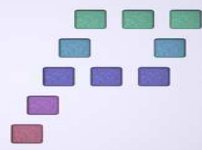

PFC



**Gestión del Patrimonio Cultural
Nuevas Tecnologías**

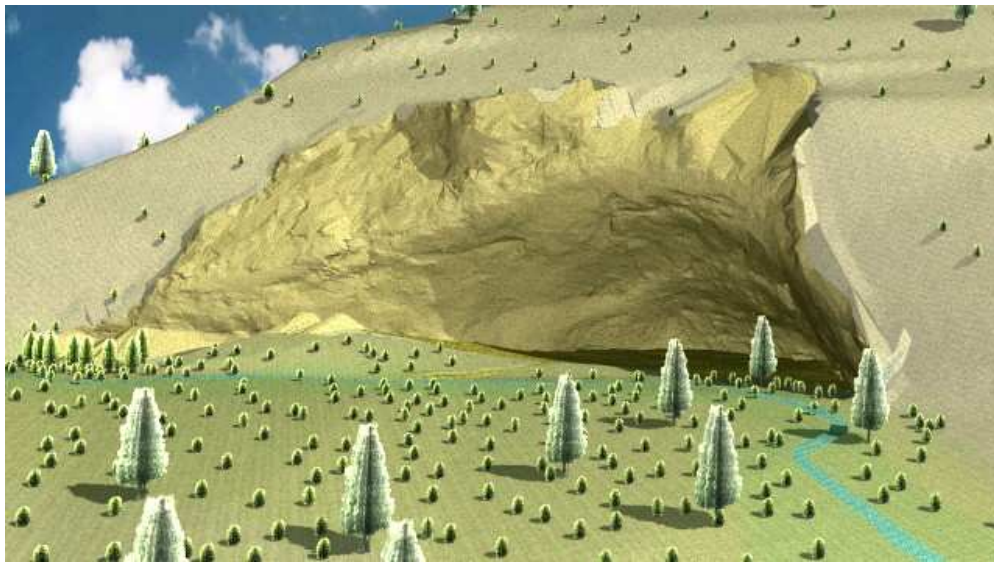
Année de réalisation:

Novembre 2005

Méthode/Equipe

Topographie classique

SUJET: Projet d'implantation d'un réseau de base au moyen d'un GPS pour rattacher le refuge paléolithique de Cova Gran. Obtention d'une cartographie et d'un modèle digital de terrain du lieu.



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	Pag. 3
1.1. Objectifs	
1.2. Localisation	
1.3. Histoire	
2. RESEAU GPS	Pag. 5
2.1. Réseau de base. Rattachement à un réseau géodésique	
2.2. Réseau secondaire	
3. POLIGONALE METHODE TOPOGRAPHIE CLASIQUE	Pag. 7
4. LEVE LASER.....	Pag. 8
5. CARTOGRAPHIE ET EDITION DEL PLANS TOPOGRAPHIQUES.....	Pag. 8
5.1. Dessin des plans	
6. MODELE DIGITAL DE LA GROTT.....	Pag. 12
7. BUDGET.....	Pag. 17
8. CONCLUSIONS	Pag. 18
9. BIBLIOGRAPHIE.....	Pag. 19

ANNEXES

ANEXO I. PLANS

1. INTRODUCTION

1.1 Objectifs

Ce projet est une collaboration entre l'Université Polytechnique de Madrid (UPM) et l'Université Autonome de Barcelone (UAB) sur le travail de recherche archéologique Cova Gran. Ce projet est géré par trois chercheurs, D. Raphaël Mora Torcal, professeur Titulaire du Département d'Anthropologie Sociale et de Préhistoire de l'Université Autonome de Barcelone, par D. Jorge Martínez Moreno, Docteur dans la Préhistoire de l'UAB et chercheur associé au Centre d'Études Historiques du CSIC et par Paloma González Marcén, Professeur Titulaire du Département d'Anthropologie Sociale et de Préhistoire de l'Université Autonome de Barcelone.

Le projet s'est monté avec l'intention d'obtenir une cartographie du refuge paléolithique puis de réaliser un modèle digital de terrain.

1.2 Localisation

La "Cova Gran" se trouve dans les environs d'un petit village s'appelant Santa Linya proche de Balaguer (dans la région de La Noguera dans la province de Lleida, en Catalogne) à environ 210 Km au Nord-Nord-Ouest de Barcelone. Le refuge est établi au centre d'un petit ravin étroit. Il est supposé que ce refuge fut occupé plusieurs fois par les chasseurs du Tardiglaciaire.



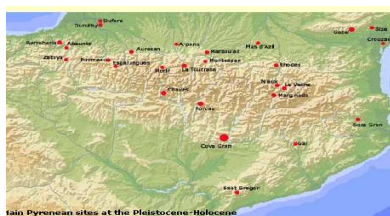
Figura 1: Carte de localisation de Cova Gran

1.3. Histoire

La fouille du site archéologique a commencé en 2002, un an après sa découverte. Les premiers résultats de la fouille signalent que le "Cova Gran" a été occupée plusieurs fois au cours du Pleistocène et du Holocène.

Ce site archéologique est important puisque l'activité de chasse durant ces époques a été constatée tant dans la partie nord des Pyrénées que dans sa partie sud. Cependant les sites archéologiques sur le versant sud sont peu nombreux. Ce contraste entre le nord et le sud, engendre des doutes importants quant à la qualité de barrière naturelle des Pyrénées durant la transition Pleistocène-Holocène. De même, des doutes demeurent pour savoir si les côtes méridionales des Pyrénées peuvent se considérer comme des aires d'attraction pour les chasseurs du Tardiglaciaire-Holocène.

De ce point de vue, la fouille de "Cova Gran" ouvre une porte dans le passé, qui améliorera la connaissance archéologique et expliquera si cette zone était une région habitée durant la dernière période glaciaire de l'Holocène précoce, et si oui pourquoi.



Ce travail était d'autant plus important qu'il constituait une base d'approche pour d'autres gisements. Il faut savoir que la même équipe archéologique travaille sur un autre site archéologique aux caractéristiques similaires, situé non loin de Cova Gran et dénommé "la Roche dels Bous".

2. RESEAU GPS

2.1. Réseau primaire, rattachement au réseau géodésique

L'objectif principal de ce projet a été la création d'un réseau de base afin de rattacher le chantier au réseau officiel.

Les matériels utilisés pour faire les observations sont:

- Trois équipements GPS-300 de Leica avec radio-modem et accessoires.
- Trois tripodes rigides.
- Mètre

Pour l'implantation du réseau, nous avons utilisé les cartes de la zone du site archéologique et des ses environs à l'échelle 1:50 000 et 1:25 000. Ces cartes nous ont aidés à localiser les meilleurs endroits pour implanter les futurs points du réseau primaire. Les feuilles utilisées sont les suivantes :

1: 50 000	32-13 (327)
	33-13 (328)
1: 25 000	327(feuilles II y IV)
	328(feuilles I y III)

Les feuilles de 1:50 000 ont été obtenues au Service Géographique de l'Armée, celles de 1:25 000 au Centre National d'Information Géographique.

Une fois localisés les lieux possible pour l'implantation du réseau, leurs coordonnées ont été cherchées dans les systèmes WGS84 et REGENTE pour pouvoir appliquer par la suite notre transformation. Les coordonnées ont été obtenues sur la page Web de l'Institut Cartographique de la Catalogne (ICC) - [http:// www.icc.es/](http://www.icc.es/). Nous avons décidé de réaliser l'observation sur une base du réseau DIRIGE et sur trois bases du réseau de l'ICC.

Les points et leurs coordonnées :

COORDENADAS UTM 31 N				
NOMBRE ICC	X	Y	Z	NOMBRE RED BÁSICA
253100001	305811,041	4643786,978	1033,693	REGENTE2
257103001	321894,639	4636958,135	573,977	ICC1
257101001	320610,565	6460728,292	949,499	ICC2

Avec ces points, on a décidé de rayonner un point fixe dans la zone de travail, dans la localité de Sainte Linya. Quand ses coordonnées ajustées ont été obtenues, à partir de ces derniers points, le point fixe serait utilisé dans le calcul du Réseau Basique.

Par la suite, on a cherché les emplacements idéaux pour implanter les points du réseau du gisement. Les points du réseau devant servir de base aux campagnes postérieures, ils ont été choisis de façon à ce qu'ils soient dans des zones suffisamment stables. Leur stabilité a de plus été renforcée avec du ciment et des barres en acier longues de 50 cm.

Pour l'observation du réseau, la méthode statique rapide a été employée avec des temps d'observation de 15 minutes. Après le placement du récepteur sur le point fixe de Sainte Linya, une observation du réseau a été réalisée sur neuf points.

Pour le calcul de la transformation, nous avons utilisé les points du réseau de base connus dans les deux systèmes. Toutes les lignes de bases possibles ont été calculées par ordre d'observation, puis nous avons procédé à l'ajustement. En fixant un point et en laissant l'autre comme mobile, nous avons résolu les ambiguïtés de chaque observation.

Nombre	XUTM	YUTM	Z	dX	dY	dZ
100	3187194,689	46440287,942	4115,993	0,020	0,019	0,017
200	3188009,826	46440119,964	4088,356	0,018	0,019	0,016
300	3181867,731	46439027,752	4206,569	0,018	0,019	0,014
400	3183277,795	46440107,793	4372,215	0,019	0,019	0,017
500	3185318,200	46438530,029	4560,780	0,018	0,019	0,016
600	3187995,774	46437950,836	4782,540	0,021	0,019	0,019
700	3189733,569	46437598,604	4748,838	0,023	0,019	0,020
800	3188383,003	46441491,703	5134,536	0,018	0,019	0,020
900	3186670,585	46442122,929	5185,822	0,018	0,019	0,020

2.2. Réseau secondaire

Une fois réalisée l'observation du réseau de base, nous avons commencé l'observation des points du réseau secondaire qui vont nous aider à obtenir les coordonnées du site archéologique.

Quatre points ont été choisis pour être doté de coordonnées. Ces points ont été choisis et localisés au cabinet auparavant.

Pareillement à l'observation antérieure, une observation a été réalisée en employant la méthode statique rapide, en prenant comme point de contrôle le point de Linya Saint.

En appliquant la transformation, nous avons obtenu les coordonnées finales des points du réseau secondaire à partir desquels va s'effectuer le lever du refuge.

Nombre	XUTM	YUTM	Z	dX	dY	dZ
10 000	3186302,995	4644055,451	4012,313	0,018	0,019	0,020
20 000	3186727,489	46440094,679	3967,021	0,018	0,018	0,012
40 000	3185777,987	46440494,795	4006,847	0,018	0,019	0,015
50 000	3185294,415	46440338,772	4020,601	0,018	0,018	0,018

3. POLYGONALE REALISEE AVEC LES MOYENS DE TOPOGRAPHIE CLASSIQUE

L'objectif du réseau secondaire était de densifier le réseau et de doter de coordonnées les points qui n'ont pu être observé par GPS, points sur lesquels on stationnera et d'où nous pourrions réaliser le lever du refuge.

Nous avons utilisé la station totale TCR 705 de l'entreprise Leica. Cette station nous a permis de réaliser des mesures de distances sans prisme-réflecteur, seulement au moyen d'un rayon-laser visible (LR). De même la station totale disposait d'un distance-mètre infrarouge pour la mesure avec réflecteur (IR).

Caractéristiques techniques de l'instrument :

- Ecart-type de mesure d'angle: $\pm 0.5mgon$
- Grossissement: 30 X
- Ecart-type de mesure de distances:
 - Sans prisme réflecteur: 3mm + 2ppm
 - Avec prisme réflecteur: 2mm + 2ppm
- Compensateur d'axe.



Figura 3: station totale TCR 705 de Leica

Instruments complémentaires employés:

- Tripode en bois Leica.
- Prismes réflecteurs Leica.
- Jalons.
- Mètre.
- Barres en acier et des clous en acier

Nous avons effectué une polygonation. La mesure des angles et de distances a été faite en observation directe et inverse sur les points antérieurs et postérieurs à celui du stationnement, en notant les lectures azimutales en faisant une visée vers la partie la plus basse du jalon, dans le but de réduire le plus possible l'erreur de direction. Les lectures zénithales et les mesures de distances ont été réalisées en visant le centre du prisme.

La polygonale comprend quatre points mesurés auparavant par GPS. Pour le calcul de la polygonale, ces points ont donc des coordonnées fiables. Les coordonnées obtenues le sont avec un degré de précision acceptable. Nous les présentons ici:

Nombre	XUTM	YUTM	Z
30 000	318633,437	4644084,298	399,309
60 000	318651,220	4644058,512	398,623
70 000	318600,920	4644080,132	399,423
80 000	318591,352	4644087,625	400,060

4. LEVE SCANNER

Avec cette méthode, nous avons déterminé les coordonnées des points nécessaires pour la définition tridimensionnelle du modèle.

Pour cette phase, nous avons utilisé la station totale TCR 705 de la société Leica. Ce matériel nous facilita le travail, notamment pour les points inaccessibles car cet appareil n'a pas besoin de prisme réflecteur.

Les visées ont été effectuées en stationnant l'instrument sur les points du réseau implanté précédemment. Nous orientons l'instrument en observant les points les plus lointains et les mieux définis du réseau. Des lectures horizontales et verticales sur ces références ont été effectuées avant et après les observations afin de contrôler les mouvements possibles de l'instrument pendant la phase d'observation.

Au préalable, des croquis des zones à lever avaient été dessinés depuis chacune des futures stations, afin de noter lors de chaque station le nombre et la position du point levé, ceci pour faciliter ensuite l'édition des données. On a noté également la distance du point levé le plus éloigné, qui s'est établie à 254 mètres.

En ce qui concerne la précision de la levée, nous avons calculé les erreurs maximales longitudinales et transversales. En calculant la composante quadratique de cette valeur avec la précision planimétrique du sommet sur lequel on stationnait, nous avons une erreur planimétrique de 8.8 mm, soit comprise dans la tolérance du travail, dont le cahier des charges autorise une erreur de 40 mm. L'erreur altimétrique calculée est de 11.4 mm. ce résultat est compris dans la tolérance qui est de 0.2 mètres. Par conséquent, le travail est valide.

5. REALISATION CARTOGRAFIQUE ET EDITION DU PLAN TOPOGRAPHIQUE

Le levé de la grotte et son traitement ont donné un nuage de points à partir duquel, un plan topographique est élaboré à l'échelle 1:200, avec l'aide des croquis de champ. Pour ce faire, nous avons utilisé CAD Microstation.

5.1. Dessin des plans

Dans cette phase, on procède à l'unification correcte des points, avec l'aide des croquis réalisés sur le champ et le code introduit à l'appareil au moment de l'enregistrement des points.

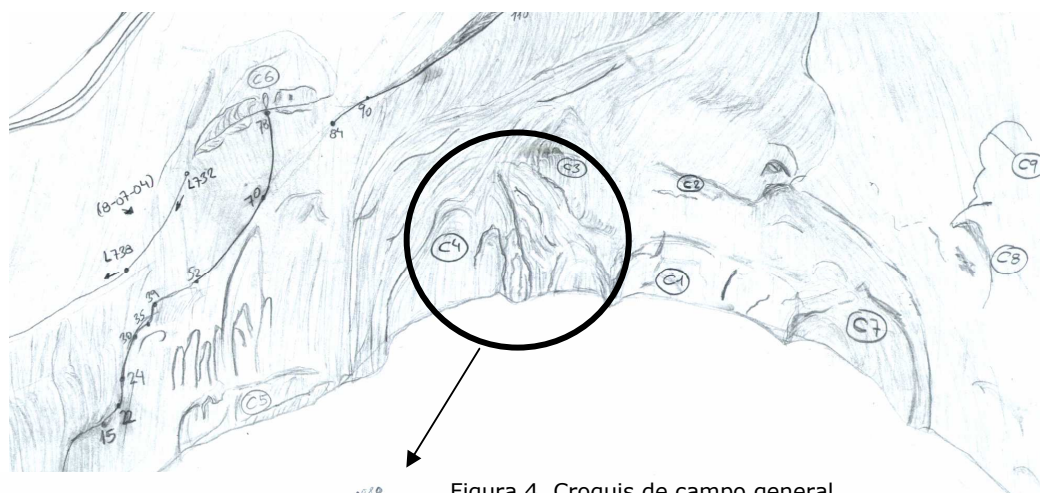
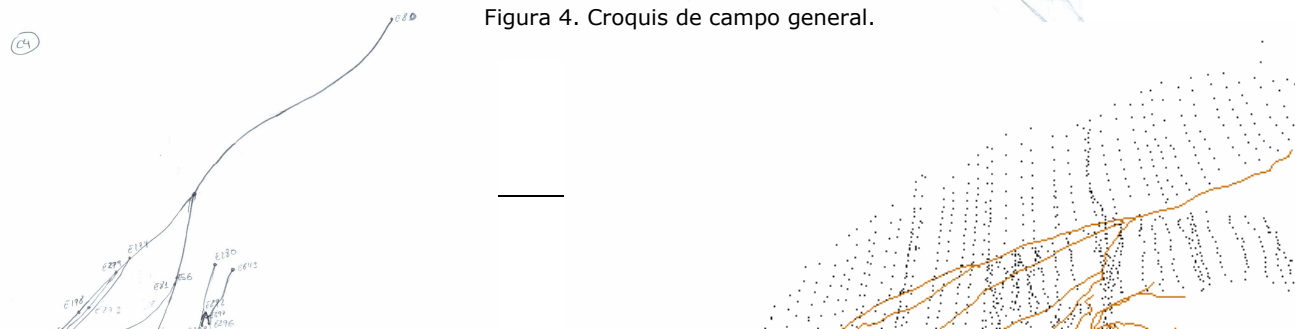


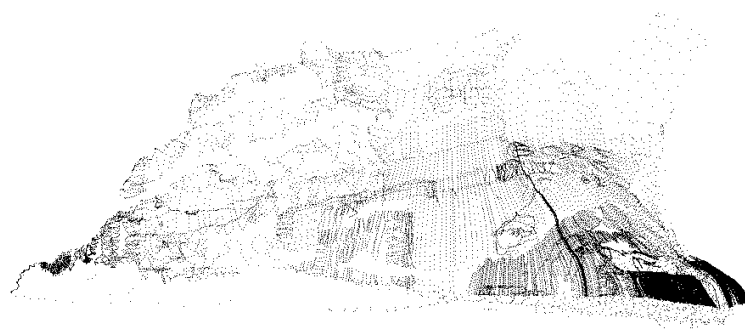
Figura 4. Croquis de campo general.



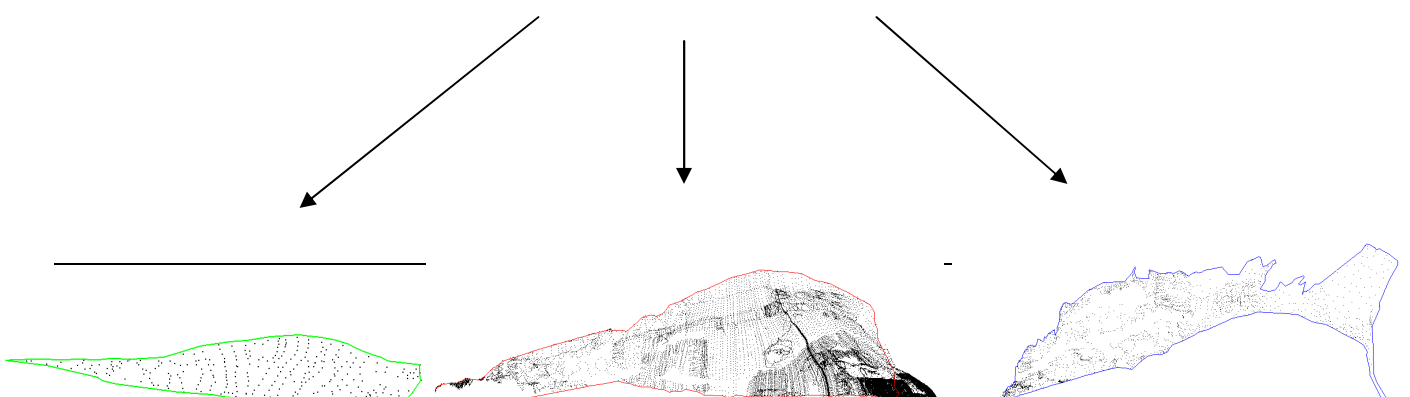
Pour le dessin des symboles, on a pris en compte les normes cartographiques établies pour l'échelle à laquelle ont été réalisés les plans et les règles logiques qui permettent une bonne lisibilité.

La représentation du relief a été effectuée au moyen des courbes de niveau de 0.2 m d'équidistance dans le plan à l'échelle 1:200, complété avec une série de points cotés. Pour l'obtention des courbes de niveau dans les zones où le terrain est vertical, l'information est séparée et les modèles sont réalisés pour chaque zone. En effet, les programmes ne peuvent pas encore résoudre les conflits qui sont engendrés par ce type de topographie de terrain.

Nous présentons ici un diagramme pour expliquer le cheminement des différentes phases du travail qui consista à traiter séparément les parties de la grotte.



Nube de puntos obtenida de la toma de datos en campo.



De cette forme existaient trois jeux de courbes de niveau, l'un du sol de la cavité, l'autre de son plafond et le dernier du versant supérieur. Tous se superposent dans le même espace horizontal.

Un problème apparut, il a fallu superposer les différents jeux de courbe de niveau. L'intersection de courbes de niveau était inévitable. Pour faire face, nous avons une nouvelle fois dessiné les lignes appartenant à un niveau inférieur en ligne discontinue.

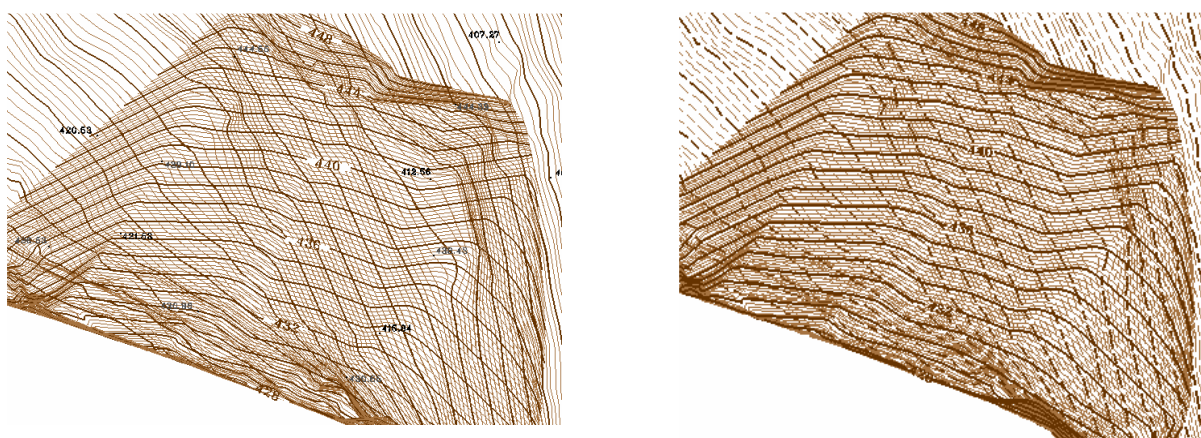


Figura 7: Curvado sin y con líneas discontinuas

Dans ces zones d'intersection, nous avons rajouté des lignes marquant le périmètre de la zone où il y avait les courbes de niveau de cote inférieure. Ce procédé fut appliqué chaque fois que cela améliorait la lecture du plan.

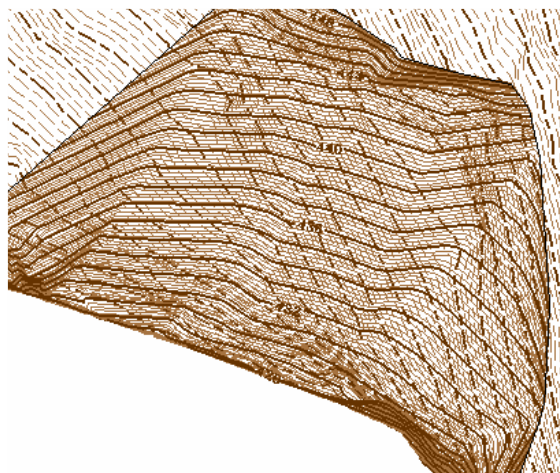


Figura 8: Curvado con líneas discontinuas y perimetrales

Cette solution a engendré une représentation encore un peu confuse. Nous avons donc décidé d'attribuer une couleur aux différents groupes de courbes de niveau: gris pour les courbes de niveau des zones inférieures et marrons pour les courbes de niveau des zones supérieures.

Enfin, afin de bien différencier le plafond de la cavité du sol, nous avons utilisé des symboles artificiels. Pour le sol, un patron représentant la terre a été utilisé. Pour la partie en roche massive, une avons employé une autre couleur. De cette manière, nous avons obtenu une lecture rapide et claire du plan.

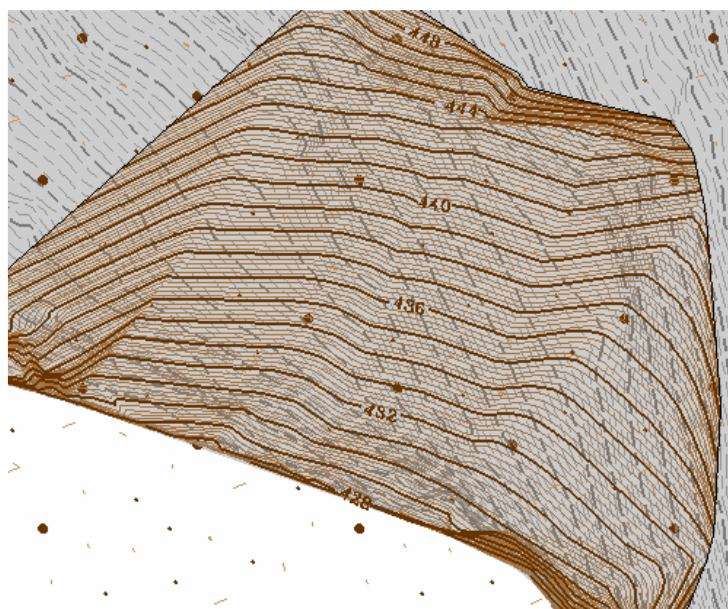


Figura 9. Roca maciza en gris continuo. Suelo patrón superficial puntos y rayas marrones. En la cavidad ambos patrones coinciden superficialmente.

6. MODELE DIGITAL DE LA GROTTTE

Pour l'élaboration du modèle digital de la grotte, nous avons utilisé le programme MGE, dont l'application Terrain Analyst est spécifique pour la création, la manipulation, l'édition, la visualisation et l'analyse de modèles digitaux.

Pour la réalisation du MDT, il était nécessaire de dessiner les lignes principales du terrain (les lignes qui indiquent un changement de pente brusque dans le relief) et les zones obscures (les zones dans lesquelles on ne désire pas que le modèle digital

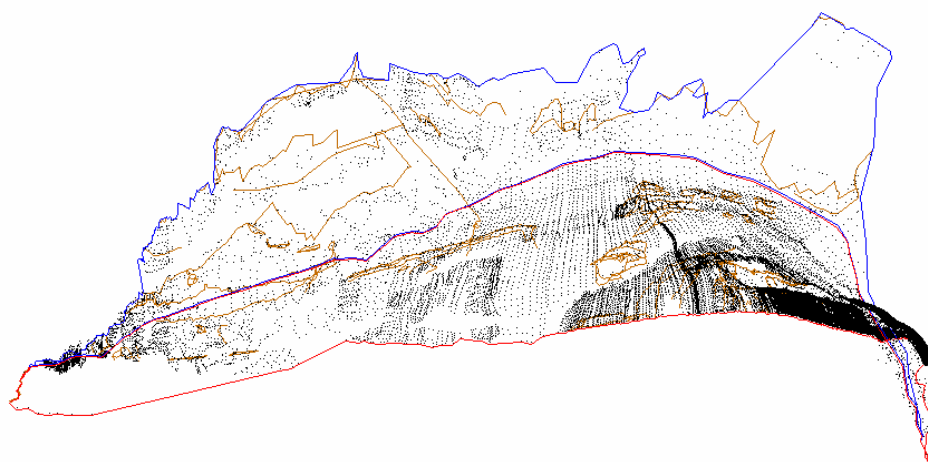


Fig. 8. Nuages de points, lignes de structure et bords.

La phase suivante a été la création d'une maille triangulaire. À partir de cette maille, nous avons engendré par une interpolation linéaire, la surface incurvée du modèle correspondant au plan à une échelle 1:200. L'équidistance est de 0,2 mètres. Une fois la surface incurvée réalisée, nous sommes passé à l'édition des courbes de niveau. Nous avons éliminé les erreurs introduites après avoir appliqué l'algorithme de courbure, comme des croisement entre des courbes de niveau distinctes, des pointes non adoucies correctement ou des intersections avec éléments artificiels excessivement adoucis.

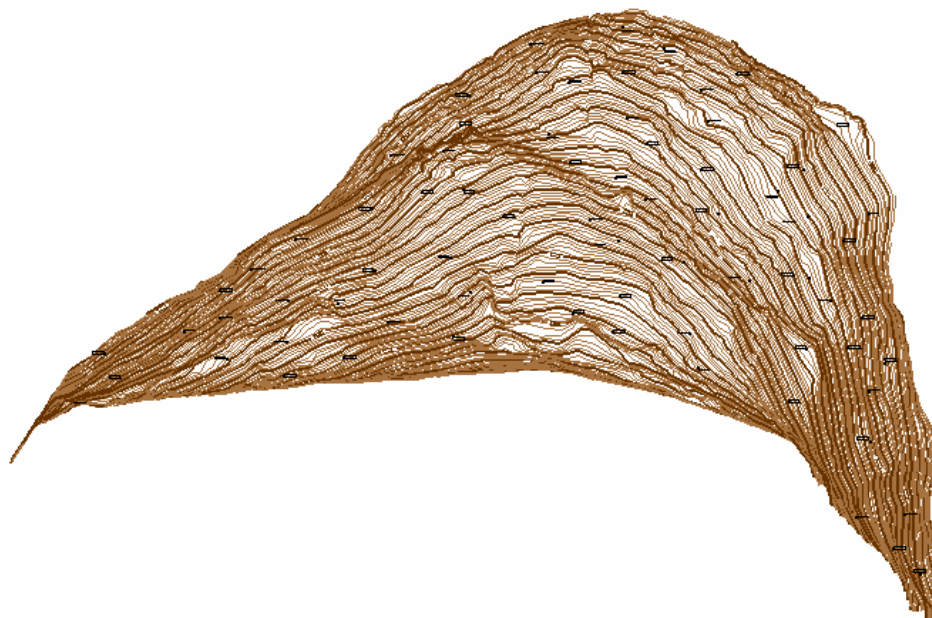


Figura 9: Imagen del curvado en planta del techo de la cavidad

Ensuite, nous avons fait une interpolation pour créer la maille régulière GRID. L'objectif était d'obtenir une visualisation tridimensionnelle du refuge.

Nous avons sélectionné plusieurs vues du résultat obtenu de la vision tridimensionnelle de la grotte et de son environnement. Nous les présentons ici:

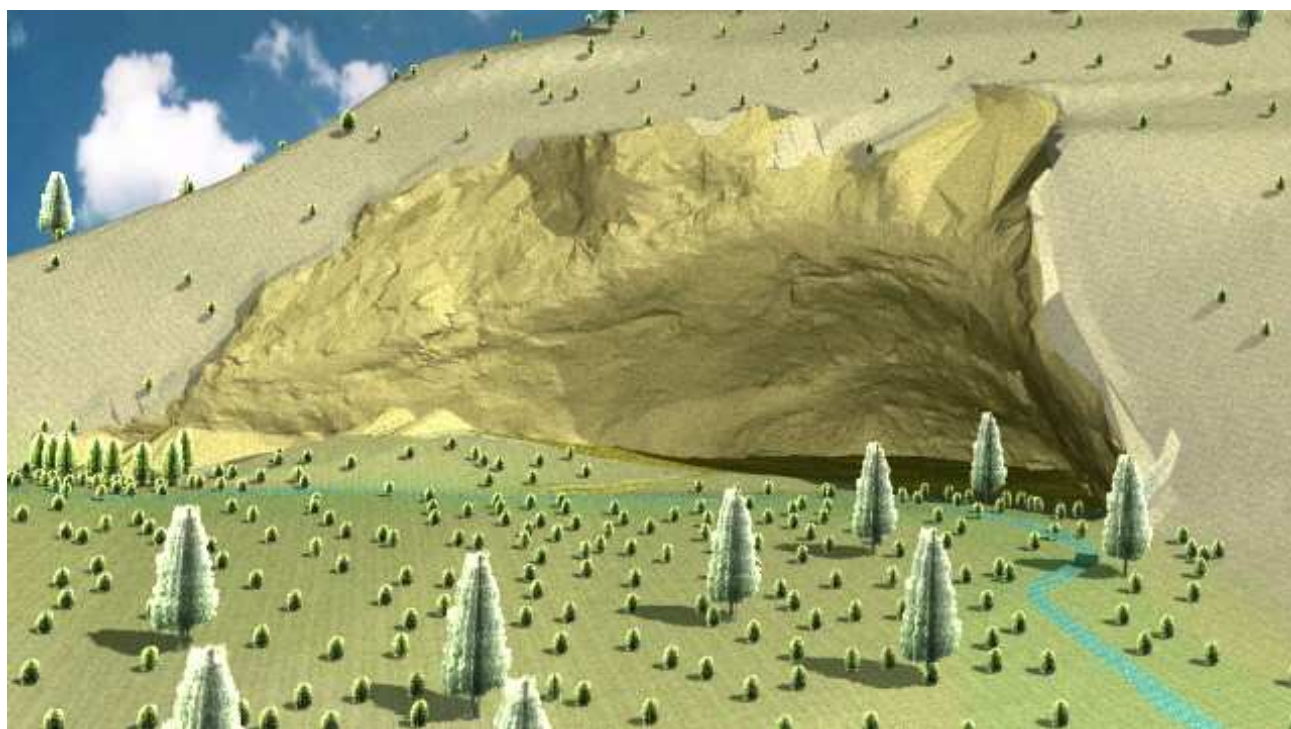


Figura 10. Vue générale du refuge

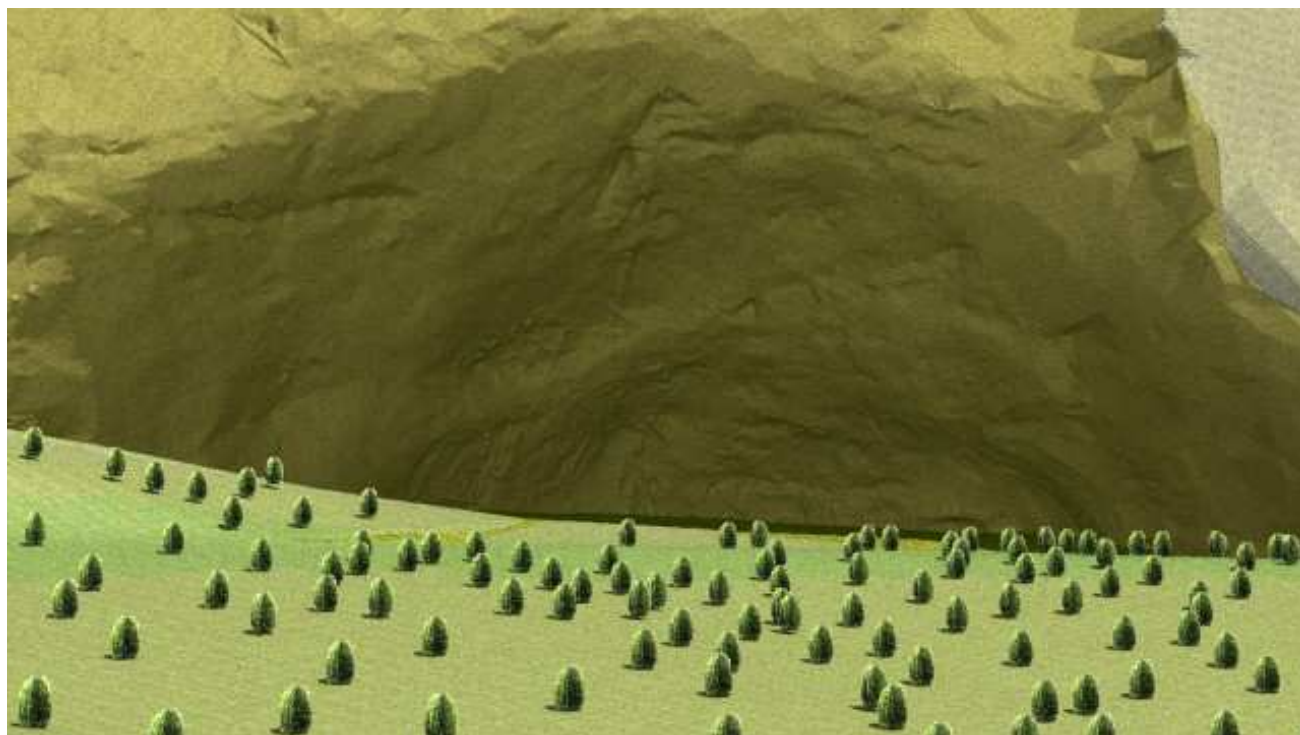


Figura 11. Vue de face de la cavité

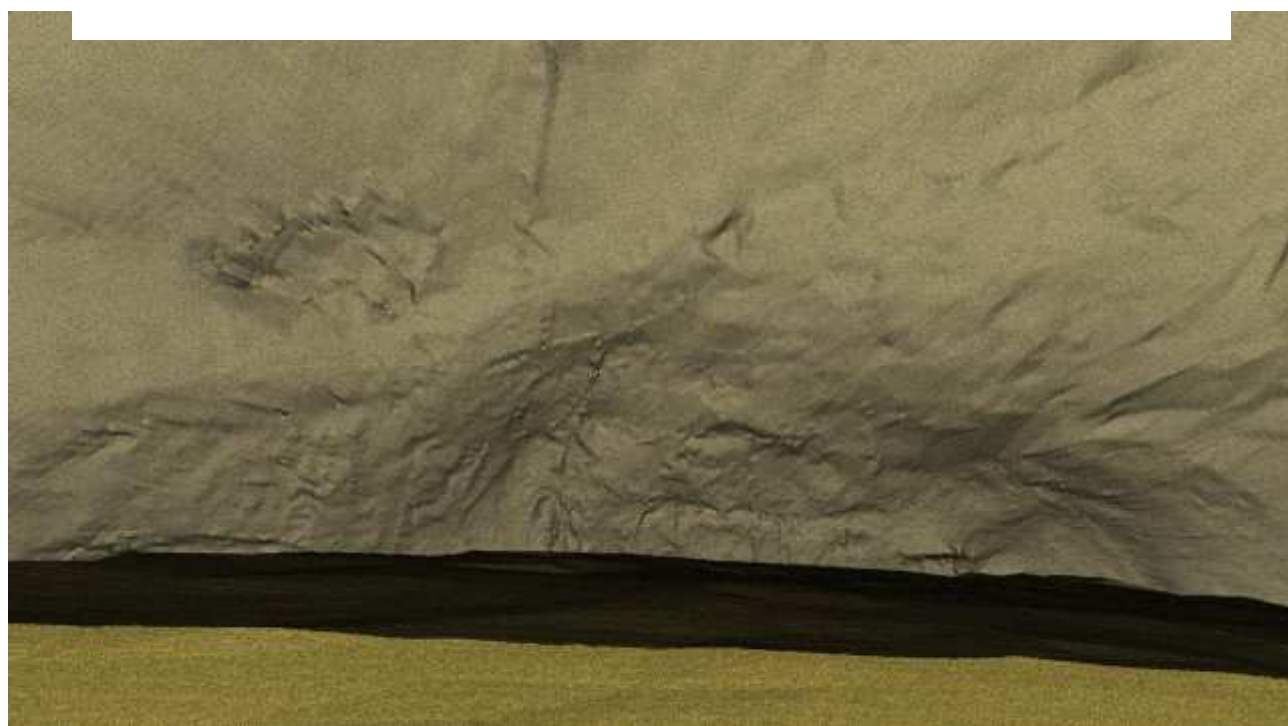


Figura 12. Vue montrant le niveau de détail de la modélisation de la paroi de la cavité.

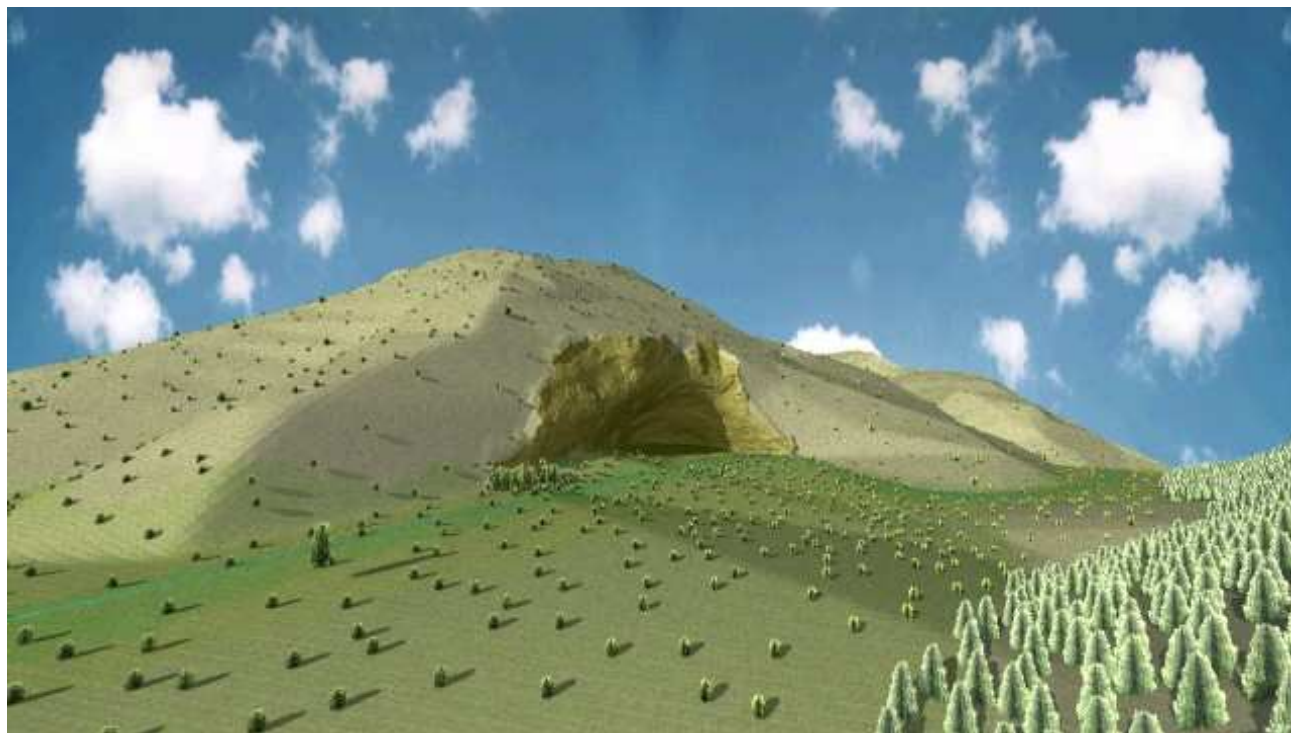


Figura 13. Vue de l'environnement du refuge

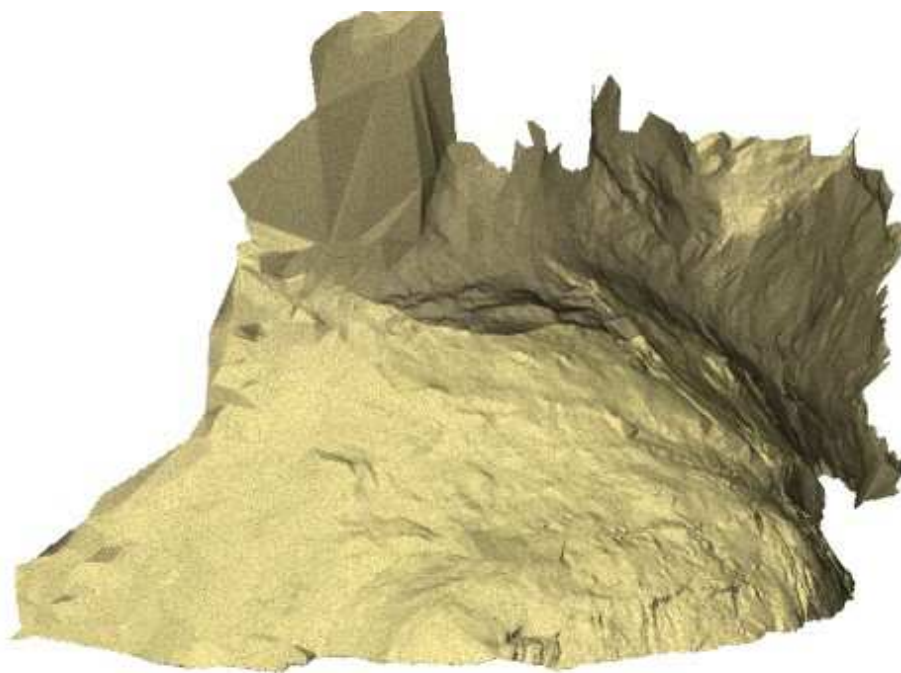


Figura 14. vue de derrière du refuge

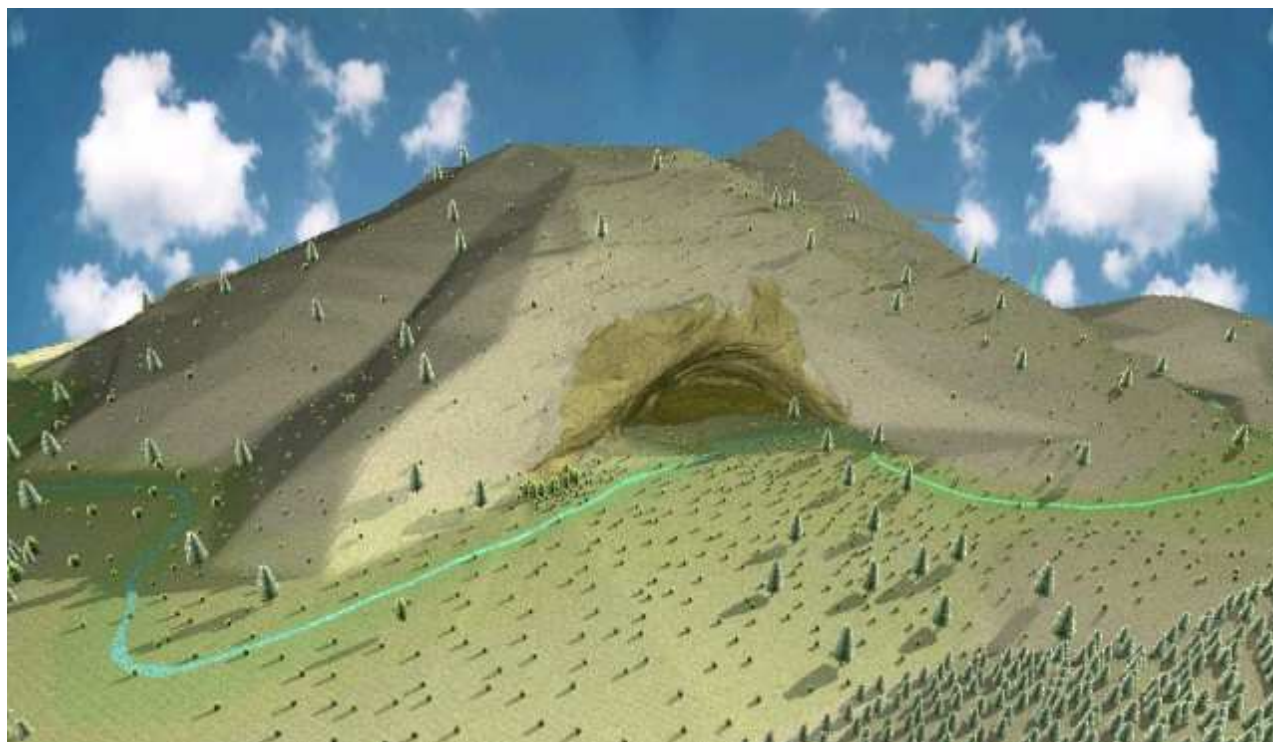


Figura 15. Vue générale de la cavité avec une lumière correspondant à celle de 9h du matin.

7. BUDGET

Ce budget a été réalisé en utilisant le programme Microsoft Project.

	Nombre de tarea	Costo total
1	<input type="checkbox"/> Cova Gran	40.374,00 €
2	<input type="checkbox"/> Trabajos preliminares	1.069,00 €
10	<input type="checkbox"/> Trabajo de campo	7.145,00 €
27	<input type="checkbox"/> Trabajo de gabinete	32.160,00 €
2	<input type="checkbox"/> Trabajos preliminares	1.069,00 €
3	Recopilación de informes	440,00 €
4	<input type="checkbox"/> Preparación del trabajo	629,00 €
5	Obtención de cartografía y fotografías	110,00 €
6	Identificación de vértices	60,00 €
7	Obtención de coordenadas	60,00 €
8	Preparación del equipo de trabajo	399,00 €
9	Fin de los trabajos preliminares	0,00 €
10	<input type="checkbox"/> Trabajo de campo	7.145,00 €
11	<input type="checkbox"/> GPS	1.210,00 €
12	<input type="checkbox"/> Red	850,00 €
13	Reconocimiento de la zona	130,00 €

27	<input type="checkbox"/> Trabajo de gabinete	32.160,00 €
28	<input type="checkbox"/> GPS	840,00 €
29	Volcado de datos y edición de datos	240,00 €
30	Cálculo de coordenadas y ajuste	600,00 €
31	<input type="checkbox"/> Topografía clásica	960,00 €
32	Volcado de datos y edición de datos	240,00 €
33	Cálculo de coordenadas y ajuste	720,00 €
34	<input type="checkbox"/> Diseño cartográfico	1.560,00 €
35	Diseño de los planos	720,00 €
36	Edición de los planos	600,00 €
37	Impresión de los planos	240,00 €
38	<input type="checkbox"/> Reconstrucción tridimensional del refugio	4.800,00 €
39	Dibujo del refugio	2.400,00 €
40	Asignación de materiales y de la iluminación	2.400,00 €
41	<input type="checkbox"/> Formación del modelo digital	600,00 €
42	Creación del modelo	600,00 €
43	Generación de la película	600,00 €
44	<input type="checkbox"/> Edición de la información	5.760,00 €
45	Edición de la memoria	3.600,00 €
46	Edición de las imágenes	1.800,00 €
47	Edición de los videos	360,00 €

Le coût total fût de 53.858 euros.

8. CONCLUSIONS

Pour l'implantation du réseau, l'utilisation du GPS s'est montré décisive en produisant un gain de temps important. Cependant, nous n'avons pu avec le GPS, observer tous les points qui nous désirions.

Grâce aux méthodes de topographie classique, nous avons pu terminer le réseau utilisé pour le lever du refuge. Au préalable, nous avons du faire études des sites pour les bases afin que ces dernières soit inter visibles.

Finalement, nous avons réalisé un modèle tridimensionnel de terrain et une cartographie du lieu. Nous notons que les outils informatiques d'aujourd'hui permettent la création de ces modèles, mais ils ne sont pas préparés pour résoudre les conflits engendrés pour représenter des parois verticales. Ce problème nous oblige à séparer l'information afin de la traiter au mieux. Ces tâches ont été les plus laborieuses.

Acknowledgment

To the students José Manuel Castaño y Fabián Estebarán, and all the supervisors and students who made possible the project and this report.

9. BIBLIOGRAPHIE

- **Cid Palacios, Rafael; Ferrer Martínez, Sebastián.** "Geodesia Geométrica, Física y por Satélite". Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1992.
- **Núñez-García del Pozo, Alfonso; Valbuena Durán, José Luis; Velasco Gómez, Jesús.** "G.P.S La nueva era de la Topografía". Ediciones Ciencias Sociales. 1992.
- **Martín López,J; Vázquez Maure,F.** "Lectura de Mapas". EUIT.Topográfica. FGEUPM
- **INTERGRAPH.** Manuales de Microstation J.
- **INTERGRAPH.** Manuales de MGE Terrain Analyst.
- **LEICA.** Manuales GPS Leica System 300.
- **LEICA.** Manual Leica TPS Performance Series.
- Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española.
- Enciclopedia interactiva "Encarta 2005".

Projets:

- **Bohigas Roldán, Ana.** "Topografía arqueológica. Obtención de la cartografía a escala 1: 100 del yacimiento arqueológico de Tuqueibah (Emirato de Sharjah)". No publicado.
- **Alonso Rodríguez, Miguel Ángel.** "Levantamiento topográfico del interior de la cúpula de la basílica del Monasterio del Escorial". No publicado.
- **Bodas Bodas, Carlos; Vélez Martínez, José Juan.** "Proyecto e implantación de una Red Básica mediante GPS para posteriores levantamientos de detalle arqueológicos en el yacimiento de Tuqueibah (Emirato de Sharjah). Levantamiento a escala 1: 1 000 con receptores GPS". No publicado.

Pages web consultées:

- <http://www.icc.es/>
- <http://www.leica-geosystems.com>
- <http://seneca.uab.es/arqueologia.htm/>

ANNEXE I. PLANS

ANNEXE I. PLANS

