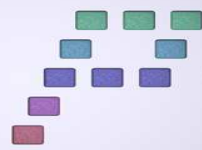

PFC



**Gestión del Patrimonio Cultural
Nuevas Tecnologías**

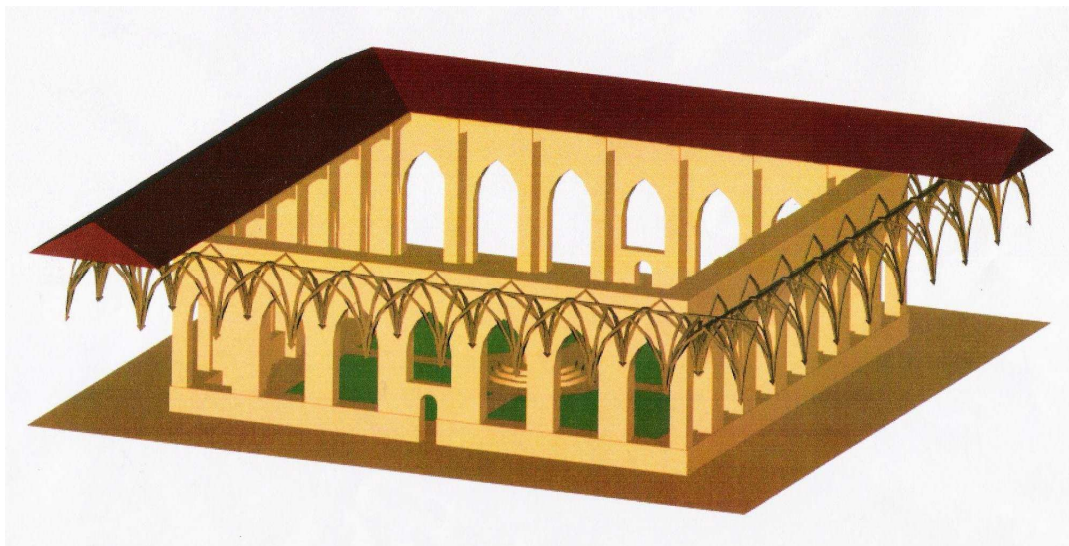
Año de realización:

Febrero 2007

Método/Equipo

Topografía clásica

TITULO: Levantamiento topográfico del claustro de la catedral de Sigüenza a escala 1:200.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

1.2. Localización

1.3. Reseña histórica

2. OBSERVACIONES MEDIANTE TOPOGRAFÍA CLÁSICA

2.1. Objetivo

2.2. Método de observación

2.3. Cálculo y ajuste

3. RADIACIÓN

3.1. Objetivo

3.2. Metodología

4. DISEÑO CARTOGRÁFICO Y EDICIÓN DE LOS PLANOS TOPOGRÁFICOS

4.1. Introducción

4.2. Preparación de los ficheros de trabajo

4.3. Dibujo de los planos

5. RECONSTRUCCIÓN TRIDIMENSIONAL DEL CLAUSTRO

5.1. Introducción

5.2. Reconstrucción tridimensional del Claustro

6. PRESUPUESTO

7. CONCLUSIONES

8. BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO I. RESEÑA DE LOS VÉRTICES DE LA RED

ANEXO II. PLANOS

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

El proyecto consistió en el levantamiento del claustro de la Catedral de Sigüenza (Guadalajara). Para la realización de este trabajo se determinaron las coordenadas, tanto planimétricas como altimétricas, de una red básica de cinco vértices, desde los que posteriormente se llevó a cabo el cálculo de las coordenadas de la radiación realizada desde ellos, utilizando una estación total de lectura sin prisma de reflexión. El levantamiento se realizó obteniendo la representación volumétrica del mismo. Una vez realizados los correspondientes cálculos para la obtención de las coordenadas de los puntos radiados, se procedió a la realización de los planos.

1.2. Localización

La ciudad de Sigüenza se encuentra situada en la provincia de Guadalajara, a 130 Km. de Madrid, 75 de Guadalajara y 200 de Zaragoza.

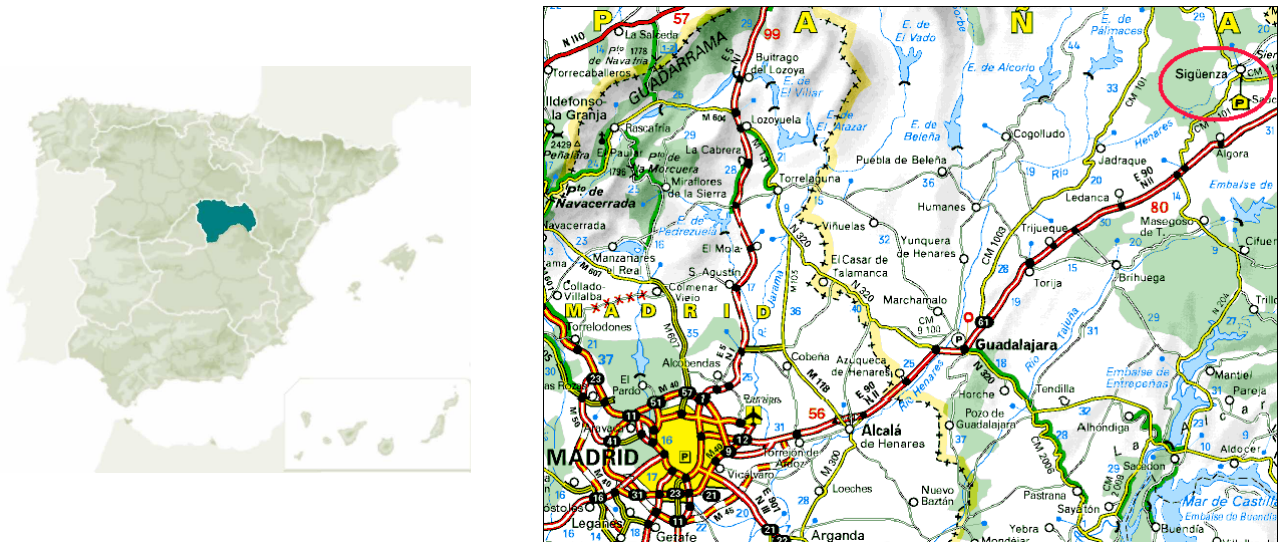


Figura 1: Mapa de localización

1.3. Reseña histórica

El asentamiento de población en esta parte del curso alto del río Henares se inició hace milenios. *Segontia* aparece, desde el siglo V antes de Cristo, como una de las ciudades más fuertes e importantes de la Celtiberia. Su nombre significa precisamente "la que domina el valle". Las campañas romanas contra la Celtiberia terminaron por rendir a las poblaciones del altiplano, entre ellas a *Segontia*.

Desde tiempos muy remotos, Sigüenza estuvo dividida en dos centros: de un lado el militar, consistente en un castro o fortificación romana sobre el lugar donde hoy se encuentra el castillo; y de otro el residencial, que creció a lo largo de la misma orilla del Henares, en su vega amable y cómoda. La historia conocida de Sigüenza comienza en los albores del siglo XII, con la Reconquista cristiana de la zona. El reino castellano-leonés una vez alcanzada la frontera tradicional del Duero, busca llegar hasta la del

Tajo, y adueñarse y poblar la Transierra castellana. Por ello el rey Alfonso VII entrega el obispado de Sigüenza, todavía en manos árabes, a Don Bernardo de Agen, y éste es el encargado de reconquistar la ciudad en 1123.

A partir de esta fecha se estabiliza la ciudad alta entorno al castillo, que será residencia oficial del obispo; y en la parte baja, poblada con más densidad y rapidez, se levantará muy pronto, la nueva catedral que sirva de sede al restaurado obispado.

2. OBSERVACIONES MEDIANTE TOPOGRAFÍA CLÁSICA

2.1. Objetivo

El objetivo fue la determinación de las coordenadas, tanto planimétricas como altimétricas, de una red básica, que constaba de 5 vértices, para poder llevar a cabo el cálculo de las coordenadas de la radiación realizada desde cada uno ellos.

Se utilizó la estación total TCR 705 de la casa Leica. Dicha estación permite realizar la medición de distancias sin prisma reflector mediante rayo láser visible (LR) o con prisma mediante infrarrojos (IR).



Figura 2: Estación TCR 705

2.2. Método de observación

El método utilizado para la observación de la red fue el de vuelta de horizonte, que consiste en observar los puntos que han de levantarse de forma consecutiva midiendo las distancias y las observaciones angulares entre ellos.

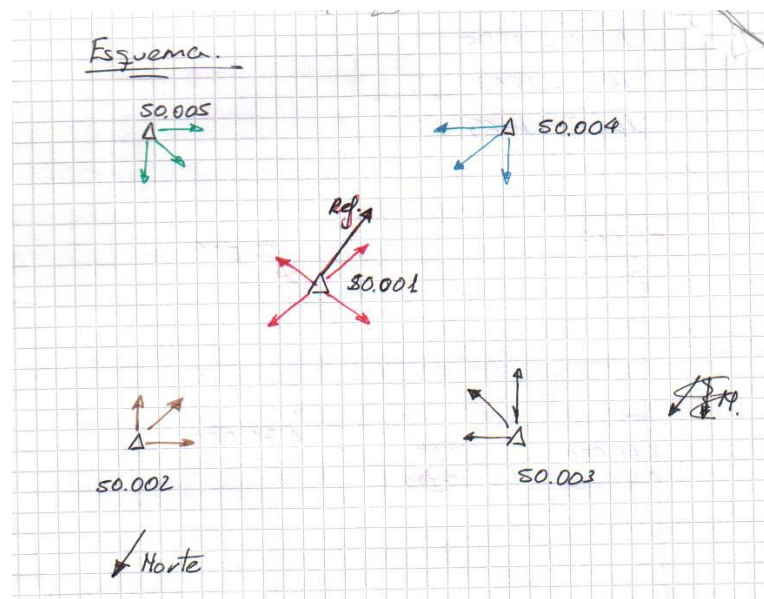


Figura 3: Croquis de visuales

De cada uno de los puntos de la red, se realizó su correspondiente reseña (Anexo I), para una futura localización de los mismos.

La medición de los ángulos y distancias se hizo mediante la observación directa y recíproca de los vértices visibles desde el de estacionamiento, anotando las lecturas acimutales haciendo puntería a la punta de un clavo, con la finalidad de reducir lo más posible el error de dirección, en la medida de distancias sin prisma. Las lecturas cenitales se realizaron a la parte central del prisma.

2.3. Cálculo y ajuste

En esta fase del proyecto se utilizó el programa de cálculos topográficos TopCal 21.

Para llevar a cabo el cálculo de las coordenadas aproximadas de los vértices, se consideró como punto fijo el vértice 50001, al cual se le dieron coordenadas relativas 1.000, 5.000, 900. Para este trabajo se tomó como referencia de acimutes un norte aproximado. Las coordenadas aproximadas de los vértices 50.002, 50.003, 50.004, 50.005 se consiguieron realizando una radiación a partir de la estación 50.001.

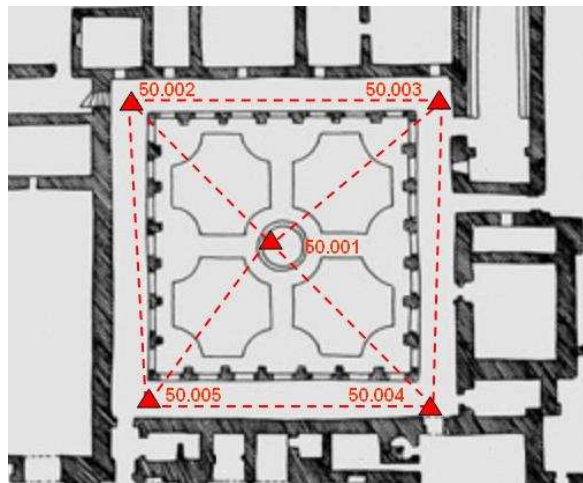


Figura. 4: Situación de los vértices en el claustro.

El cálculo de las coordenadas finales de las estaciones se realizó mediante un ajuste por Mínimos Cuadrados (MMCC).

Estación	Coordenadas Finales			
	X (m)	$\Gamma(x)$ (m)	Y (m)	$\Gamma(y)$ (m)
50001	1000,000	0,000	5000,000	0,000
50002	977,803	0,012	5001,744	0,001
50003	998,513	0,001	4977,095	0,013
50004	1026,714	0,015	4997,949	0,001
50005	1002,371	0,001	5025,368	0,014

La toma de datos para el cálculo de la nivelación trigonométrica, se llevó a cabo conjuntamente con la planimetría del polígono. Para ello se observó la red básica, en la que se visó a cada uno de los vértices tanto en CD como en CI, y se anotaron en este caso las distancias y los ángulos cenitales de cada una de las visuales realizadas.

El resultado del ajuste es el siguiente:

Estación	Coordenadas Finales	
	Z (m)	$\Gamma(z)$ m
50001	900,000	0,000
50002	899,248	0,006
50003	899,221	0,007
50004	899,345	0,006
50005	899,338	0,006

Una vez realizados los cálculos necesarios, se determinaron las coordenadas definitivas de los vértices, que fueron las siguientes.

Estación	Coordenadas Finales		
	X	Y	Z
50001	1000,000	5000,000	900,000
50002	977,793	5001,745	899,248
50003	998,512	4977,085	899,221
50004	1026,713	4997,948	899,345
50005	1002,372	5025,368	899,338
60000	991,666	5012,392	899,286
70000	1008,59	4987,268	899,289

Conocidas las coordenadas de los 5 vértices principales, se procedió a calcular las dos estaciones de densificación de la red básica.

Partiendo de las coordenadas finales obtenidas en el cálculo por MMCC de los vértices, se realizó una intersección directa desde las estaciones 50.001 y 50.005 para obtener las coordenadas del vértice 60.000, y de las estaciones 50.004 y 50.003 para obtener las del vértice 70.000.

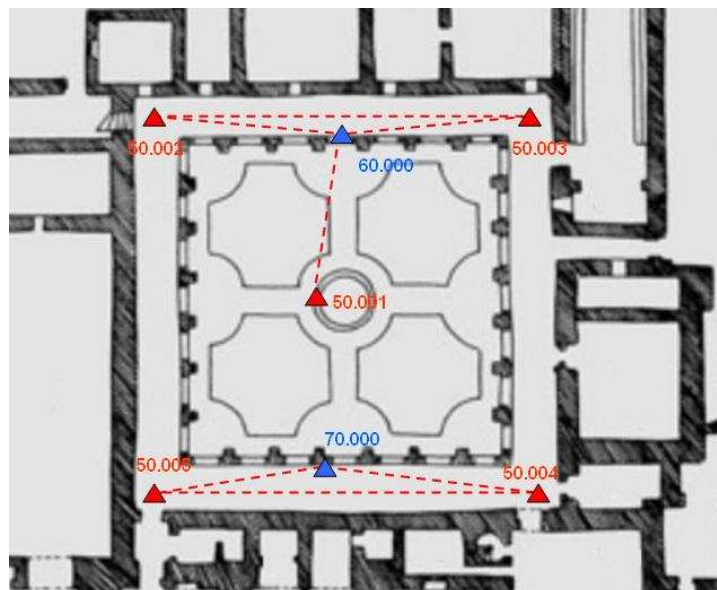


Figura. 5: Situación de los vértices de densificación de la red básica

Las coordenadas finales de los puntos de densificación de la red fueron las siguientes:

Estación	Coordenadas Finales		
	X	Y	Z
60000	991,666	5012,392	899,286
70000	1008,59	4987,268	899,289

3. RADIACIÓN

3.1. Objetivo

Mediante este método se determinaron las coordenadas de los puntos necesarios para la definición tridimensional del claustro. En este proceso se utilizó la estación total TCR 705 de la casa Leica, ya que gracias a la característica de no necesitar prisma reflector facilitó la toma de datos.



Figura 6: Toma de datos en el claustro

3.2. Metodología

Para la toma de datos se estacionaba el instrumento en los puntos de la red implantada previamente; se orientaba el aparato observando a tantos puntos de la red como fuera posible y se buscaban referencias lejanas y bien definidas, de las que se tomaban lecturas horizontales y verticales para poder comprobar posibles movimientos del aparato durante la realización de la observación.

Previamente se habían confeccionado croquis de los detalles que se encontraron en el Claustro y que se radiarían desde cada una de las estaciones, para anotar en ellos el número de cada punto radiado y facilitar la posterior edición de los planos.

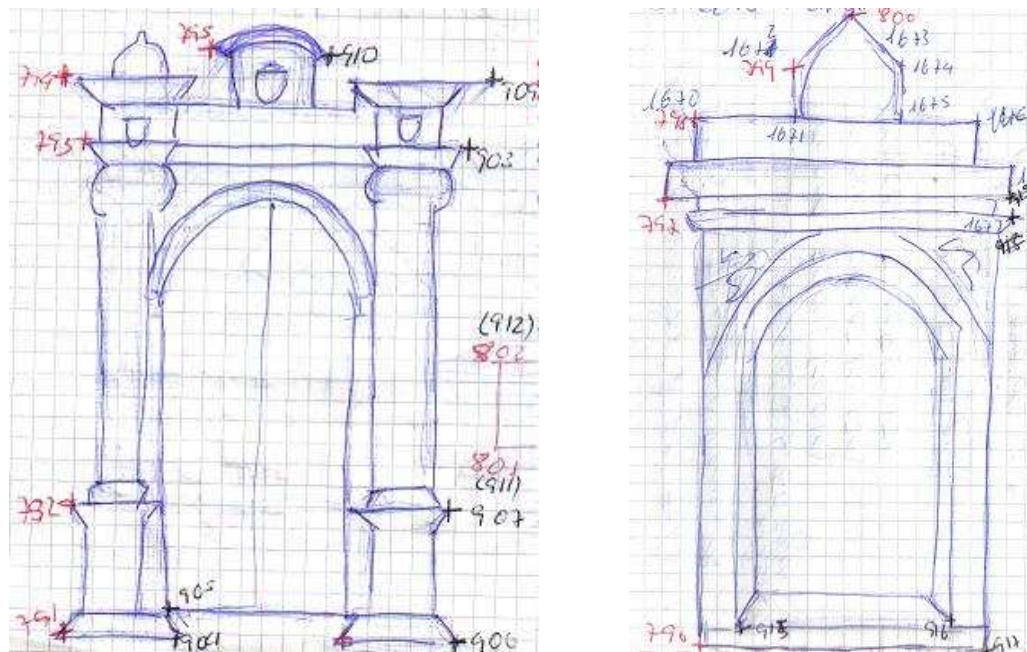


Figura 7: Croquis de algunos elementos del claustro

La distancia máxima de radiación se estableció en un valor de 316 metros. Radiando puntos por debajo de esta distancia se garantizaba que los errores cometidos en la observación de esos puntos no serían representables a escala 1/200, es decir, no superarían los 4 cm. En ningún caso durante la observación se superó dicha distancia.

Se tomaron un total de 1.524 puntos para realizar el levantamiento del Claustro.

Para determinar la precisión relativa de los puntos del levantamiento se consideró el vértice 50.001 como origen del sistema de referencia; su incertidumbre planimétrica y altimétrica, por lo tanto, era nula.

Para el cálculo del error máximo en planimetría o precisión planimétrica se utilizó la siguiente expresión:

$$E_{R_{XY}} = \sqrt{E_{R_p}^2 + E_{P_{XY}}^2}$$

Donde:

$E_{R_{XY}}$: precisión planimétrica del punto radiado.

E_{R_p} : precisión propia de la radiación.

$E_{P_{XY}}$: precisión planimétrica de la estación desde la que se realizó la radiación.

En el cálculo de las precisiones se considera siempre el caso más desfavorable. Por ello, se tomó el punto de estación que peor precisión tenía. Este vértice era el número 70.000 cuyo error máximo de la radiación fue de $E_{R_p} = 0,015$ m.

Luego la precisión planimétrica se estimó en: $E_{R_{XY}} = 0.021m$

Para el cálculo de las precisiones altimétricas se utilizó la siguiente expresión:

$$E_{R_z} = \sqrt{E_{R_A}^2 + E_{P_z}^2}$$

Resultando la precisión altimétrica en: $E_{R_z} = 0,017m$

4. DISEÑO CARTOGRÁFICO Y EDICIÓN DE LOS PLANOS TOPOGRÁFICOS

4.1. Introducción

Las fases anteriores de captura y tratamiento de datos necesarios para definir geoméricamente el claustro dieron como resultado una nube de puntos, a partir de la cual, y con ayuda de los croquis de campo, se elaboró un plano de la planta y del alzado del claustro a escala 1:200.

4.2. Preparación de los ficheros de trabajo

La obtención de los puntos del levantamiento se realizó mediante topografía clásica con estación total. A continuación se procedió a calcular las coordenadas planimétricas de los puntos que definían la planta del claustro, tal y como se explicó anteriormente.

Tras estas operaciones se creó un fichero ASCII que se transformó al formato .dwg, con el objeto de poder volcar estos datos en un programa de diseño gráfico (CAD). En este caso dicha transformación de formato se realizó con el mismo programa de cálculos topográficos TopCal21.

El programa de CAD utilizado en este caso fue Autocad 2005.

4.3. Dibujo de los planos

Algunos de los planos realizados se muestran en el Anexo II.

5. RECONSTRUCCIÓN TRIDIMENSIONAL DEL CLAUSTRO

5.1. Introducción

Después de la toma de datos, cuyo resultado ha sido la nube de puntos que define el claustro, debía realizarse la reconstrucción tridimensional.

La nube de puntos correspondía a las paredes y al patio central del claustro, por lo que se marcaron los huecos de las dependencias a las que se accedía desde éste.

5.2. Reconstrucción tridimensional del Claustro

La gran dificultad que presentaba esta fase era el trabajo con la tercera dimensión, junto con la gran cantidad de puntos tomados (alrededor de 1600), lo que provocaba un apelmazamiento de la información, que hacían que la localización de los puntos que formaban paredes y detalles del claustro en el espacio, fuera bastante complicado.

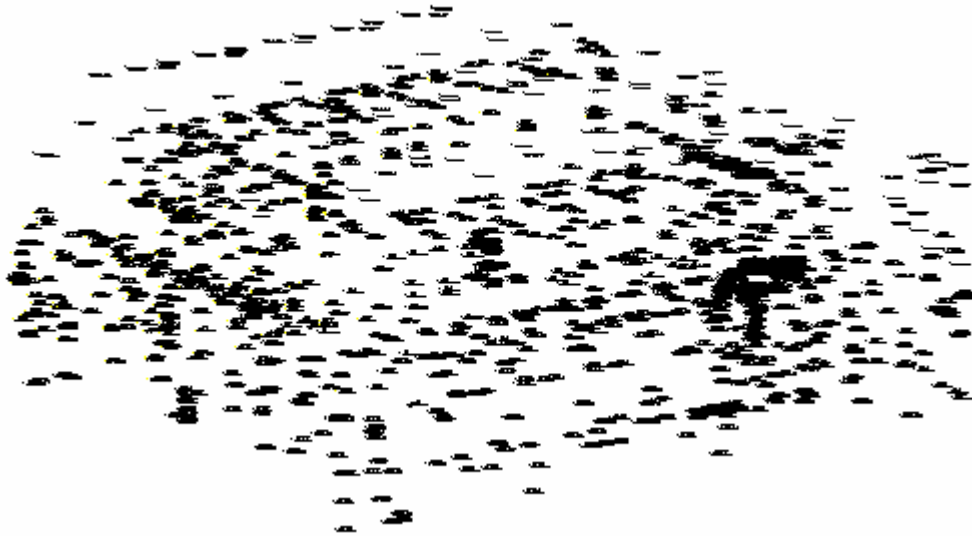


Figura 8: Nube de puntos del claustro

Para facilitar el trabajo no se utilizó la nube total de puntos observada, sino que una vez obtenida la planta del claustro, y conociendo las dimensiones de cada uno de los elementos que lo componían, se consideró más conveniente recurrir a la herramienta de extrusión en AutoCAD.

Mediante este procedimiento se consiguió el modelo tridimensional del claustro.

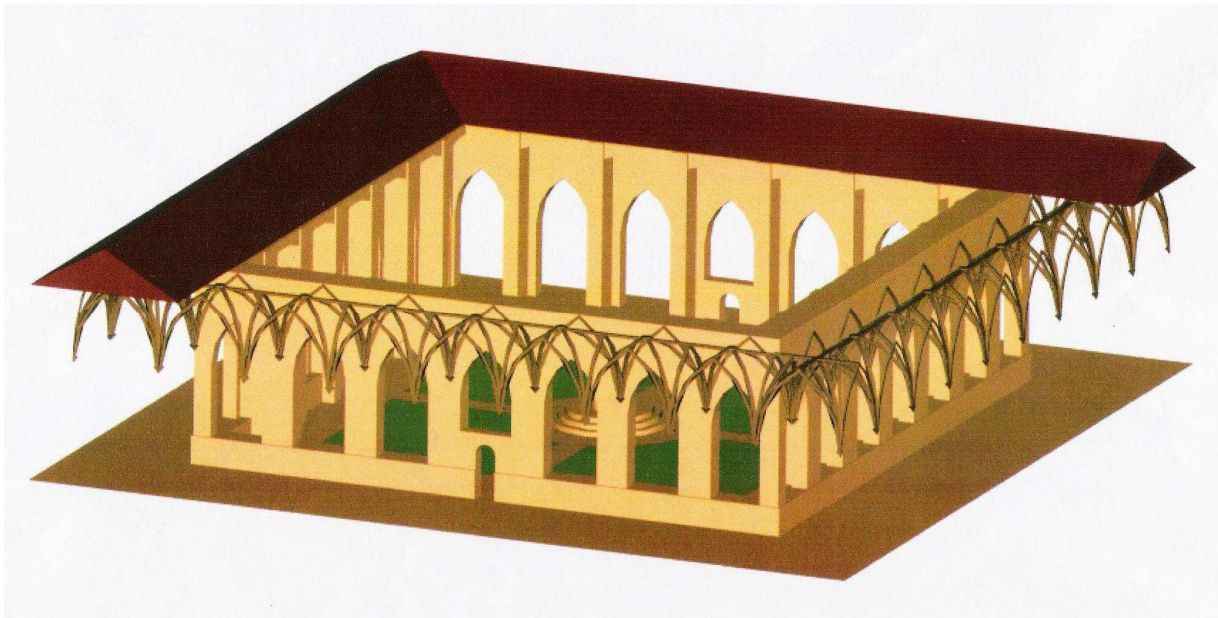


Figura 9: Reconstrucción tridimensional del claustro



Figura 9: Detalle de la bóveda de las Esquinas



Figura 10: Detalle de la bóveda de las Pandas

6. PRESUPUESTO

Aunque el presupuesto de la realización de este proyecto se calculó sin tener en cuenta la fase de aprendizaje de las múltiples y variadas técnicas implicadas en su ejecución, estos cálculos no dejan de ser una estimación, debido a la dificultad de poder diferenciar el período de aprendizaje y el período dedicado a trabajar para el proyecto.

ACTIVIDAD	COSTE
Fase previa:	
Reconocimiento del lugar	250,00
Planificación del Proyecto	320,00
Preparación del equipo de trabajo	320,00
	890,00
Observación de la poligonal:	
Localización y croquización de los vértices	250,00
Observación	450,00
	700,00
Radiación:	
Croquis de elementos representativos	250,00
Toma de puntos	2.970,00
	3.220,00
Cálculos:	
Volcado y edición de los datos	672,00

Calculo y ajuste	1.312,00
	1.984,00
Diseño cartográfico y edición de los planos:	
Diseño de los planos	1.148,00
Edición	820,00
Impresión	328,00
	2.296,00
Reconstrucción Tridimensional	1.640,00
	1.640,00
Preparación de la documentación	3.280,00
	3.280,00
Subtotal	14.270,00
Beneficio 14%	1.997,80
Total	16.267,80
Total + IVA(16%)	18.870,65

Los costes se muestran en euros.

7. CONCLUSIONES

En la elaboración de este proyecto se siguieron los siguientes procesos:

- Buscar la documentación necesaria para emplear ciertos instrumentos topográficos, y la metodología oportuna para cada caso.
- Saber qué tipo de material topográfico se necesita para cada fase del proyecto y emplearlos de la manera más adecuada.
- Tomar datos para posteriormente trabajar con ellos.
- Seguir los procesos necesarios para el desarrollo de un trabajo.

En cuanto a las conclusiones referentes al proyecto es importante destacar que en la elaboración de cualquier proyecto es de vital importancia la planificación y la organización del mismo. De la misma manera, es imprescindible la fase de reconocimiento del lugar y la señalización de las bases.

Por lo que respecta a una observación empleando la estación total sin prisma de reflexión, se debe tener en cuenta que facilita las observaciones en el ámbito del levantamiento de fachadas y edificios.

Por ultimo, es importante contar con unos croquis adecuados que garantice una fácil localización de los puntos a unir, en el caso de la edición de los planos. La existencia de programas de diseño asistido por ordenador y la calidad de los mismos, hacen que aumente la productividad y la calidad frente a las metodologías anteriores, pero a su vez obligan a un aprendizaje de su manejo y funcionamiento.

Agradecimientos

A Silvia Peces Rata, y a todos los tutores y alumnos que han hecho posible el proyecto y la redacción de este informe.

8. BIBLIOGRAFÍA

- **FEDERICO, Aurelio de** (1954): "La catedral de Sigüenza"; Ed. Plus·Ultra.
- **GARCIA Y BELLIDO; TORRES BALBAS; CERVEDA; CHUECA; BIDAGOR** (1968): "Resumen histórico del urbanismo en España"; Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- **PECES RATA, Felipe Gil** (1984): "La catedral de Sigüenza"; Ed. Everest S.A.
- **PECES RATA, Felipe Gil** (1986): "Sigüenza, La Ciudad del Doncel"; Ed. Everest S.A.
- **HERRERA CASADO, Antonio; ASENJO PELEGRINA, Juan José; PECES RATA, Felipe Gil** (1992): "La catedral y el museo diocesano de Sigüenza"; Ed. Ludion S.A.
- **JUSTE BALLESTA, José; BARCELÓ DE TORRES, Eduardo; MONTAÑÉS GARCÍA, Manuel** (2006): "La catedral de Sigüenza. La puesta en práctica de un Plan Director"; Ed. Lunwerg Editores.
- **PARIAGUA, José Ramón** (1978): "Vocabulario básico de arquitectura", Ediciones Cátedra, S.A.

Otras fuentes de información:

Proyectos:

- **CASTAÑO SUÁREZ, Angélica; CRIADO VALDÉS, Marta** (2005): "Levantamiento topográfico y generación del modelo tridimensional del "CASTILLO DE LA ADRADA" y de sus alrededores. Elaboración de un documento multimedia del castillo".
- **ALONSO RODRIGUEZ, Miguel Ángel** (2001); "Levantamiento topográfico del interior de la cúpula del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial".

Paginas de Internet:

- www.sigüenza.com
- www.pueblos-espana.org
- www.Goolzoom.com
- www.spain.info
- www.terra.es
- www.fuenterrebollo.com/Heraldica-Piedra/catedral-sigüenza.html

ANEXO I. RESEÑA DE LOS VÉRTICES DE LA RED

ANEXO I. RESEÑA DE LOS VÉRTICES DE LA RED.

Nº de estación: 50.001

Coordenadas Sistema Local:

X: 1000,000 m

Y: 5000,000 m

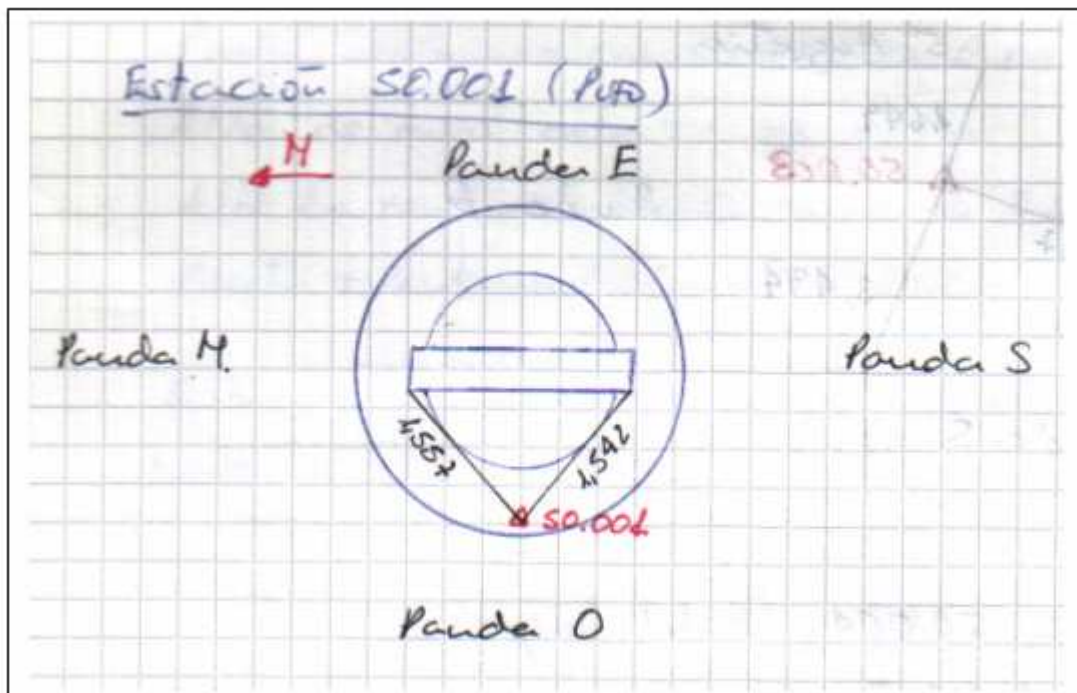
Z: 900,000 m

Tipo de señal:

Marca de pintura naranja.

Reseña literal:

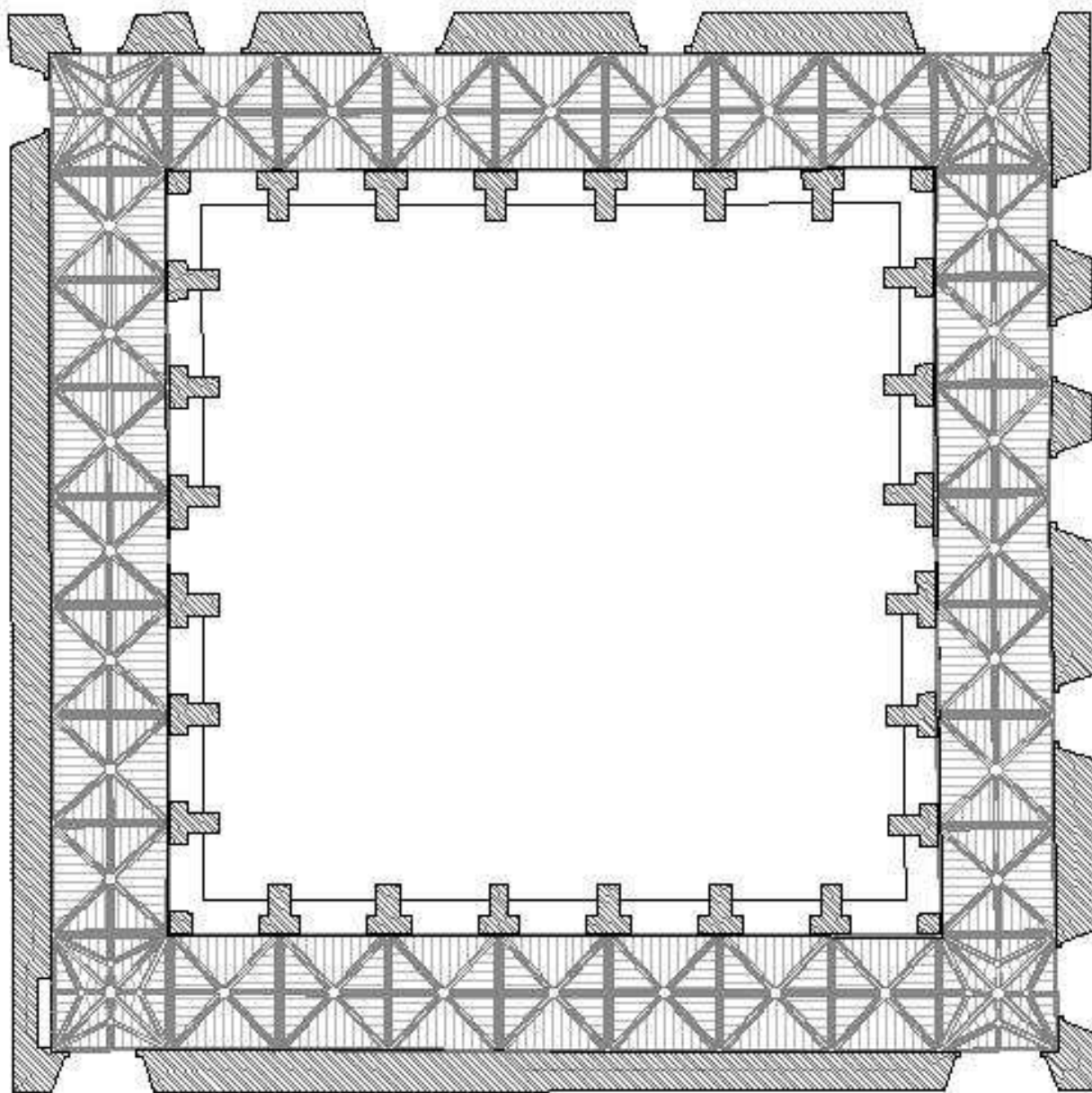
Situada en la parte oeste del escalón superior de la plataforma que da acceso al pozo.



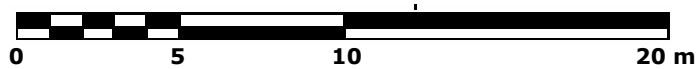
ANEXO II. PLANOS

ANEXO II. PLANOS

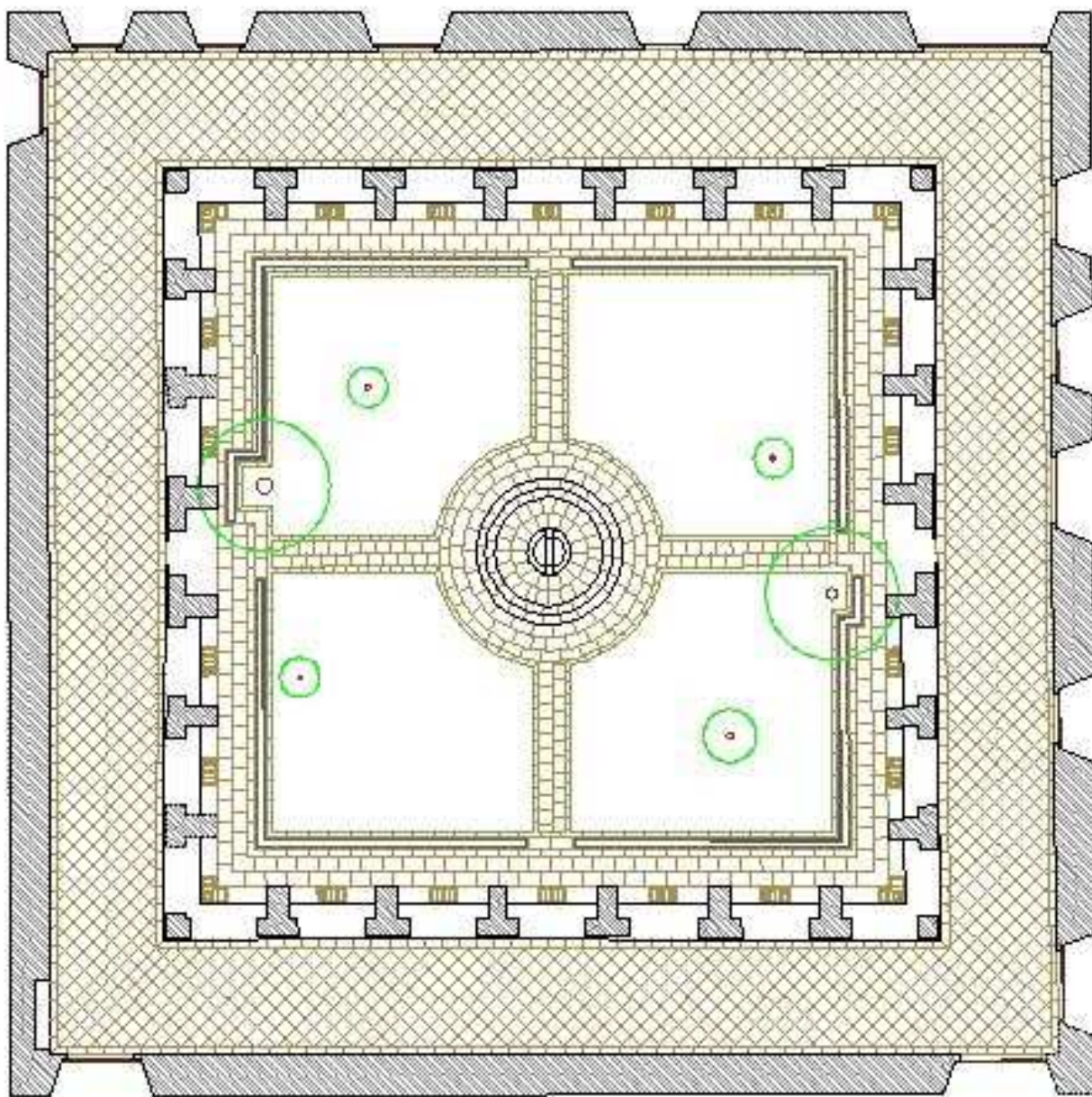
Bóveda del claustro



ESCALA GRÁFICA 1/200



Planta del claustro



ESCALA GRÁFICA 1/200

