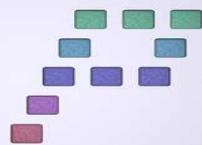


PFC



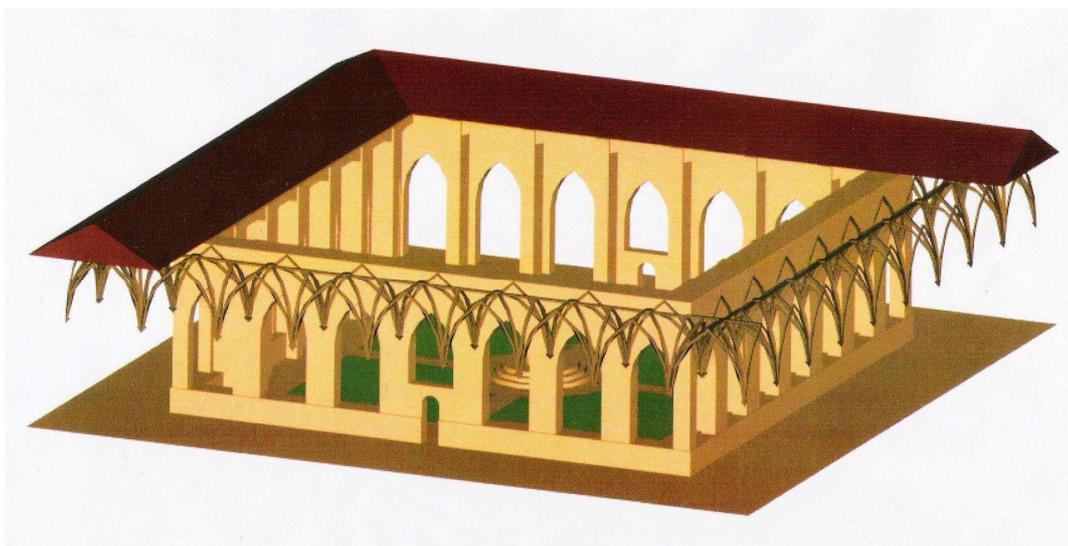
**Gestión del Patrimonio Cultural
Nuevas Tecnologías**

Année de réalisation:

Février 2007

Modélisation tridimensionnelle

**TITRE: Levé topographique du cloître de la cathédrale de Sigüenza à
l'échelle 1:200**



SOMMAIRE

1. Introduction

- 1.1. Objectifs
- 1.2. Localisation
- 1.3. Contexte historique

2. Observations de topographie classique

- 2.1. Objectifs
- 2.2. Méthode d'observation
- 2.3. Calculs et ajustements

3. Prise de point au laser

- 3.1. Objectifs
- 3.2. Méthodologie

4. Conception cartographique et impression des plans

- 4.1. Introducción
- 4.2. Preparación de los ficheros de trabajo
- 4.3. Dibujo de los planos

5. Reconstruction tridimensionnelle du cloître

- 5.1. Introduction
- 5.2. Reconstruction tridimensionnelle du cloître

6. Budget

7. Conclusions

8. Bibliographie

Annexes

- Annexe 1. Fiches signalétiques
- Annexe 2. Plans

1. Introduction

1.1. Objectifs

Le projet est constitué d'un levé du cloître de la cathédrale de Sigüenza (Guadalajara). Afin de réaliser ce travail, on va déterminer les coordonnées planimétriques et altimétriques d'un réseau de 5 points. Une fois ce calcul effectué, on va effectuer une série de prise de points utilisant une station totale de lecture sans prisme. Le levé va nous permettre de réaliser la représentation en 3D du cloître. Une fois les points pris au laser calculés, il ne nous reste plus qu'à réaliser le plan.

1.2. Localisation

La ville de Sigüenza est située dans la province de Guadalajara, à 130 Km de Madrid, 75 de Guadalajara et 200 de Zaragoza.

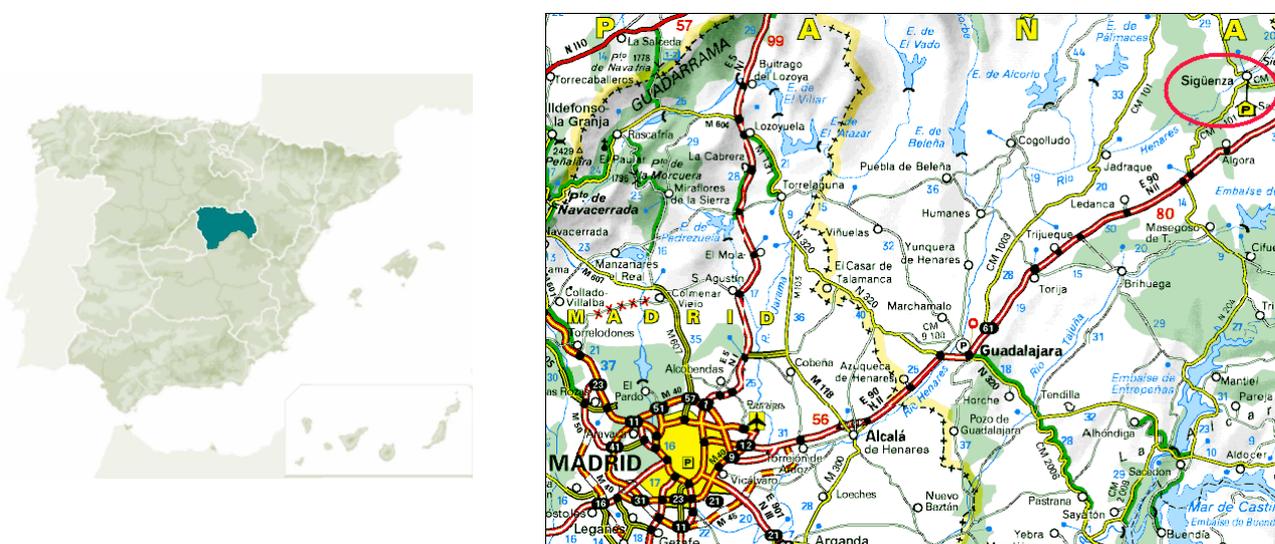


Image 1 : Localisation

1.3. Contexte historique

L'installation de population dans cette partie haute du cours de la rivière Henares s'est initiée il y a des millénaires. *Segontia* apparaît, dès le Ve siècle av. J.-C., comme l'une des villes les plus fortes et importantes de la Celtibéria. Son nom signifie précisément "celle qui domine la vallée". Les campagnes romaines contre la Celtibéria ont fini par vaincre les populations du haut plateau, dont celles de Segontia.

Par la suite, Sigüenza fut divisé à deux pôles: d'un côté le pôle militaire, constitué d'une fortification romaine situé là où se trouve aujourd'hui le château, et de l'autre le pôle résidentiel, dont la croissance fut aidée par la rivière Henares douce et fertile.

L'histoire connue de Sigüenza commence à l'aube du XIIe siècle, avec la *Reconquista* chrétienne de la zone. Les monarques Castillan-Leon, une fois la frontière traditionnelle du Douro atteinte, vont chercher à atteindre celle du Tage, afin de s'emparer et de peupler la Transierra castillane. Ainsi, le roi Alphonse VII remet l'évêché de Sigüenza, encore aux mains arabes, à Don Bernardo de Agen, qui aura pour mission de reconquérir la ville en 1123

À partir de cette date, la partie haute de la ville se stabilise autour du château, qui deviendra l'apanage de l'évêque; et dans la basse partie, plus dense densité et bénéficiant d'une croissance rapide, sera construite la nouvelle cathédrale qui servira de siège à l'évêché restauré.

2. Observation de topographie classique

2.1. Objectif

L'objectif a été de déterminer les coordonnées, planimétriques et altimétriques, d'un réseau basique, qui se compose de 5 sommets. Ces sommets serviront ensuite à la prise de points au laser.

Pour se faire, nous avons utilisé la station totale TCR 705 Leica. Grâce à cet appareil nous pouvons réaliser des mesures sans prisme à l'aide du laser (LR), mais aussi des mesures avec prisme au moyen de l'infrarouge (IR)



Figure 2: station TCR 705

2.2. Méthode d'observation

La méthode utilisée pour mettre en place le réseau est le tour d'horizon. Nous avons visé tous les points consécutivement et relevé les angles distances et les angles entre les différentes stations.

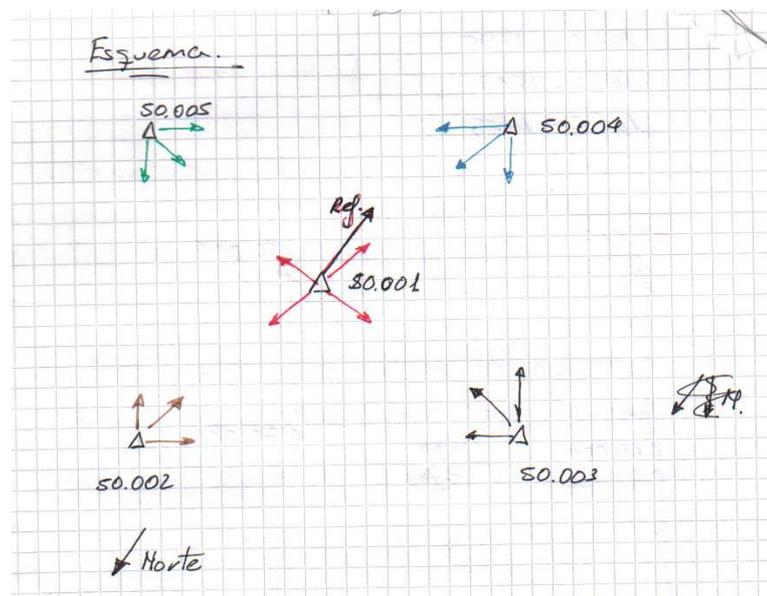


Figura. 3: Croquis de visuales

De chaque point est réalisé une fiche de station. Ceci afin à fin de pouvoir stationner le point ultérieurement.

La mesure des angles et de distances a été faite au moyen de l'observation directe et réciproque des sommets visibles depuis la station, en notant les lectures azimutales en faisant une visée à la pointe d'un clou, dans le but de réduire plus possible l'erreur angulaire dans la mesure de distances sans prisme. Les lectures zénithales ont été réalisées sur la partie centrale du prisme.

2.3. Calculs et ajustements

Dans cette partie du projet, on a utilisé le programme de calcul topographique TopCal 21.

Pour réaliser le calcul des coordonnées approximatives des sommets, on a considéré comme point fixe le sommet 50001, nous lui avons donné comme coordonnées relatives 1.000, 5.000, 900. Pour ce travail le nord approximatif a été pris comme référence d'azimutes. Les coordonnées approximatives des sommets 50.002, 50.003, 50.004, 50.005 ont été obtenus en réalisant une mesure à partir de la station 50.001.

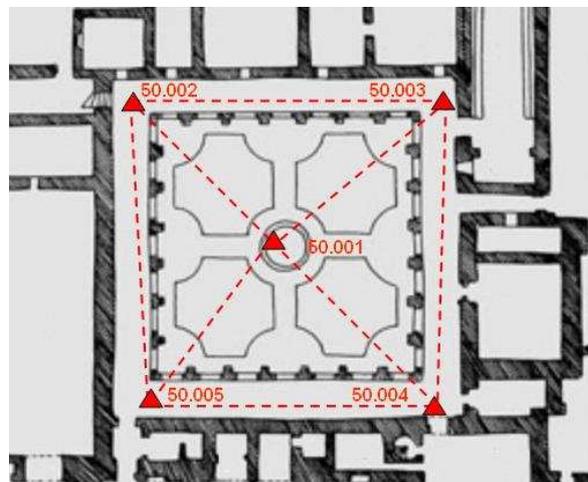


Figura. 4: Situación de los vértices en el claustro.

Le calcul des coordonnées finales des stations a été réalisé au moyen de la méthode des moindres carrés (MMC)

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 prise de données pour le calcul du nivellement trigonométrique, a été réalisée avec la planimétrie. Pour cela on a observé le réseau basique, dans lequel on a visé chacun des sommets en CD(cercle droit) et CG(cercle gauche), les distances et les angles zénithaux de chacune des visées réalisées nous ont permis de calculer les altitudes.

Ci-dessous le résultat des ajustements :

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

Une fois les calculs nécessaires réalisés, on a déterminé les coordonnées définitives des sommets.

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

Une fois les coordonnées des 5 sommets principaux connues, on a calculé les deux stations de densification du réseau basique.

En partant des coordonnées finales des sommets obtenues par MCC, on a réalisé une intersection directe depuis les stations 50.001 et 50.005 afin d'obtenir les coordonnées du sommet 60.000, et des stations 50.004 et 50.003 pour les obtenir du sommet 70.000.

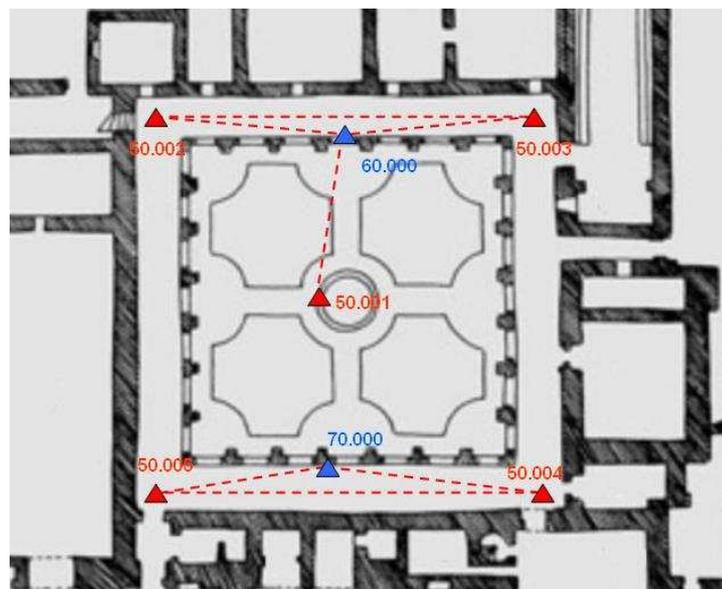


Figure. 5: localisation des sommets de densification du réseau basique

Ci-dessous les coordonnées finales des points de densifications :

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

3. Prise de point au laser

3.1. Objectif

Grâce à cette méthode, nous allons définir les coordonnées des points nécessaires à la définition tridimensionnelle du cloître. La tâche nous est facilitée par la station totale TCR 705, qui nous permet d'effectuer des mesures sans prisme.

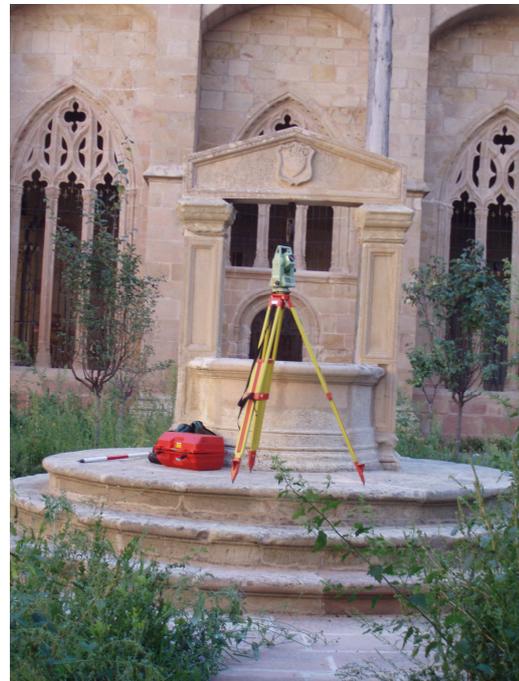


Figure 6: mesures à l'intérieur du cloître

3.2. Metodologie

Après avoir stationné les points définis précédemment, nous nous sommes orientés sur tous les points que nous avons pu viser. Nous avons aussi visé des références éloignées et bien définies afin de s'assurer que la station reste stable durant la prise de données.

Au préalable nous avons réalisé un croquis du cloître. Celui-ci va nous permettre de situer les points que nous allons mesurer au laser, et ainsi de faciliter la future réalisation du plan.

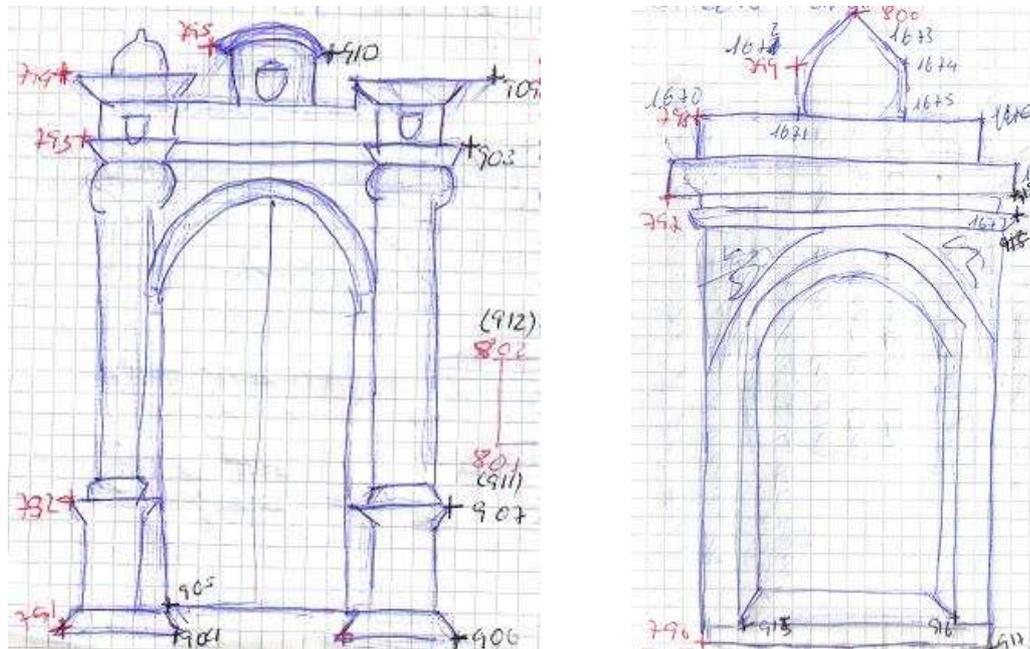


Figure 7: Croquis des éléments caractéristiques du cloître

La distance maximale de prise de point au laser est de 316m. En dessous de cette distance, il est garanti que les erreurs systématiques ne puissent pas se voir sur un plan au 1/200, c'est à dire une erreur inférieure à 4 cm. Nous n'avons jamais pris de mesures de plus de 316 m durant cette mission.

Nous avons pris un total de 1524 points pour réaliser le levé du cloître.

Pour déterminer la précision relative des points, nous avons considérés le sommet 50,001 comme origine du système de référence. Son incertitude planimétrique et altimétrique sera donc nulle.

Pour calculer la précision planimétrique, nous avons utilisé l'expression suivante.

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

$E_{R_{XY}}$: précision planimétrique des points pris au laser

E_{R_p} : précision de la prise de point au laser

$E_{P_{XY}}$: précision planimétrique de la station depuis laquelle se réalise la mesure

Pour le calcul des précisions, on se place toujours dans le cas le plus défavorable. Ainsi, on choisit le point du réseau le moins précis. En l'occurrence, le point 70.000 dont l'erreur maximum est $E_{Rp} = 0,015 \text{ m}$.

Au final la précision planimétrique: $E_{R_{xy}} = 0,021 \text{ m}$

Pour calculer les précisions altimétriques on utilise l'expression suivante.

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

Au final la précision altimétrique: $E_{R_z} = 0,017 \text{ m}$

4. Conception cartographique et impression des plans

4.1. Introduction

Les phases antérieures de capture et de traitement de données nécessaires pour définir géométriquement le cloître ont donné comme résultat un nuage de points, qui nous a permis avec aide des croquis d'élaborer un plan à une échelle 1:200.

4.2. Préparation des fichiers

L'obtention des points a été réalisée au moyen d'une méthode topographie classique avec une station totale. Ensuite on a procédé au calcul des coordonnées planimétriques des points qui définissaient le cloître, comme expliqué ci-dessus.

Après ces opérations on a créé un fichier ASCII qu'on a transformé au format .dwg, afin de pouvoir utiliser ces données dans un programme de conception graphique automatisée (CAD). Dans ce cas la dite transformation de format a été réalisée par le même programme de calculs topographiques

Nous avons utilisé le programme de CAD Autocad 2005.

4.3. Réalisation des plans

Les plans réalisés se trouvent en annexe 2

5. RECONSTRUCTION TRIDIMENSIONNELLE DU CLOITRE

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. Reconstruction tridimensionnelle du cloître

La grande difficulté que cette phase présentait, était le travail en trois dimensions, avec la grande quantité de points pris (autour de 1600). Ceci provoquait une compacité de l'information, par conséquent la localisation des points qui formaient des murs et les détails du cloître dans l'espace, était assez compliquée.

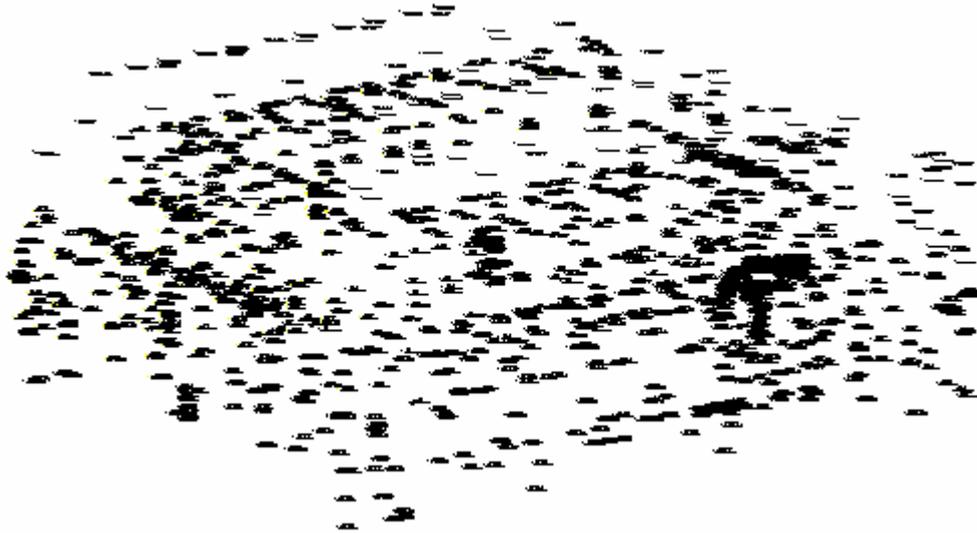


Figure 8: Nuage de point

Pour faciliter le travail nous n'avons pas utilisé la totalité du nuage de points. Une fois le plan du cloître, et les dimensions de chacun des éléments obtenus, nous avons préféré recourir à l'outil d'extrusion dans AutoCAD

Cette méthode nous a permis d'obtenir le modèle tridimensionnel du cloître.

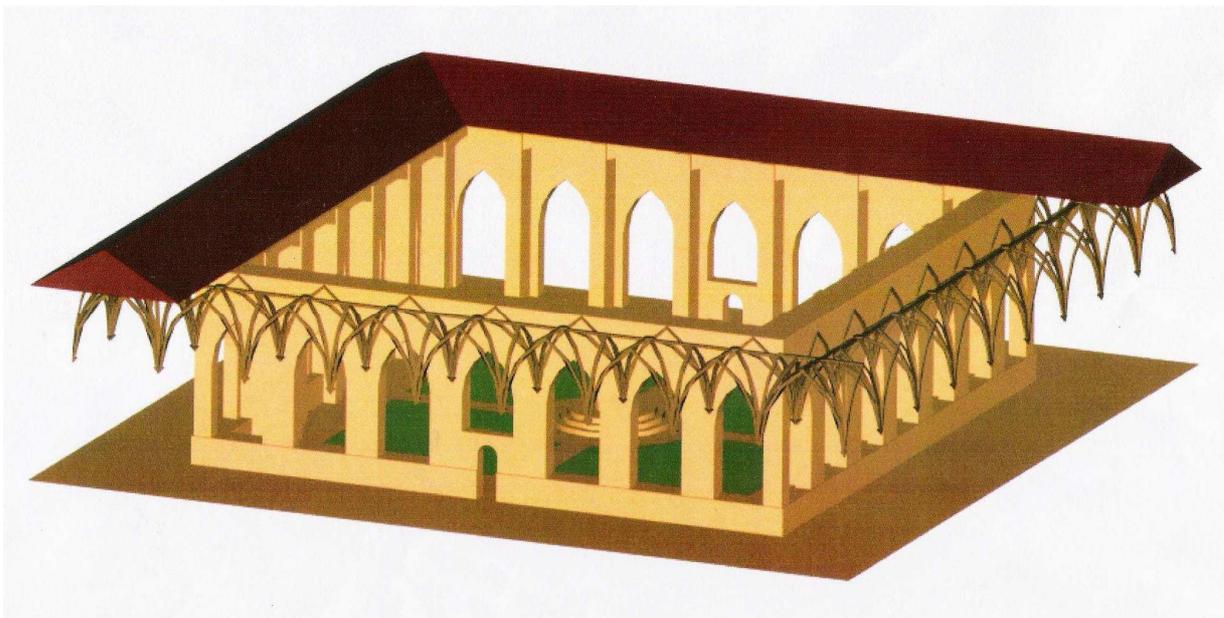


Figure 10: Reconstruction tridimensionnelle du cloître



Figure 9: Détail de la voute de "las Esquinas"



Figura 10: Détail de la voute de « las Pandalas »

6. Budget

Le budget de ce projet ait été calculé sans tenir en compte de la phase d'apprentissage des multiples techniques impliquées dans son exécution. Après avoir différencié la période d'apprentissage de la période dédiée à travailler pour le projet, nous pouvons effectuer une estimation plus correcte.

ACTIVIDAD	COSTE
Phase préliminaire:	
Reconnaissance des lieux	250,00
Planification du projet	320,00
Préparation de l'équipement	320,00
	890,00
Réalisation du cheminement polygonal	
Materialisation et croquis	250,00
Mesures	450,00
	700,00
Mesures au laser:	
Croquis du cloître	250,00
Prise de point	2.970,00
	3.220,00
Calculs:	
Transfert et édition de données	672,00
Calculs et ajustements	1.312,00
	1.984,00
Conception cartographique et impression des plans:	
Réalisation des plans	1.148,00
Edition	820,00
Impression	328,00
	2.296,00
Reconstruction tridimensionnelle	1.640,00
	1.640,00
Preparation de la documentation	3.280,00
	3.280,00
Soustrtotal	14.270,00
Benefices 14%	1.997,80
Total	16.267,80
Total + IVA(16%)	18.870,65

Les prix sont en euros.

7. Conclusions

Dans l'élaboration de ce projet nous avons réalisés ces processus:

- Chercher la documentation nécessaire pour employer certains instruments topographiques, et la méthodologie opportune pour chaque cas.
- Savoir quel type de matériel topographique est nécessaire pour chaque phase du projet et les employer de la manière la plus adéquate.
- Prendre des données pour s'en servir en suite.
- Suivre les processus nécessaires pour le développement d'un projet.

En ce qui concerne les conclusions référents au projet il est important de souligner que dans l'élaboration de n'importe quel projet la planification et l'organisation sont d'une importance capitale. De même, les phases de reconnaissance et de signalisation sont essentielles.

En ce qui concerne les observations au moyen de la station totale sans prisme, il est important de prendre en compte le fait que cela facilite les observations de levage de façades et d'édifices.

Finalement, il est important de disposer de croquis adéquats, afin de garantir une localisation facile des points communs. L'existence de programmes de conception assistés par ordinateur améliorent la productivité et la qualité, cependant, ils est nécessaire de passer par une phase d'apprentissage de ces nouvelles technologies.

Acknowledgment

To the student Silvia Peces Rata, and all the supervisors and students who made possible the project and this report.

8. Bibliographie

- **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:

Projets:

- **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".

Sites web:

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

ANNEXE I. CROQUIS DE STATIONS DES POINTS DU RÉSEAU

ANNEXE I. CROQUIS DE STATION DES POINTS DU RÉSEAU

N° de estación: 50.001

Coordenadas Sistema Local:

X: 1000,000 m

Y: 5000,000 m

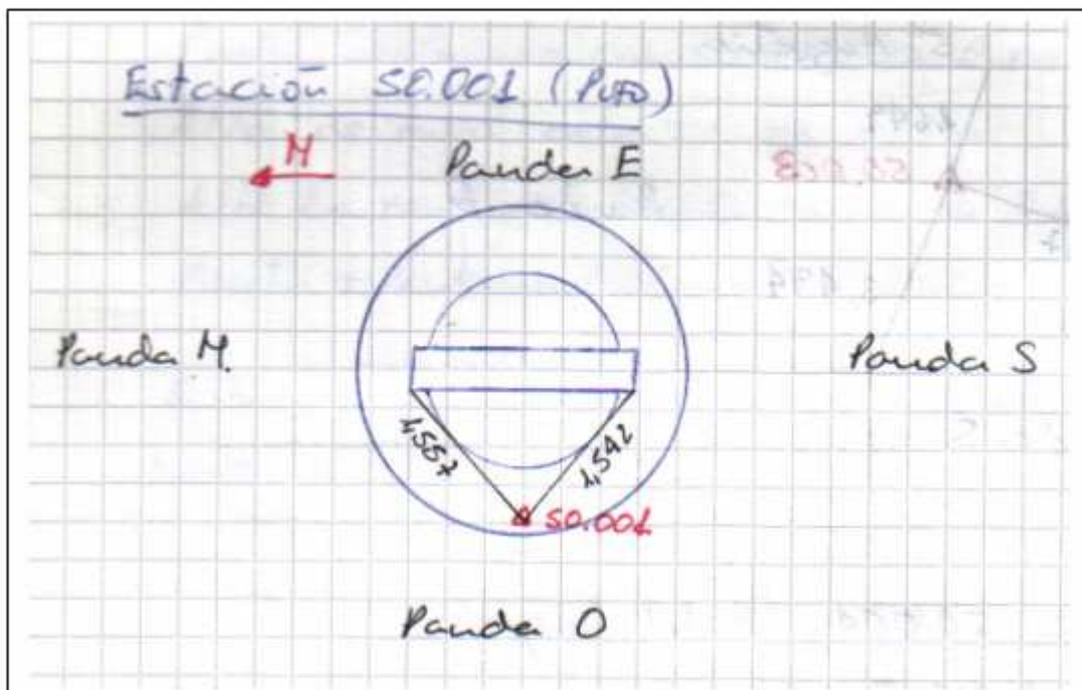
Z: 900,000 m

Tipo de señal:

Marca de pintura naranja.

Reseña literal:

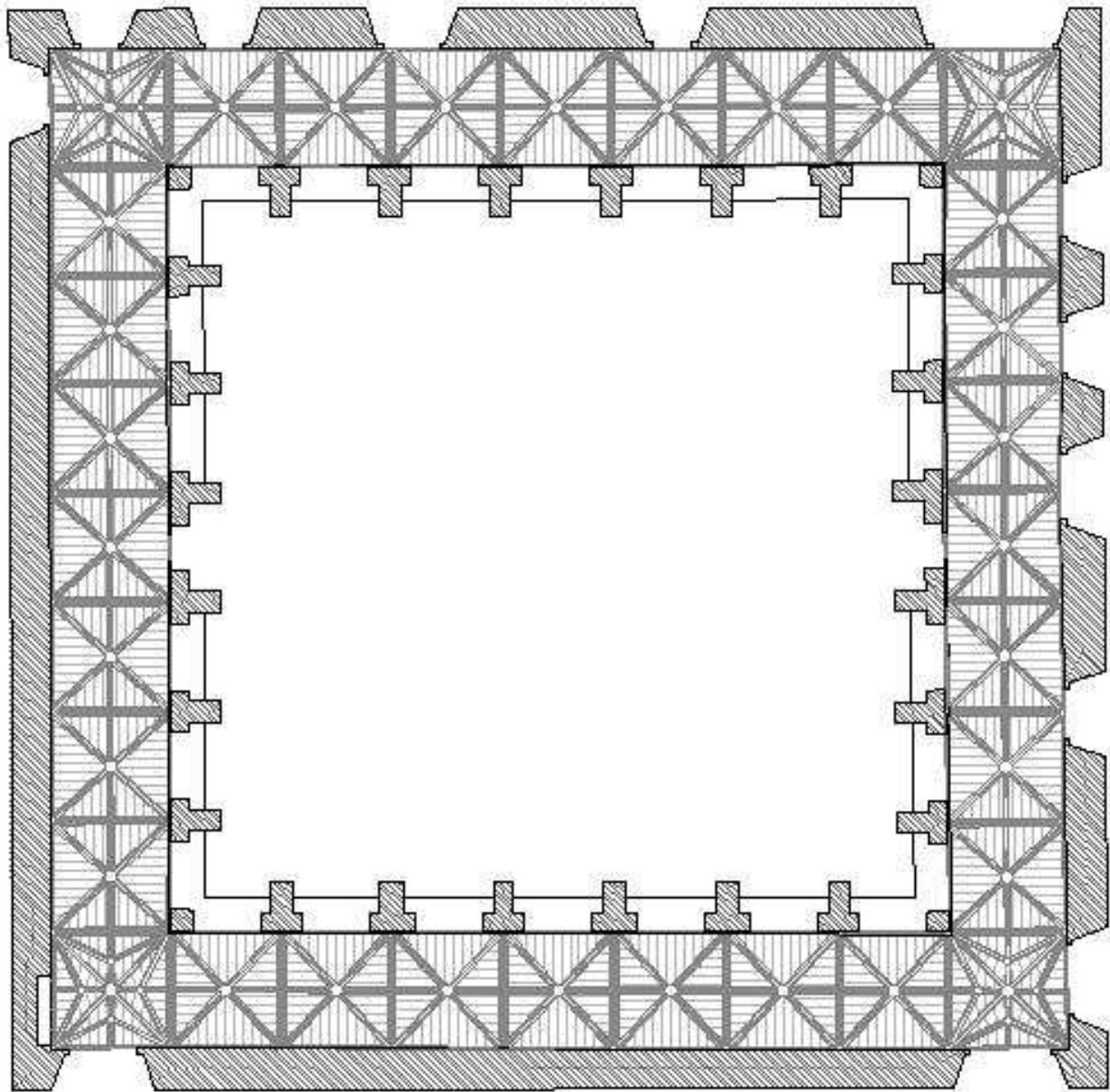
Situada en la parte oeste del escalón superior de la plataforma que da acceso al pozo.



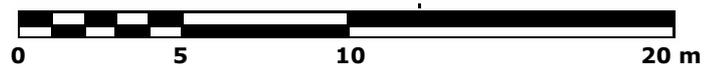
ANNEXE II. PLANS

ANNEXE II. PLANS

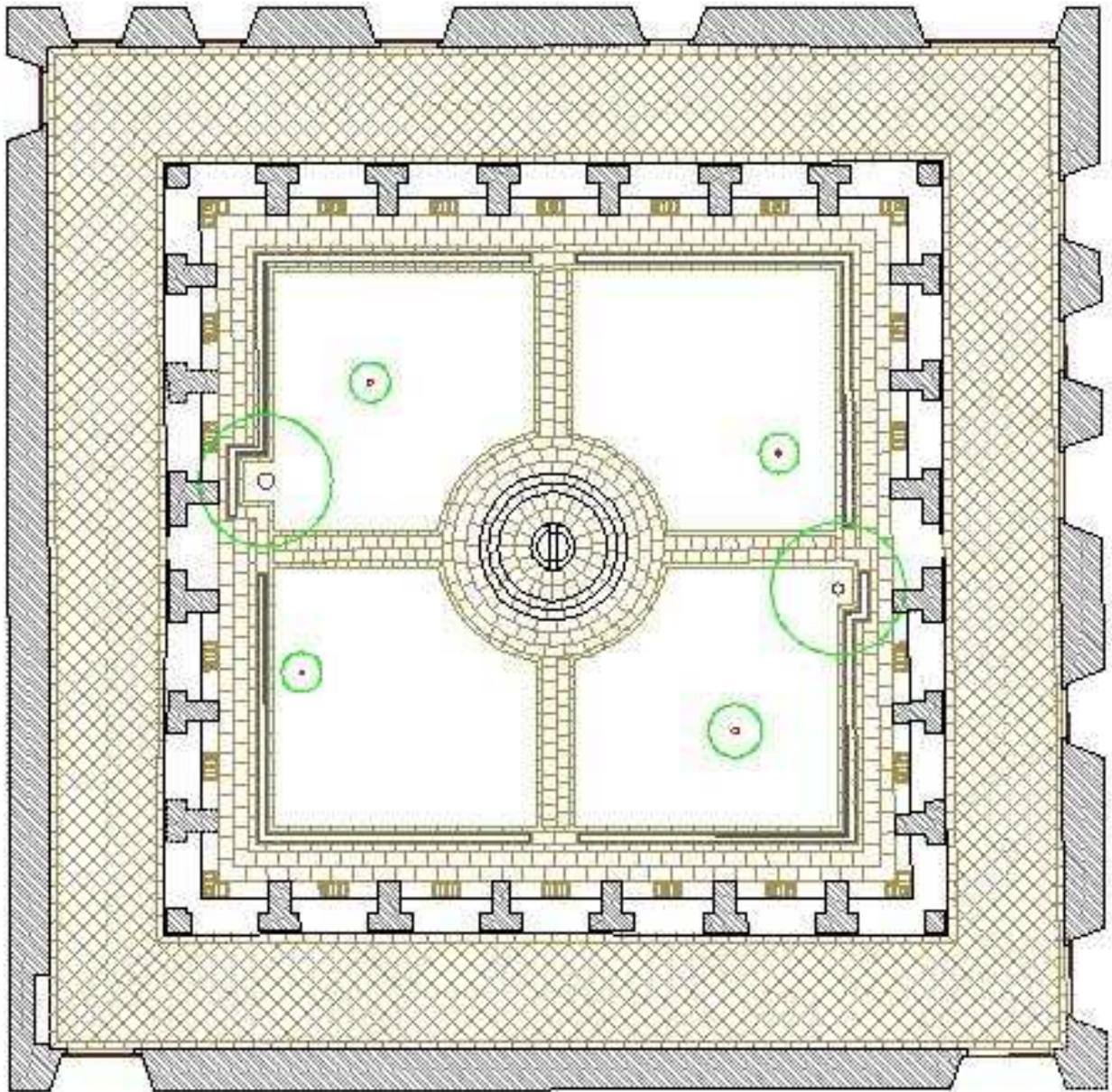
Voute du cloître



ESCALA GRÁFICA 1/200



Sol du cloître



ESCALA GRÁFICA 1/200

