

LA REPRESENTACION DE CAVIDADES EN PERSPECTIVA AXONOMETRICA-TRIMETRICA

por José A. Pérez Berrocal
y Federico Ramírez Trillo.

Introducción

Habitualmente las representaciones topográficas de cavidades y fenómenos espeleológicos en general son realizadas mediante el dibujo de plantas, alzados y alguna que otra sección.

Por este método se plantean ciertos problemas de representación que no pueden ser superados sin el concurso de la perspectiva.

Esta técnica está bastante difundida entre nuestros colegas franceses y se está comenzando a emplear en nuestro país de un modo tímido, quizás por la poca información que sobre el método circula en la actualidad en lengua castellana.

Nuestra experiencia en este campo se centra en el levantamiento en perspectiva axonométrica-trimétrica de la Sima G.E.S.M. (Tolox, Málaga). El trabajo en cuestión nos obligó a una revisión profunda de la bibliografía más importante. Aquí sólo expondremos aquello que pensamos es necesario para el espeleólogo. Además remitimos a bibliografía para aquellos que deseen profundizar más en el tema, o tengan dudas sobre aspectos que por el carácter de estas líneas no se mencionan. Del mismo modo huiéremos de todo lo que suponga teorizar y nos aparte de una visión clara del método que tratamos de exponer.

Datos necesarios

Como es lógico una topografía de este tipo necesita de más cantidad de datos que otra de tipo convencional.

Con la libreta que mostramos en la Figura 1 podemos seguir perfectamente todas las anotaciones necesarias. Estas son:

- Numeración ordenada de estaciones.
- Distancia geométrica entre estaciones.
- Angulo horizontal.
- Angulo vertical.
- Anchos a derecha e izquierda de cada estación, o total de la galería.
- Anchos intermedios entre estaciones (anotados sobre croquis).
- Croquis de plantas, alzados y secciones, lo más detallado que nos sea posible.

Los métodos empleados para la obtención de estos datos no vamos a tratarlos aquí, por escaparse de nuestro propósito y por existir numerosos artículos y libros publicados al respecto.

CAVIDAD		Jewia C.E. S.H.										TER. MUN		FOLIO N°					
COORDENADAS												CLAVES		FECHA					
R.R.		R.P.		P.M.												TOPOGRAFO			
Punto (B) (LL)	Angulos (H) (VF)		Distancia Geom. (D)	Ancho		Alto	(D) Totales	Distancia Horizon. D·Cosλ (DH)	Desnivel. D·Senλ + -	Cota Final Z	COORDENADAS				OBSERVACIONES				
	α	β		de.	iz.						punto	DH·Senλ X	DH·Cosλ Y	Totales X		Totales Y			
0	1	90°	25°	5,70			5,70	5,16	2,40	-2,40	0,87	5,09	0,87	5,09					
1	2	355°	40°	6,00			11,70	4,59	3,85	-6,25	0,40	4,57	0,47	9,66					
2	3	—	90°	1,00			12,70	—	1,00	-7,25	—	—	0,47	9,66					
3	4	—	90°	3,60			16,30	—	3,60	-10,85	—	—	0,47	9,66					
4	5	210°	90°	3,00			19,30	3,00	1,00	-11,85	-1,50	-2,59	-1,03	7,07					
5	6	100°	0,00	5,60			24,90	5,60	0,50	-12,35	5,51	-0,97	4,48	5,10					
6	7	42°	0,00	4,40			29,30	4,40	1,00	-13,35	2,94	3,26	7,42	9,36					
7	8	—	90°	14,00			43,30	—	14,00	-27,35	—	—	7,42	9,36					
8	9	30°	0,00	5,80			49,10	5,80	—	-27,30	2,90	5,02	10,32	14,38					
9	10	33°	12	10,00			59,10	9,78	2,07	-29,42	5,32	8,20	15,64	23,58					
10	11	323°	40	6,70			65,8	5,13	4,30	-33,72	-3,08	4,09	12,56	26,67					
11	...																		

Figura 1

Con todos estos datos primarios procederemos a los cálculos de los valores que después utilizaremos para la ejecución del dibujo.

Estos son:

— Proyección ortogonal de las distancias geométricas para su representación en planta. Ello se consigue utilizando la fórmula:

$$DH = D \cdot \cos \lambda$$

en donde **D** es la distancia geométrica y λ el ángulo vertical.

— Desnivel entre estaciones, con la fórmula:

$$P = D \cdot \sin \lambda$$

en donde **D** es la distancia geométrica y λ el ángulo vertical.

Sumando cada dato con el siguiente y el resultado con la cifra del que le sigue y así sucesivamente, iremos obteniendo las cotas de cada punto con respecto al punto ± 0 . Estos valores estarán anotados en la columna de "cota final".

Con las operaciones precedentes se han conseguido datos suficientes para la elaboración de dibujos por el tradicional método del transportador de ángulos. No obstante este sistema conlleva una acumulación de errores a lo largo de la poligonal del dibujo, que para el trazado de perspectivas puede ser bastante perjudicial. Esta necesidad de precisión puede ser cubierta por el método de coordenadas cartesianas.

Las coordenadas no consisten más que en la proyección ortogonal de las estaciones, ya proyectadas anteriormente sobre un plano, en tres ejes **X**, **Y** y **Z**.

Estos ejes se corresponden con las líneas **N-S** y **E-W**, respectivamente, por ser los ángulos horizontales mediciones con respecto al Norte Magnético. El eje **Z** vendrá dado por los desniveles, tanto positivos como negativos, de la cavidad.

El siguiente paso de los cálculos va orientado a averiguar las coordenadas cartesianas de cada estación topográfica. Siguiendo el ejemplo de la Figura 1 (libreta topográfica), tendremos en el apartado de "coordenadas" las columnas de parciales en las que se expresan los valores de los ejes **X** e **Y** respectivamente.

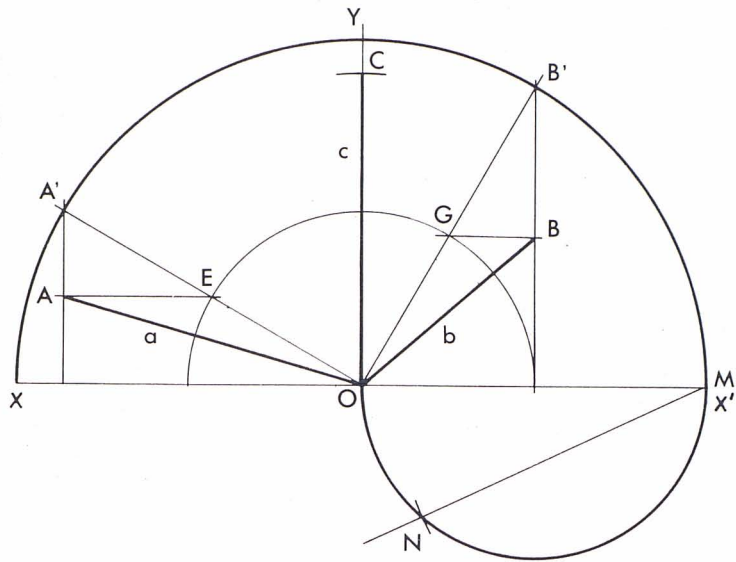


Figura 2

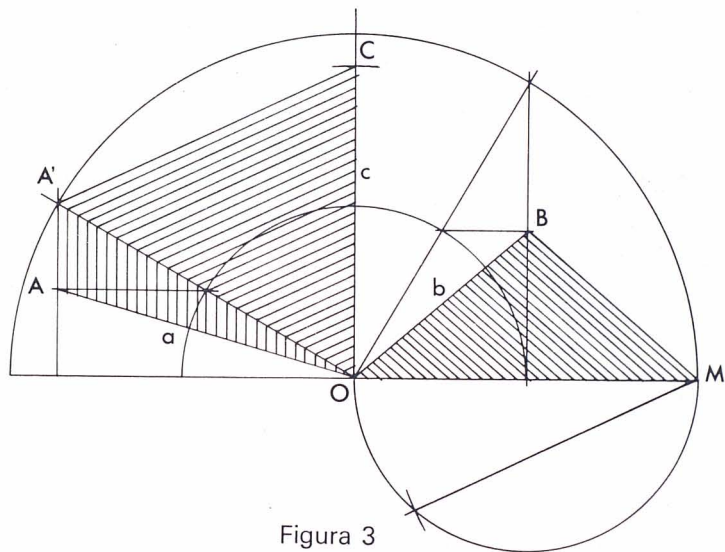


Figura 3

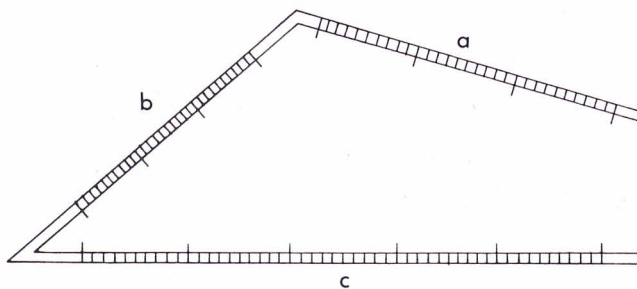


Figura 4

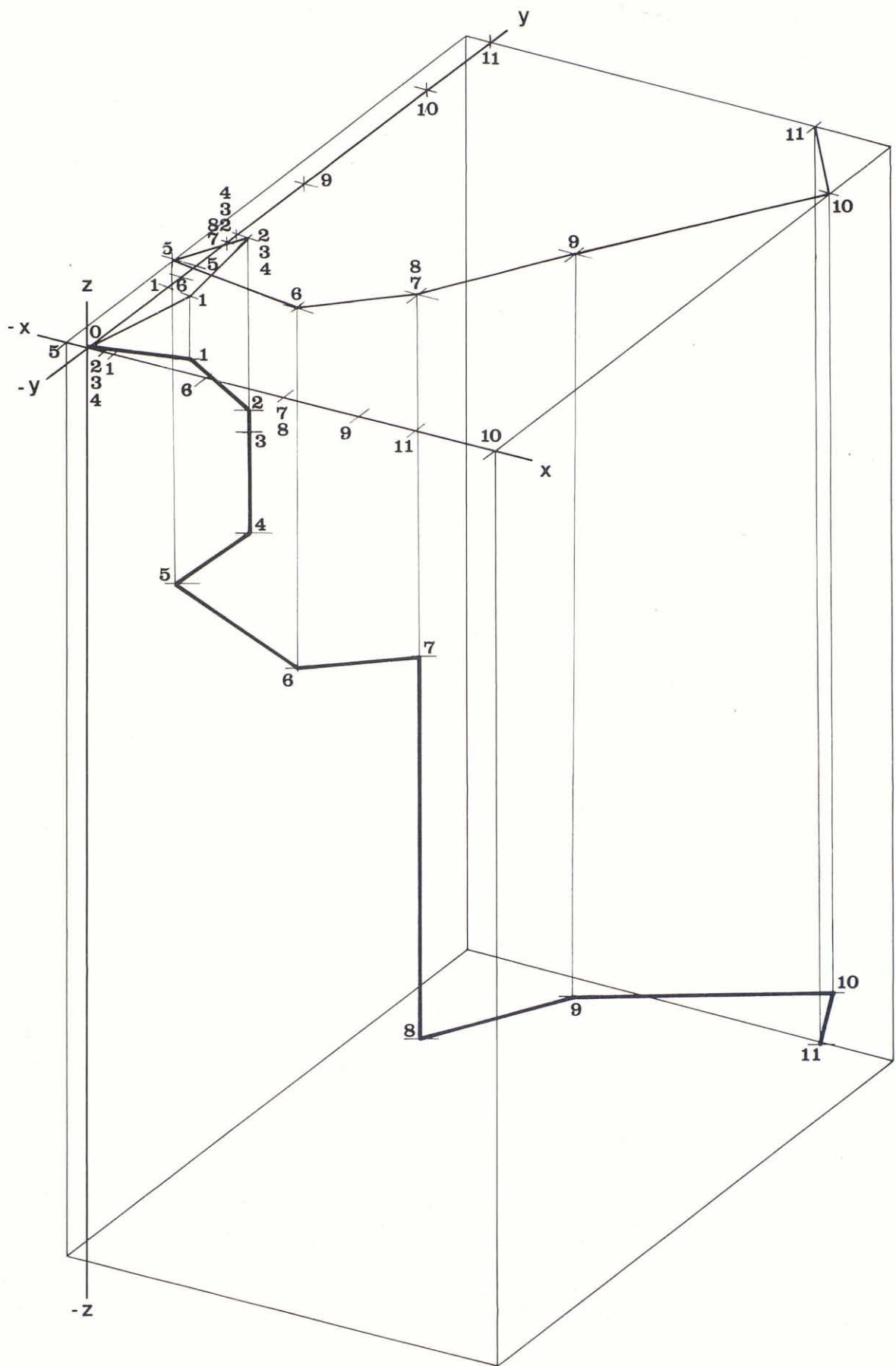


Figura 5

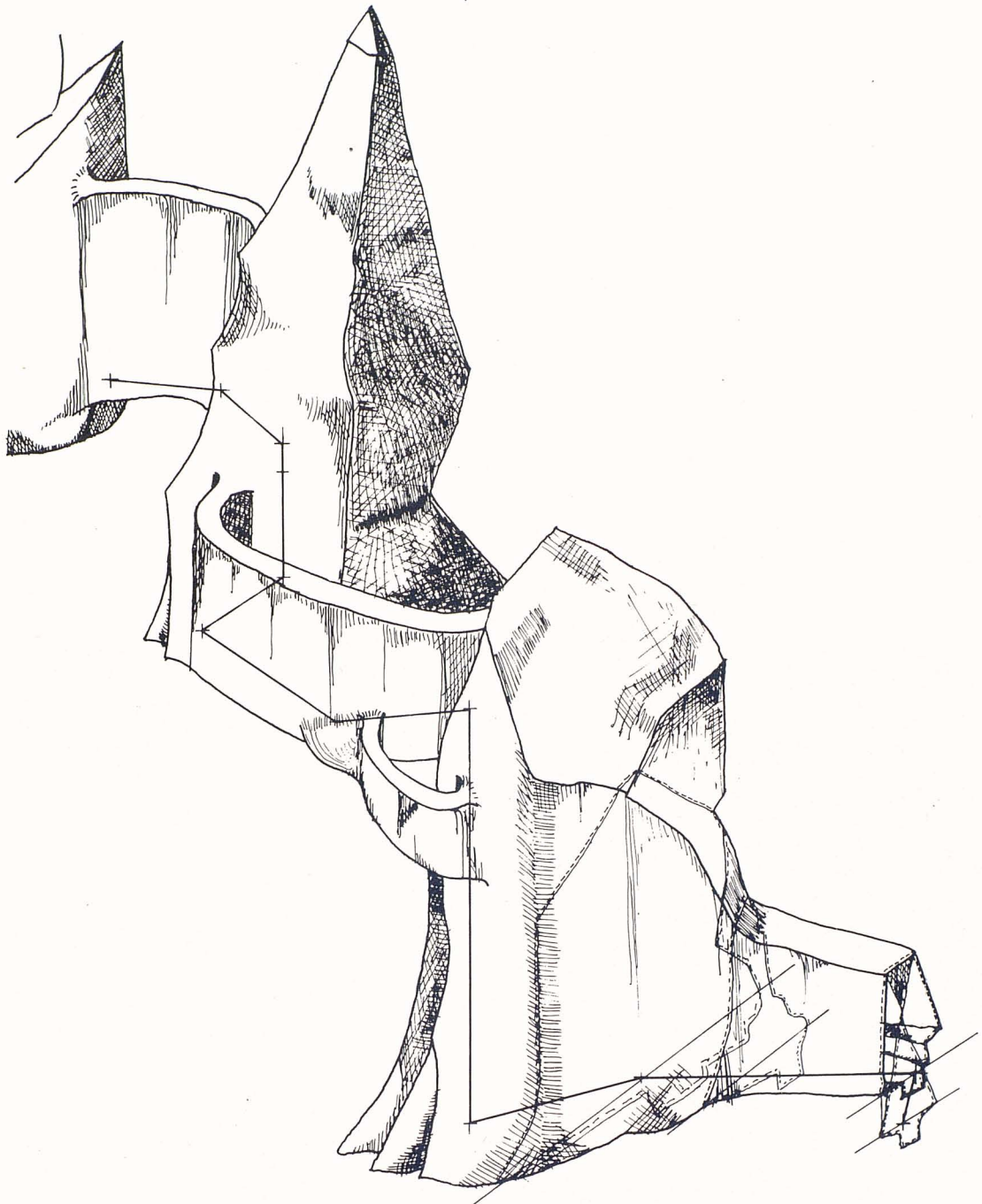


Figura 6

El valor de X para un punto concreto vendrá dado por la fórmula $X = DH \cdot \text{Sen } \alpha$, de donde DH es la distancia proyectada y $\text{Sen } \alpha$ es el seno del ángulo horizontal o rumbo. Para el valor de Y tendremos que $Y = DH \cdot \text{Cos } \alpha$, de donde DH es la misma distancia proyectada y $\text{Cos } \alpha$ es el coseno del ángulo horizontal o rumbo. Cada uno de estos pares nos definen la situación de un punto concreto con respecto a su propio origen de coordenadas. Sin embargo lo que nos interesa es darle un origen común que nos minimice el error geométrico como ya se ha dicho, y al tiempo nos simplifique el método de trazado. Este punto de arranque común es el ± 0 de la cavidad, que procuraremos hacer coincidir con la boca de entrada, y en caso de varias entradas con la de mayor altitud.

Los pares ordenados de coordenadas totales vendrán dados por la suma acumulativa de los parciales desde el punto de origen ± 0 .

Para cavidades de un sólo itinerario esta operación no encierra problemas ya que a cada cifra se le sumará el valor de la estación siguiente y a este resultado el del que la continua, y así sucesivamente.

Para cavidades con galerías laterales se operará del mismo modo hasta la estación donde se bifurca la galería. Este valor será el común para la continuación de la galería principal y de la lateral. Es importante tener en cuenta este aspecto tantas veces como existan desviaciones, ya que un error nos desvirtuará absolutamente la cavidad.

Con estas operaciones tendremos ultimados los cálculos de datos necesarios para la confección del dibujo.

Recomendamos que estas operaciones sean efectuadas con una calculadora que facilite los valores de seno y coseno de modo automático, que nos ayudará de manera extraordinaria.

El valor de las coordenadas totales nos definen los puntos extremos de la topografía. Con ello podremos preveer la superficie que ocupa el dibujo y en consecuencia elegir la escala adecuada a la que se construirá el escalímetro. Con la columna **Z** (cotas finales) nos dará la medida en profundidad máxima que ocupará el paralelepípedo, y del mismo modo ayudará a la elección de la escala adecuada.

Construcción del Escalímetro

La construcción del escalímetro de proyección es la parte fundamental del sistema ya que será el instrumento que nos facilita el traslado de puntos y medidas sobre el tablero.

Comenzaremos eligiendo los ángulos α (vista en profundidad) y β (dirección general de la cavidad), según el tipo de cavidad a representar es conveniente que el ángulo β sea mayor que α y en general una cifra de 35° para β y 25° para α da buenos resultados.

La forma práctica es como sigue (Fig. 2):

—Se trazan dos líneas perpendiculares $X - X'$ y $O - Y$

—De O como centro se traza un semicírculo de 10 centímetros de diámetro.

—Se traza $O - A'$ para definir el ángulo β

—Perpendicular a $O - A'$ se traza $O - B'$

—Sobre $O - M$ como diámetro se traza un semicírculo

—Del punto M como vértice se traza $M - N$ para definir el ángulo α

—De O como centro y ON como radio se traza un círculo que cruzará a OA' en E y a OB' en G

—Desde A' se traza una perpendicular sobre $X - X'$ y desde el punto E una paralela a $X - X'$

—Uniendo el punto O con A tendremos uno de los ángulos en perspectiva.

—Del mismo modo se obtiene la proyección del ángulo α

—La proyección de $O - C$ vendrá dada por el segmento $M - N$

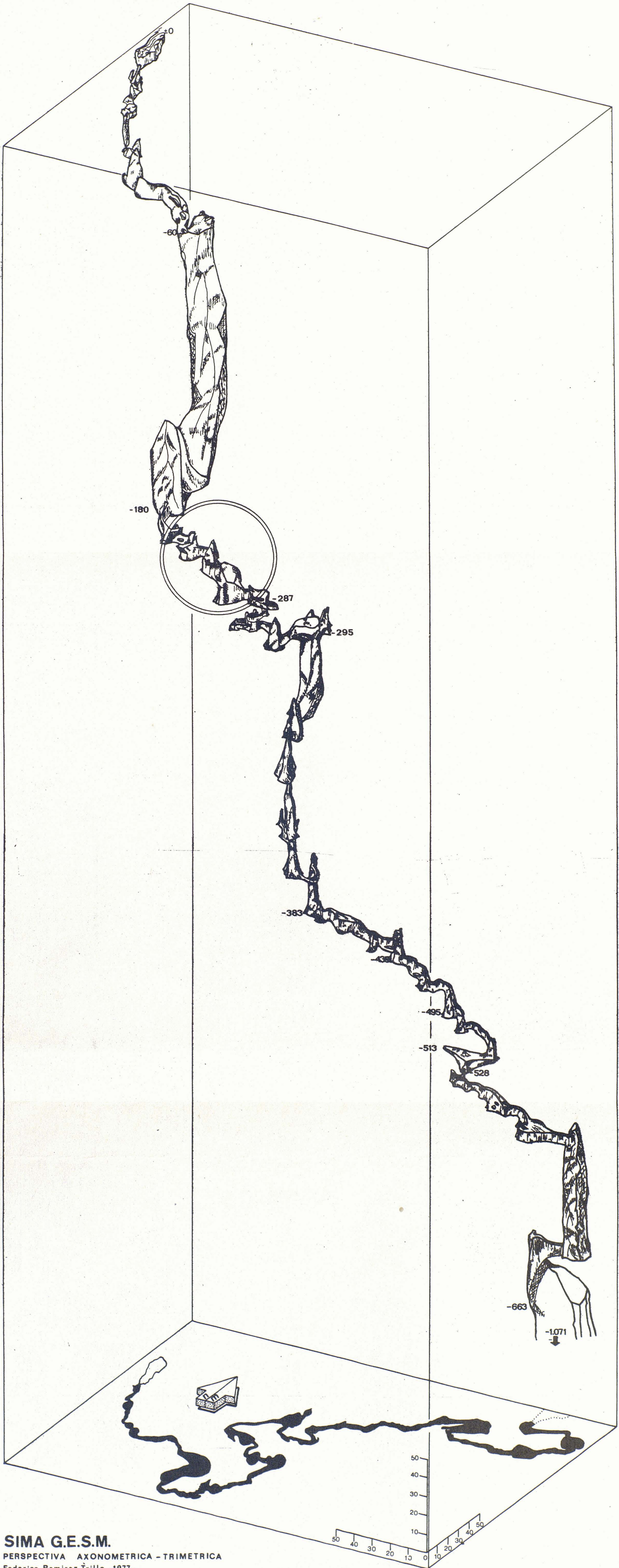
—Con escalímetro convencional y de acuerdo con la escala elegida para la realización del plano, dividiremos hasta la apreciación que nos sea requerida los segmentos $O - A'$ y $O - B'$. Proyectando estos puntos sobre $O - A$ y sobre $O - B$, perpendiculares a $X - X'$ tendremos dos de las escalas. La tercera se obtendrá uniendo el punto A' con C y proyectando las paralelas a $A' C$ que coincidan con las subdivisiones de $O - A'$ (Fig. 3)

Sólo nos falta trasladar las escalas $O - A$, $O - B$ y $O - C$ sobre una cartulina y pegar ésta sobre una lámina de plástico de un milímetro o bien sobre un contraplaqué o cartoncillo de 1 mm.

La operación es bien fácil, pero debemos prestar especial atención a la parte de subdividir los segmentos obtenidos en proyección, ya que de ello dependerá la exactitud del dibujo.

Realización del dibujo

Utilizando los dos lados superiores del escalímetro de proyección trazamos un eje de coordenadas. Sobre él comenzaremos a traspasar los datos que tenemos en la libreta anotados midiendo siempre con las escalas superiores **a** o **b**, según corresponda (Fig. 4).



SIMA G.E.S.M.
 PERSPECTIVA AXONOMETRICA - TRIMETRICA
 Federico Ramirez Trillo -1977-

Una vez conseguido este primer trazado y desde cada uno de los puntos obtenidos proyectamos en vertical las medidas correspondientes a cada uno de estos puntos y que vienen reseñados en la columna de "cotas - total". Del mismo modo estas medidas las trasladaremos al papel con la escala c del escalímetro. Uniendo los diversos puntos así obtenidos, tendremos la poligonal en perspectiva del sector topografiado (Fig. 5).

Con el auxilio de los croquis de alzados y secciones, y los datos de ancho y alto de las galerías, comenzaremos a delimitar el volumen de la cavidad. Esta última fase requiere una cierta habilidad en el dibujo lo cual se completará con una acertada acentuación de las sombras oportunas (Fig. 6).

Este es quizás el aspecto más importante y del que por desgracia no podemos aquí extendernos ya que ello es de por sí o una habilidad innata, o el producto de un largo y difícil aprendizaje.

Como elemento auxiliar hemos incluido en la Figura 7 el método de la deformación en proyección de las secciones, que nos será útil al replantear la delimitación del volumen de pozos y galerías.

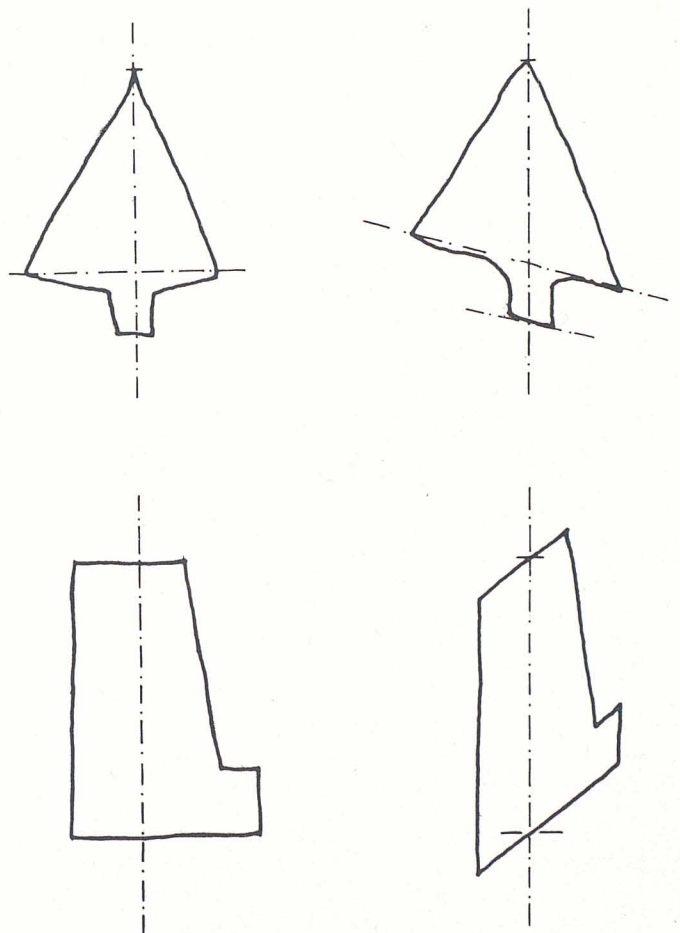


Figura 7

Bibliografía

General:

ANDRES BELLET O. (1972): "Topografía espeleológica. La brújula, la plancheta, el altímetro, métodos". *Geo y Bio Karst*, nº 33, pp 5-10. Barcelona.

PEREZ BERROCAL J. A. (1971): "Nociones de topografía subterránea". *Boletín G.E.S.M.*, N° 1. Málaga.

SANCHEZ REVILLA F. (1969): "Elementos para la topografía de cavidades subterráneas". E.P.E. - O.J.E. de Madrid. Madrid.

Coordenadas:

MARTINEZ RIUS A. (1974): "Les coordenades i la seva aplicació a la topografia espeleològica". *Espeleòleg*, nº 21, pp 5-14. Barcelona.

ROBAYE R. (1977): "Une méthode pour dessiner rapidement le cheminement d'une topographie avec une grande précision". *Subterra*, nº 70, pp 17-20. Bruxelles.

Perspectiva:

IZQUIERDO F. (1974): "Geometría descriptiva". Editorial Dossat S. A. Madrid.

MARBACH G., DOBRILLA J. C. y PEIGNE B. (1973): "Techniques de la spéléologie alpine". Ed. Techniques et Documentation. Paris.