenadas de las marcas fiduciales:

Distribución:

Marca	X(mm)	Y(mm)
1	18'0	-12'0
2	18'0	-12'0
3	18'0	12'0
4	18'0	12'0

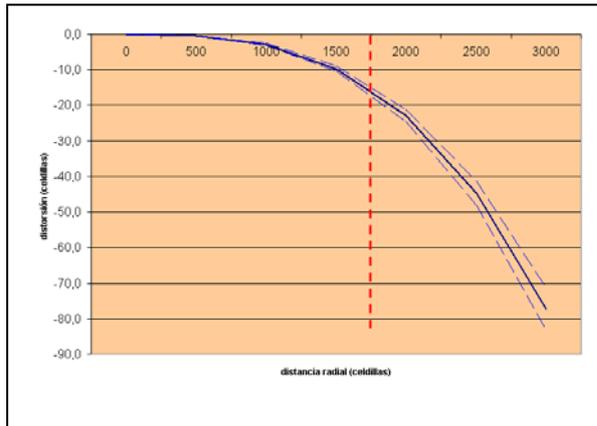


NOTA: Las marcas fiduciales coinciden con las esquinas del formato de 36 x 24 milímetros.

Valores en celdillas

Gráfica de distorsión:

Las líneas discontinuas representan la variación debida a 2 veces el error medio cuadrático de la distorsión.



Distancia Radial (celdillas)	Distorsión (celdillas)
0	0'0
500	-0'4
1.000	-2'9
1.500	-9'7
2.000	-22'9
2.500	-44'7
3.000	-77'2

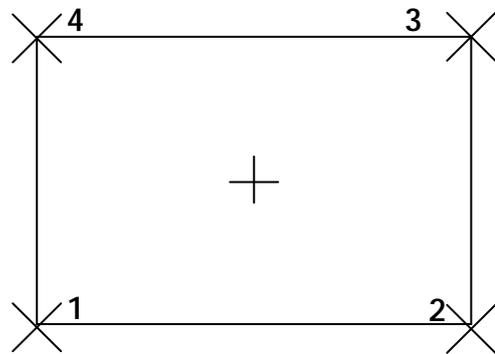
NOTA: Aplicar con precaución esta corrección, especialmente en los bordes del formato, donde los valores pueden no corresponder a las distorsiones reales.

Es válida hasta 2.300 celdillas y se debe tomar con precaución a partir de los 1.750 mm (ver apartado siguiente).

Coordenadas de las marcas fiduciales:

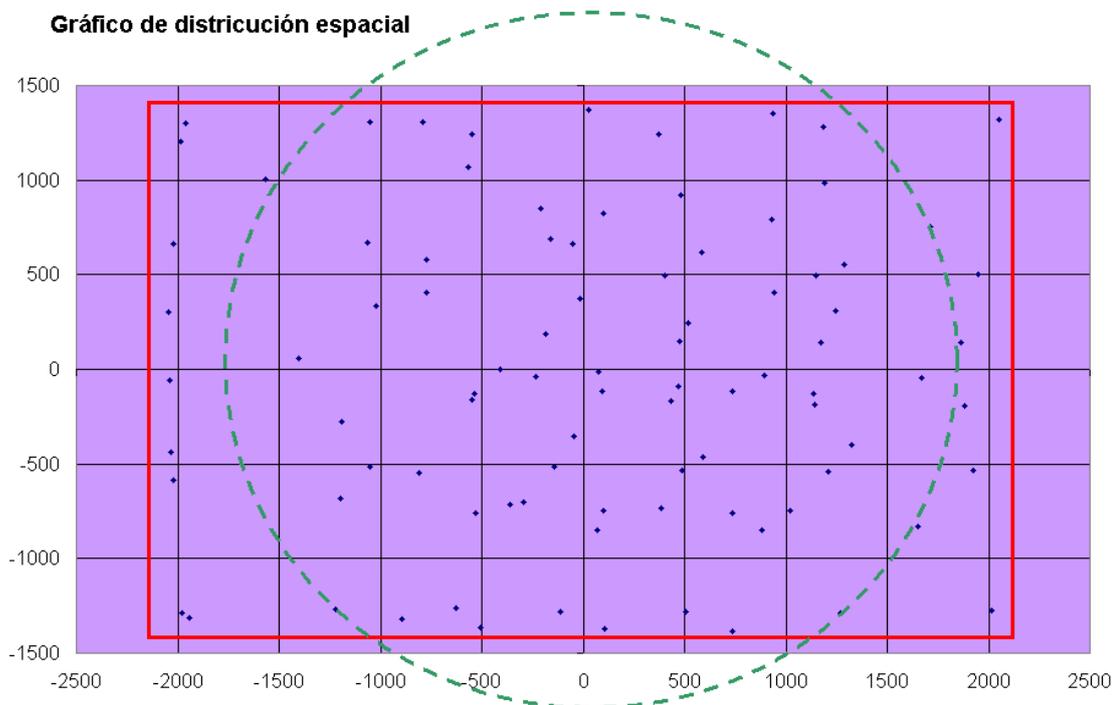
Distribución:

Marca	X(mm)	Y(mm)
1	-2.184'0	-1.456'0
2	2.184'0	-1.456'0
3	2.184'0	1.456'0
4	-2.184'0	1.456'0



NOTA: Las marcas fiduciales coinciden con las esquinas del formato de 4.368 x 2.912 celdillas.

Gráfica de distribución espacial:



Esta gráfica muestra la distribución de las 90 medidas utilizadas en el ajuste sobre el formato de la imagen, el círculo verde indica la distancia radial que deja fuera 20 medidas y que corresponde aproximadamente a 1750 celdillas (14'5 mm) desde el centro del formato, hasta esta distancia se cuenta con una gran redundancia de valores por lo que los parámetros calculados se pueden considerar de gran exactitud. Más allá, se puede dibujar otra línea que deje fuera sólo las cinco medidas más extremas y que se sitúa a 2340 celdillas (19'3 mm) del centro del formato, a partir de esta distancia, no existen muestras suficientes para garantizar que los valores presentados en este informe sean significativos.

NOTA: La distorsión en este certificado se entiende como la cantidad que debe restarse a las coordenadas medidas para obtener las corregidas. El origen de coordenadas está situado en el centro del formato siendo el eje -X- positivo hacia la derecha y el eje -Y- hacia arriba.

Ficha Técnica

Fecha de tomas fotográficas: 26 de Junio de 2007

Realizado por: Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (UPV-EHU)

Método de cálculo: Autocalibración

Notas: Datos obtenidos a partir de 6 tomas fotográficas en un polígono de calibración situado en el Laboratorio de Fotogrametría de la UPV-EHU. El cálculo se ha realizado con programas propios del LDGP, ver página web del Laboratorio (<http://www.vc.ehu.es/docarg>).

**Anexo II. Listado de coordenadas de las señales de referencia en el sistema
de referencia ETRS89**

Punto	X (m)	Y (m)	Z (m)
101B	511121,933	4686017,548	782,351
101B	511121,933	4686017,548	782,351
102B	511121,396	4686017,115	782,172
103B	511121,178	4686013,889	780,565
104B	511122,422	4686014,228	781,971
105B	511117,048	4686012,136	782,112
106B	511115,152	4686012,353	780,451
107B	511114,067	4686014,264	782,164
118B	511143,655	4686030,525	781,655
119B	511130,387	4686023,854	780,855
120B	511131,426	4686021,056	782,139
121B	511131,164	4686018,693	780,593
122B	511125,148	4686016,113	780,670
123B	511123,644	4686016,129	782,335
124B	511122,647	4686017,625	780,441
126B	511145,293	4686025,959	780,828
821A	511141,985	4686030,722	780,185
823A	511142,213	4686023,551	780,258
826A	511140,863	4686027,854	780,424
827A	511139,456	4686029,016	780,215
829A	511141,985	4686030,723	780,184
832A	511150,605	4686028,340	779,200
838A	511146,181	4686031,850	779,253
839A	511144,403	4686031,305	781,619
840A	511145,774	4686027,484	781,330
841A	511147,249	4686023,397	782,112
842A	511150,380	4686024,208	781,256
843A	511147,553	4686032,875	781,114
844A	511150,135	4686033,531	781,654
845A	511151,643	4686029,573	781,691
846A	511147,704	4686026,533	779,276
847A	511144,837	4686027,195	780,172
848A	511145,575	4686025,115	780,194
849A	511153,111	4686025,521	781,563
850A	511143,753	4686024,150	780,217
851A	511143,855	4686029,899	780,269
852A	511144,313	4686028,686	780,259
901A	511100,185	4686014,595	780,566
902A	511101,707	4686015,177	780,469
903A	511100,816	4686014,851	782,234
904A	511102,389	4686013,344	780,259
905A	511102,568	4686013,100	782,145
906A	511099,931	4686013,166	780,384
907A	511103,265	4686013,231	780,293
908A	511103,842	4686013,525	782,246
909A	511103,467	4686010,476	780,321

910A	511103,561	4686010,429	782,204
912A	511104,226	4686007,691	782,159
913A	511103,875	4686005,040	780,369
914A	511101,160	4686003,991	780,329
915A	511098,452	4686004,025	780,418
916A	511097,083	4686005,669	780,390
917A	511097,307	4686004,977	782,540
918A	511095,964	4686007,529	780,526
919A	511095,897	4686007,518	782,396
922A	511094,912	4686010,201	780,511
923A	511094,336	4686011,308	782,222
924A	511094,478	4686012,387	780,511
927A	511095,195	4686007,399	780,446
928A	511095,239	4686007,342	782,318
929A	511094,548	4686006,850	780,465
930A	511094,997	4686006,104	782,650
932A	511094,084	4686004,901	780,521
935A	511097,301	4686011,721	780,291
937A	511093,008	4686003,259	780,497
938A	511090,657	4686002,380	780,519
939A	511088,592	4686002,617	782,688
940A	511088,545	4686003,101	780,553
941A	511086,564	4686002,764	782,676
942A	511086,429	4686003,222	780,622
943A	511085,668	4686005,101	780,612
944A	511087,915	4686006,402	780,618
945A	511086,911	4686009,551	782,707
946A	511087,461	4686008,208	780,503
947A	511089,153	4686009,343	780,515
948A	511091,170	4686009,813	780,461
949A	511091,967	4686011,467	782,570
950A	511091,973	4686011,428	780,425
951A	511093,404	4686009,775	780,428
952A	511093,482	4686009,800	782,573
953A	511090,644	4686007,092	780,508
954A	511090,159	4686007,031	780,539
955A	511089,930	4686006,785	780,504
956A	511090,447	4686006,460	780,498
957A	511104,146	4686010,785	780,206
958A	511104,281	4686010,765	782,321
959A	511103,910	4686013,681	780,255
960A	511103,978	4686016,054	782,248
961A	511106,388	4686015,264	780,166
962A	511104,125	4686016,128	780,238
963A	511108,526	4686016,092	780,258
964A	511110,118	4686018,411	782,222
965A	511111,569	4686016,551	780,250
966A	511111,662	4686016,513	782,289
967A	511112,550	4686013,886	780,212
968A	511113,094	4686012,700	782,384
969A	511112,484	4686011,424	780,285

970A	511110,826	4686009,937	780,300
971A	511110,501	4686007,568	780,299
972A	511107,543	4686006,429	780,303
973A	511106,414	4686008,121	780,108
974A	511104,968	4686010,880	780,158
975A	511105,248	4686009,797	782,301
976A	511107,036	4686011,101	780,284
977A	511106,295	4686013,075	780,293
978A	511106,420	4686013,274	780,336
979A	511113,182	4686014,250	780,218
980A	511109,635	4686014,513	780,274
981A	511109,792	4686014,309	780,254
982A	511110,535	4686012,348	780,275
983A	511110,162	4686012,094	780,272
984A	511107,288	4686011,006	780,295
986A	511086,906	4686009,551	782,710
987A	511087,531	4686007,470	780,618
988A	511086,565	4686002,764	782,676
989A	511093,481	4686003,438	780,505
990A	511088,591	4686002,620	782,695
991A	511092,936	4686011,272	780,479
992A	511112,377	4686016,791	782,375
993A	511112,622	4686018,081	782,318
994A	511112,931	4686019,525	782,177
995A	511118,848	4686021,808	780,362
996A	511119,892	4686021,211	782,212
997A	511114,135	4686019,342	780,295
998A	511120,324	4686019,788	780,633
999A	511121,388	4686020,185	780,480
1003PL	511135,849	4686027,502	780,313
1009PL	511139,076	4686022,738	780,634
1009PL	511139,076	4686022,738	780,634
1021PL	511134,002	4686020,517	782,723
1032PL	511138,690	4686022,238	783,694
1035PL	511138,689	4686022,240	784,701
1048PL	511132,554	4686021,785	784,270
1052PL	511131,656	4686024,264	783,187
1054PL	511131,659	4686024,263	782,408
1250PL	511139,228	4686029,647	780,506
1257PL	511145,260	4686026,094	780,463
1275PL	511144,330	4686028,621	783,264
1278PL	511143,262	4686031,150	783,505
1305PL	511141,459	4686024,750	783,779
1307PL	511139,694	4686028,461	782,601
1322PL	511144,663	4686024,486	783,800

Anexo III. Coordenadas de las señales utilizadas en el apoyo fotogramétrico para la documentación del osario en la capilla Corazón de Jesús.

Coordenadas en el sistema de referencia ETRS89

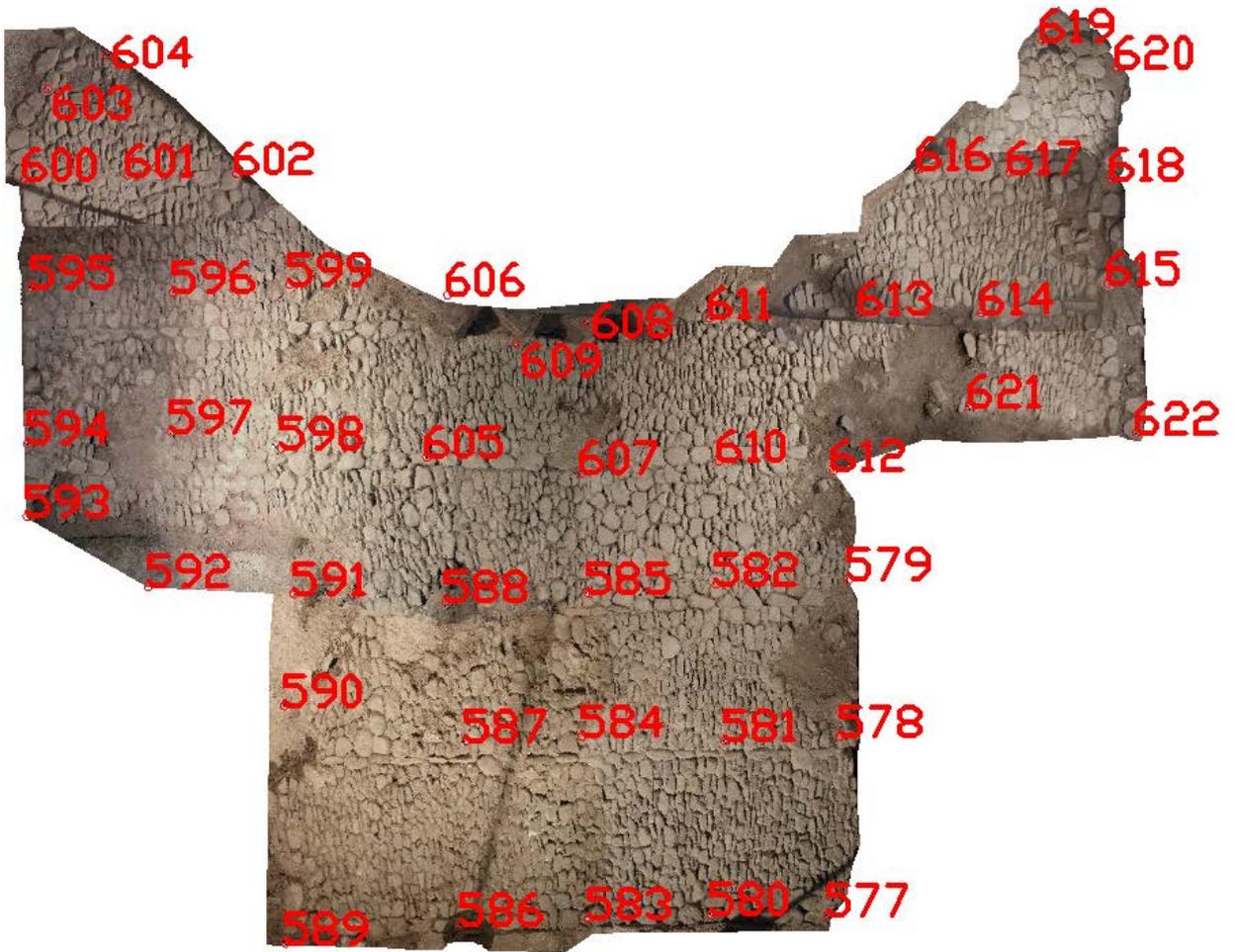
Punto	X (m)	Y (m)	Z (m)
101	511099,869	4686007,446	779,578
102	511098,549	4686006,684	779,878
945	511099,680	4686008,153	779,646
945	511099,680	4686008,153	779,646
947	511099,766	4686006,912	779,581
992	511100,744	4686008,290	779,892
993	511101,023	4686007,249	779,939
994	511100,086	4686008,510	779,723
994	511100,086	4686008,510	779,723
995	511098,743	4686007,813	779,670
995	511098,743	4686007,813	779,670
996	511098,056	4686008,223	780,024
997	511099,224	4686006,576	779,654
998	511100,555	4686009,033	780,156
998	511100,555	4686009,033	780,156
999	511100,459	4686007,016	779,594

Anexo IV. Coordenadas de las señales utilizadas en el apoyo fotogramétrico para la documentación del empedrado en la capilla Crucero Norte y croquis .

Coordenadas en el sistema de referencia ETRS89

Punto	X (m)	Y (m)	Z (m)
577	511130,034	4686017,347	780,108
578	511129,608	4686018,814	780,113
579	511129,213	4686020,095	780,091
580	511129,104	4686017,016	780,117
581	511128,700	4686018,446	780,119
582	511128,173	4686019,669	780,109
583	511128,146	4686016,624	780,117
584	511127,557	4686018,062	780,131
585	511127,183	4686019,223	780,121
586	511127,151	4686016,201	780,127
587	511126,646	4686017,686	780,134
588	511126,076	4686018,744	780,152
589	511125,809	4686015,539	780,171
590	511125,100	4686017,434	779,990
591	511124,849	4686018,359	779,984
592	511123,668	4686017,996	779,972
593	511122,499	4686018,199	780,144
594	511122,290	4686018,787	780,151
595	511121,862	4686020,043	780,146
596	511123,001	4686020,420	780,121
597	511123,396	4686019,295	780,138
598	511124,317	4686019,490	780,126
599	511123,902	4686020,822	780,106
600	511121,486	4686020,886	780,122
601	511122,294	4686021,221	780,105
602	511123,153	4686021,554	780,082
603	511121,409	4686021,682	780,119
604	511121,773	4686022,127	780,106
605	511125,497	4686019,840	780,130
606	511125,187	4686021,202	780,306
607	511126,776	4686020,167	780,117
608	511126,373	4686021,381	780,320
609	511125,885	4686021,014	780,117
610	511127,832	4686020,663	780,123
611	511127,340	4686021,780	780,112
612	511128,769	4686020,920	780,094
613	511128,520	4686022,257	780,097
614	511129,486	4686022,616	780,101
615	511130,401	4686023,220	780,100
616	511128,559	4686023,579	780,060
617	511129,296	4686023,820	780,083
618	511130,122	4686024,062	780,084
619	511129,164	4686024,968	780,122
620	511129,836	4686024,974	780,118
621	511129,665	4686021,834	780,066
622	511131,073	4686022,107	780,139

La siguiente imagen muestra la distribución de las señales:



PLANOS

Índice de Planos

Sección 1a	Escala 1/200
Sección 1b	Escala 1/200
Sección 2	Escala 1/100
Sección 3	Escala 1/100
Sección 4	Escala 1/100
Sección 5	Escala 1/100
Sección 6	Escala 1/100
Sección 7	Escala 1/100
Sección 8	Escala 1/100
Sección 9	Escala 1/100
Sección 10	Escala 1/100
Sección 11a.....	Escala 1/100
Sección 11b.....	Escala 1/100
Sección 12a.....	Escala 1/100
Sección 12b.....	Escala 1/100
Capilla San Miguel.....	Escala 1/25
Capilla Corazón de Jesús.....	Escala 1/25
Capilla Inmaculada.....	Escala 1/25
Capilla Virgen del Rosario.....	Escala 1/25
Crucero Norte.....	Escala 1/25
Capilla San Agustín.....	Escala 1/25
Capilla Monserrat.....	Escala 1/25
Capilla de las Reliquias.....	Escala 1/25

Planta_General.....	Escala 1/100
Planta_General_enterramientos.....	Escala 1/100
Planta_General_Restitución_Perspectiva.....	Escala 1/100
Vista Perspectiva.....	Sin escala
Empedrado Crucero Norte.....	Escala 1/25



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura (UPV-EHU)

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



UPV EHU