



Nuestra portada:

*Colocación de prismas en la cúpula de la Basílica del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial para su levantamiento con estación total.*

**Vol. XIX - N.º 110**  
**Mayo-Junio**  
**2002**

DIRECTOR  
**Carlos Barrueso Gómez**

\*

CONSEJO DE REDACCION:

Junta de Gobierno del Colegio  
Oficial de Ingenieros Técnicos  
en Topografía

\*

DIRECCION, REDACCION,  
ADMINISTRACION Y  
PUBLICIDAD

Avenida de la Reina  
Victoria, 66, 2.º C  
28003 Madrid  
Teléfono 91 553 89 65  
Fax: 91 533 46 32

Depósito Legal: M-12.002-1984  
ISSN: 0212-9280

Título clave: TOPCART  
Topografía y Cartografía

Fotocomposición e impresión:  
ALBADALEJO, S.L.

Los trabajos publicados expresan sólo  
la opinión de los autores y la Revista  
no se hace responsable de su contenido.

Prohibida la reproducción parcial o total  
de los artículos sin previa autorización  
e indicación de su origen.

Esta revista ha sido impresa en papel  
ecológico

# TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE  
INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

## Sumario

Los modelos digitales del terreno en cubricaciones de movimiento de tierras	4
Carlos Carbonell Carrera	
Levantamiento de la cúpula de la Basílica del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial. Aplicación experimental de Estación Total de lectura directa	19
Miguel Alonso Rodríguez, Ana López Mozo, Mercedes Farjas Abadía y Francisco Ayora Baena	
Mejora de la Competencia Profesional de los Topógrafos en Europa. 3. La unión de esfuerzos del CLGE y la FIG para mejorar la competencia profesional	34
Stig Enemark	
Mejora de la Competencia Profesional de los Topógrafos en Europa. 4. La idea de establecer un Programa Básico de Estudios de Topografía en Europa	38
Rob Ledger	
El Campo Magnético	42
José Miguel Bel Martínez	
Definición geométrica del trazado en planta de una carretera a partir de su levantamiento fotogramétrico	45
José Fábrega Golpe, Rubén Martínez Marín y Javier Sánchez Espeso	
Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera y Topográfica de Mieres (Universidad de Oviedo)	55
Ángel R. Vidal Valdés de Miranda, José Antonio Suárez García y Pelayo González-Pumariega Solís	
Novedades Técnicas	66
Bibliografía	70
Vida Profesional	72
Índice Comercial	79

# Los modelos digitales del terreno en cubicaciones de movimiento de tierras

Carlos Carbonell Carrera  
INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

## Resumen

*Los avances en el área de la información geográfica han permitido incorporar nuevas técnicas que permiten abordar problemas hasta hace poco tiempo de difícil resolución. El objetivo que pretende el presente artículo es mostrar una de las aplicaciones que el modelado digital del terreno nos ofrece en materia de cálculos volumétricos.*

## Abstract

*The treatment of geographical data has developed to the extent of leading to new approaches to tackle with problems unresolved till recently. The aim of this article is to show one of the approaches that Digital Terrain Model offers in dealing with volumetric reckonings.*

## INTRODUCCION

Los modelos digitales del terreno constituyen una potente herramienta que los avances en el software de gestión de información espacial han permitido poner a disposición de los profesionales que nos vemos involucrados en tareas relacionadas con la cubicación de movimientos de tierras, pudiendo hacer extensivo su uso a un amplio abanico de posibilidades, entre las cuales merecen especial mención:

- Obtención inmediata de intervisibilidad entre puntos
- Obtención de mapas de pendientes
- Obtención de mapas de alturas
- Generación de vistas tridimensionales desde diversos ángulos, pudiendo introducir un factor de exageración del relieve
- Soporte para la confección de ortofotomapas
- Cálculo de cuencas hidrográficas
- Generación de perfiles longitudinales
- Generación de perfiles transversales
- Análisis de cuencas de drenaje
- Cálculos volumétricos.

Por ser las cubicaciones asunto de especial interés para nuestra profesión, se trata el empleo de la volumetría a través de modelos digitales en el presente artículo, dejando para posteriores publicaciones el resto de las disciplinas.

## METODOS TRADICIONALES DE CUBICACION

Los métodos tradicionales de que disponemos para realizar las cubicaciones aparecen descritos en el libro *"Topografía y Replanteo de Obras de Ingeniería"*, de D. Antonio Santos Mora, los cuales cito textualmente:

- Por adaptación o descomposición en figuras geométricas de volumen calculable en función de una determinada fórmula
- Por secciones horizontales
- Por la fórmula exacta del prismoide o prismatoide
- Por la fórmula aproximada de la sección horizontal media
- Por la fórmula exacta de la altura media aplicada a un prisma triangular
- Por la fórmula aproximada de la altura media aplicada a cualquier prisma
- Por cuadrículas o retículas ortogonales
- Por las fórmulas de las secciones verticales u horizontales medias, en función de los perfiles transversales de un elemento de obra o de los perfiles encajados para una determinada rasante.

Ninguno de los métodos descritos es, de por sí, mejor o peor que los demás. Cada uno de ellos tiene sus particularidades y grado de precisión y dependerá de las características de la cubicación a realizar el empleo de uno u otro. Por ejemplo, para cubicar elementos estructurales, tales como muros, obras de fábrica o tableros, se suele recurrir a la des-

PLANTA TERRENO ORIGINAL CON PROPUESTA DE VIAL

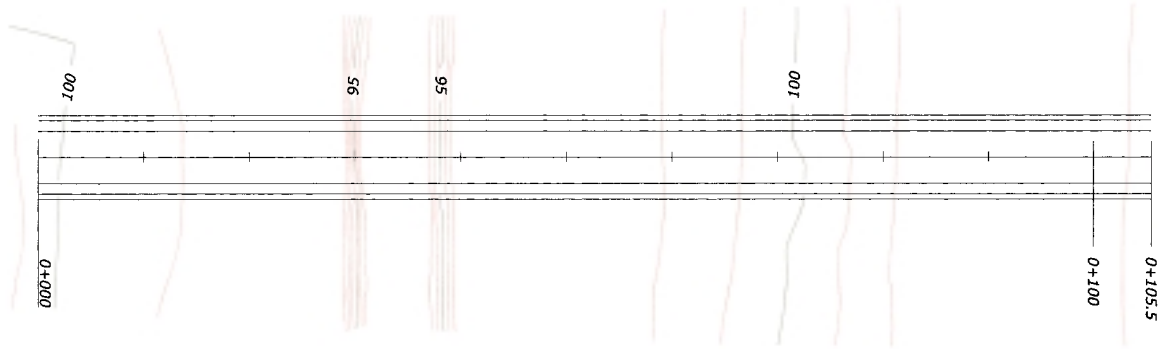


Figura 1.

composición en figuras geométricas; cuando sólo disponemos de cartografía analógica de una zona a desmontar o terraplenar, puede resultar útil la técnica de cortar por secciones horizontales medias, asumiendo en todo momento que la precisión obtenida dependerá de la precisión del plano que nos suministren, claro está. De los métodos referentes a las fórmulas del prismoide, de la sección horizontal media y de la altura media, quizá el que más veces he aplicado en el ejercicio de la profesión sea el de la fórmula aproximada de la sección media, para cubriciones expeditas.

El método de cuadrículas o retículas ortogonales nos ayudará en la determinación de volúmenes en obras de edificación, ya sean vaciados o rellenos, y resulta ser, en esencia, el más parecido a la cubrición por mallas tridimensionales. Recordemos que la cubrición a través de retículas ortogonales consiste en proyectar una retícula, de una longitud de lado determinada, con la rasante de la obra a ejecutar sobre el curvado del terreno original y calcular las cotas rojas en cada una de las intersecciones de la retícula, lo que dará lugar a una serie de troncos de prisma, cuyo volumen podemos obtener por separado, resultando la suma de todos ellos el total de excavación o relleno a ejecutar. Es decir, a través de este método descomponemos el terreno en troncos de prisma, generalmente cuadrados, en los que, por ejemplo en el caso de desmonte, la cara superior del prisma representará el terreno original y la cara inferior la rasante.

Más adelante se verá que, efectivamente, éste método conserva cierto paralelismo con el de cubrición empleando mallas tridimensionales.

En último lugar, y no por ello menos importante, figura el método de cubrición más extendido: **Perfiles Transversales**. Es el más extendido por su versatilidad, precisión y sencillez, pero adolece de ciertas carencias si no se toman las debidas precauciones en cuanto a líneas de paso, secuencia de perfiles y estado de alineaciones en planta.

Por ejemplo, en obras lineales, que es donde este método prevalece sobre los demás, se considera una secuencia determinada entre perfil y

perfil, que suele ser de 10 ó 20 metros generalmente, estipulada por el proyectista a la luz de las características geométricas del trazado en planta así como de la orografía del relieve por el que transcurre la obra.

Obsérvese la figura 1. En ella aparece un curvado del terreno original sobre el cual vamos a construir un vial de las siguientes características:

- Estado de alineaciones en planta: Una recta.
- Estado de alineaciones en alzado: Pendiente única del 2,4 %, desde el pk 0+000 a la rasante 101,000 hasta el pk 105,500 a la rasante 103,500
- Sección tipo: Dos calzadas de 3,0 m y arcén de 1,0 m, con bombeo al 2% desde el eje.
- Taludes de terraplén: Horizontal 3, Vertical 2.

En la planta (figura 1) podemos observar la presencia de una vaguada que discurre entre los pk 0+030 y 0+040.

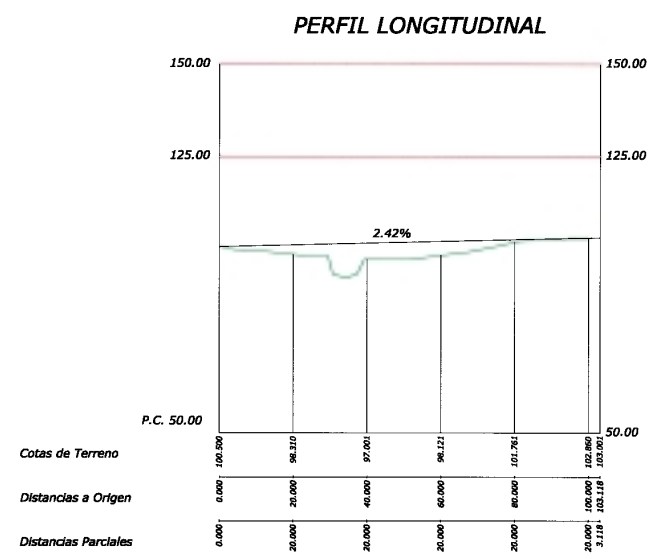


Figura 2

**PLANTA TERRENO ORIGINAL CON PERFILES TRANSVERSALES CADA 10 m.**

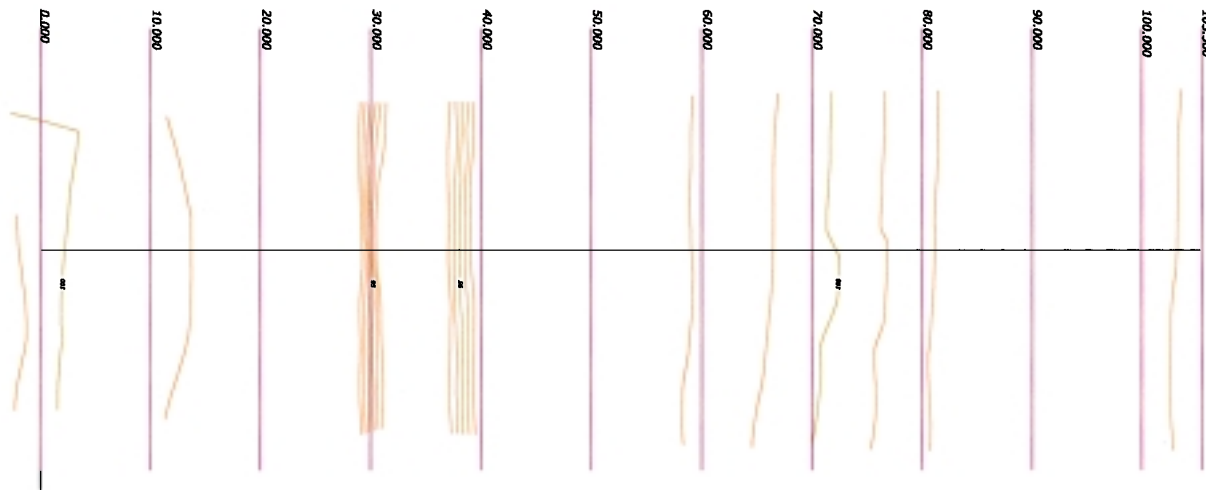


Figura 3

**CUBICACIÓN CADA 10 m.**

PK	Sup. Terraplén	Sup. Desmorte	Vol. Acum.	
			Terraplén	Desmorte
0	2	0	0	0
10	19	0	105	0
20	38	0	285	0
30	110	0	740	0
40	73	0	915	0
50	79	0	760	0
60	59	0	690	0
70	35	0	470	0
80	9	0	220	0
90	5	0	70	0
100	2	0	35	0
105,5	0	0	5,5	0

Total Terraplén	Total Desmorte
4295,5	0

En el perfil longitudinal (figura 2) se aprecia de forma más clara la vaguada.

Si procedemos a cubicar el vial cortando el terreno con perfiles transversales con una secuencia de 10 metros (figura 3), observamos que sólo el perfil 0+030 recogerá cotas representativas de la vaguada –y aun así no del fondo de la misma– pasando al perfil 0+040, que representará el terreno existente en la zona superior.

La cubicación a través de esta secuencia será la dada en la figura 4.

Si en vez de cubicar cada 10 m lo hacemos cada 5 (figura 5) observamos que ya sí quedan intercalados perfiles que van a contener información sobre la presencia de la vaguada, concretamente el perfil 0+035.

Figura 4

**PLANTA TERRENO ORIGINAL CON PERFILES TRANSVERSALES CADA 5 m.**

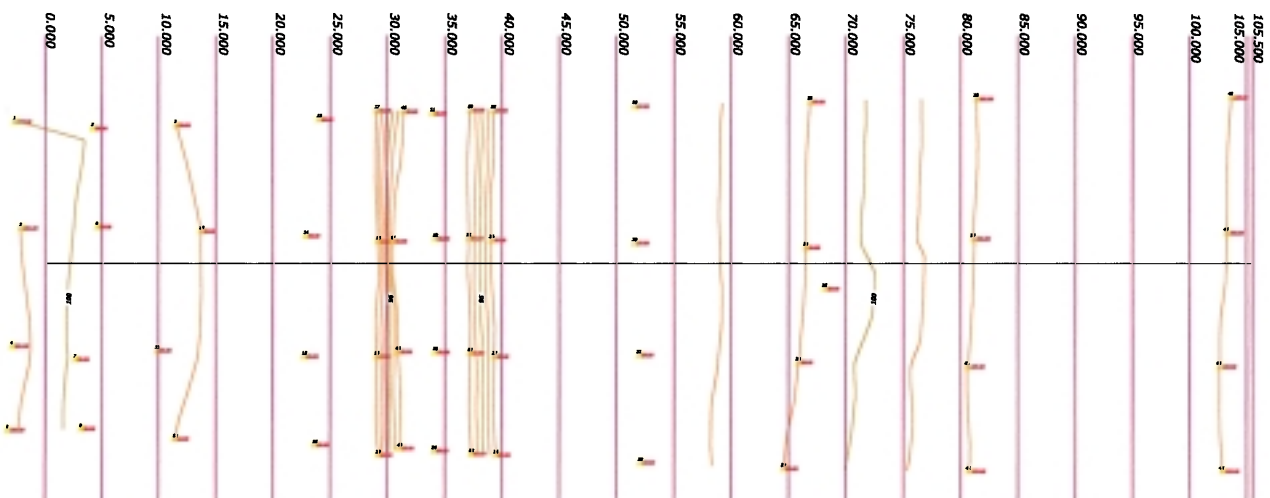


Figura 5

La cubicación empleando esta nueva secuencia será:

**CUBICACIÓN CADA 5 m.**

PK	Sup. Terraplén	Sup. Desmonte	Vol. Acum.	Vol. Acum.
			Terraplén	Desmonte
0	2	0	0	0
5	14	0	40	0
10	19	0	82,5	0
15	27	0	115	0
20	38	0	162,5	0
25	45	0	207,5	0
30	110	0	387,5	0
35	208	0	795	0
40	73	0	702,5	0
45	76	0	372,5	0
50	79	0	387,5	0
55	71	0	375	0
60	59	0	325	0
65	48	0	267,5	0
70	35	0	207,5	0
75	21	0	140	0
80	9	0	75	0
85	6	0	37,5	0
90	5	0	27,5	0
95	3	0	20	0
100	2	0	12,5	0
105	0	0	5	0
105,5	0	0	0	0

Total Terraplén	Total Desmonte
4745	0

**Figura 6**

Comparando ambas cubicaciones:

- Con perfiles transversales cada 5,0 m : 4.745,00 m<sup>3</sup>
- Con perfiles transversales cada 10,0 m : 4.295,50 m<sup>3</sup>
- Diferencia : 429,50 m<sup>3</sup>

Observamos que la diferencia entre considerar una u otra secuencia es del 10,46 %, cantidad desde luego nada desdeñable a la hora de evaluar costos y producciones.

Independientemente de que en la práctica se demuestre que en movimientos de tierras ejecutados en obras lineales a lo largo de tramos de varios kilómetros los errores cometidos al no considerar perfiles intermedios se compensan en desmonte y terraplén, de lo expuesto se de-

duce que no debemos olvidar la orografía del terreno a tratar cuando cubicamos a través de este método, ya que errores puntuales podrían no compensarse en un tramo determinado, falseando nuestras mediciones.

Otra consideración a tener en cuenta es la de intercalar perfiles transversales en las zonas de paso de desmonte y terraplén para obtener resultados más precisos.

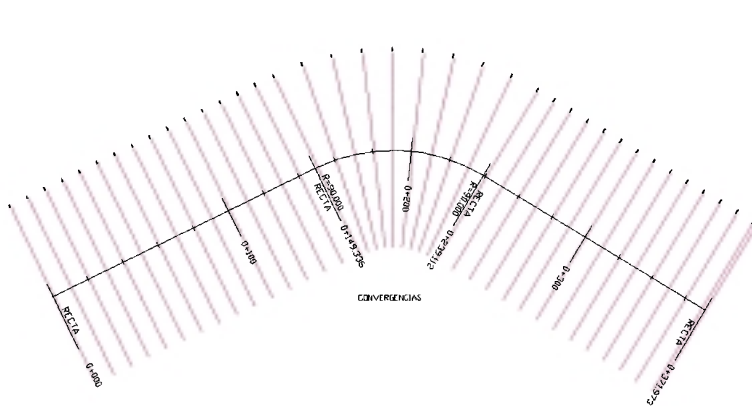
Habremos de prestar también especial atención al estado de alineaciones en planta del eje a cubicar, debido a que si éste se desarrolla a través de un tramo curvo de escaso radio, da lugar a que los perfiles sean convergentes (figura 7), no paralelos, llegando incluso a producirse solapes entre algunos de ellos (figura 8), lo que provocaría errores en nuestra medición.

En estos casos es de aplicación una generalización del teorema de Guldin, considerando la distancia entre los centros de gravedad de las superficies de los perfiles solapados, entendiéndose por centro de gravedad aquél que en cada perfil separa en dos partes iguales su superficie.

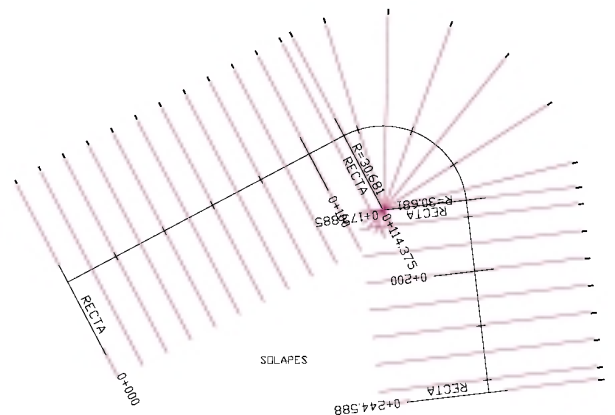
Citar, por último, otro método, poco utilizado en general en obras lineales pero que sí he encontrado en proyectos de vaciados de grandes extensiones y canteras, consistente en calcular a través de planos acotados. Si bien es cierto que los profesionales de la topografía disponemos de un amplio abanico de alternativas para cubicar, respaldado en un software que nos facilita la tarea, otros profesionales, para los cuales el cálculo de volumetrías es poco frecuente, recurren a este método con buenos resultados.

**LOS MODELOS DIGITALES DEL TERRENO**

Existen varias definiciones del término MDT. Debido al gran auge de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en los que los Modelos Digitales de Terreno están plenamente integrados, hay distintas denominaciones para el término, como, por ejemplo, la del acrónimo MDE (Modelos Digitales de Elevación), que considero necesario citar pues frecuentemente se confunde con el término MDT, existiendo, como apunta Comas y Ruiz (1993), diferencias considerables entre ambos:



**Figura 7. Convergencias**



**Figura 8. Solapes**

"Modelo Digital de Elevaciones, MDE: Modelo cuantitativo en formato digital de la superficie terrestre, que contiene información acerca de la posición (x-y) y la altitud (z) de los elementos de esa superficie. En un MDE la coordenada z puede representar cualquier tipo de datos (económicos, demográficos, etc). DIGITAL ELEVATION MODEL, DEM" (Comas y Ruiz, 1993).

"Modelo Digital de Terreno, MDT: Modelo cuantitativo en formato digital del relieve de la superficie terrestre, que contiene información acerca de la posición (x-y) y la altitud (z) de los elementos de la superficie. A diferencia de un MDE, en el MDT la coordenada z siempre representa altitud. DIGITAL ELEVATION MODEL. DTM" (Comas y Ruiz, 1993).

Aclarada la diferencia entre ambos términos, nos encontramos con más definiciones del concepto MDT:

"Un modelo digital del terreno generalmente expresa la topografía del terreno, es decir, las alturas en cada punto (pixel) de un territorio..." (Joaquín Bosque Sendra, 1992).

"MDT (Modelo digital de terreno): Conjunto de puntos situados de forma organizada o aleatoria sobre el terreno, de los cuales se conoce su posición en las coordenadas X,Y,Z" (F. Javier Moldes Teo, 1995).

Al margen del maremagnum de definiciones sobre el particular, digamos que un MDT representa el modelado de una superficie topográfica expresado tridimensionalmente, es decir, conservando las relaciones entre las coordenadas planimétricas X,Y, y las altimétricas, Z, dentro de un mismo sistema de referencia. Es decir, consideramos una superficie (x,y) ondulada, levantada en tres dimensiones. Al hablar de un modelado hablamos de una superficie continua sobre la cual podemos consultar, en cualquier punto, las coordenadas del mismo. Lógicamente, el término "superficie continua" es el resultado de una interpolación, pues para modelar en su totalidad un determinado terreno habríamos de efectuar infinitas observaciones. En la práctica, lo que hace un MDT es una interpolación, basada en un número finito de observaciones representativas del terreno, a través de la cual se pueden calcular las coordenadas X,Y,Z de cualquier punto, independientemente de que pertenezca o no a la base de datos soporte de la interpolación.

Un Modelo Digital del Terreno lo podemos confeccionar partiendo de diversas fuentes:

- A partir de cartografía analógica, digitalizando las curvas de nivel o bien escaneando el mapa y vectorizándolo después
- A partir de una restitución fotogramétrica
- A partir de un levantamiento taquimétrico
- A partir de sensores aerotransportados
- A partir de datos GPS.

La metodología más general para la obtención de un MDT consiste en obtener, a través de cualquiera de las fuentes descritas, una nube de puntos del terreno lo suficientemente representativa como para poder interpolar los espacios existentes entre puntos a través de lo que se denomina una Red de Triángulos Irregulares TIN, de manera que lo que

obtendremos es una nube de puntos, con sus coordenadas X,Y,Z, conectados entre sí a través de una red de triángulos. Para calcular la cota de un punto determinado que no pertenezca al conjunto de puntos de la red TIN se procede a una interpolación, proceso definido como "... procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio (punto no muestral, con un valor estimado), conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio (puntos muestrales, con valores reales)" (Joaquín Bosque Sendra, 1992).

Existen diversas técnicas de interpolación, las cuales me limito a citar para los interesados sin extenderme sobre el particular: métodos directos (no realizan análisis de autocorrelación), métodos que analizan la autocorrelación espacial de la variable a partir de curvas de nivel.

## CONFECCIÓN DEL MODELO DIGITAL

No es el objetivo del presente artículo explicar de manera pormenorizada cómo se crea un modelo digital, aunque sí creo necesario citar el procedimiento más general, independientemente de la variedad de paquetes de software que acometen esta tarea a través de diversos métodos. Podemos, por tanto, considerar una serie de pasos comunes ja-lonados en:

- Obtención del espacio muestral de la información geográfica
- Generación de una red de triángulos irregulares
- Interpolación
- Generación del MDT.

En el ejemplo descrito a continuación, se parte de una nube de puntos, en este caso obtenida través de un levantamiento taquimétrico, sobre la cual, tras introducir las líneas de rotura, procedemos a triangular (se entiende por líneas de rotura aquellas que unen puntos definitorios del relieve, ya sean vaguadas, pies o cabezas de talud, bordes de carreteras o caminos, etc.). Una vez generada la red de triángulos irregulares TIN (figura 9) ya se ha conseguido nuestro Modelo Digital de Terreno.

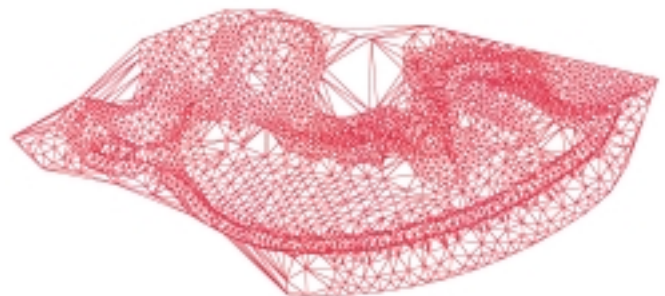


Figura 9. Red de triángulos irregulares TIN

El interés de crear nuestro Modelo Digital radica es que podemos realizar una gran variedad de tareas sobre la base de datos del mismo almacenada en nuestro fichero, como, por ejemplo, generar curvas de nivel a distintas equidistancias (figuras 10 y 11).



Figura 10. Curvado con equidistancia de 1,0 m



Figura 11. Curvado con equidistancia de 0,20 m

En la generación de curvas de nivel habremos de precisar, aparte de la equidistancia, el factor de "suavizado" (*splines*, Burrough, 1998) con el que queremos representarlas, teniendo en cuenta que no necesariamente el curvado más bonito, más sinuoso, es el más representativo, el que más se acerca a la realidad. Los paquetes de software existentes en el mercado nos ofrecen a su vez la posibilidad de etiquetar las curvas de nivel, al objeto de conocer la cota de las mismas si estamos observando un plano en formato impreso, dato que en un plano digital obtenemos de inmediato, pues las curvas contienen la información altimétrica.

Podemos también obtener mapas de pendientes (figura 12). En ellos se representan las pendientes del terreno, expresadas en tanto por ciento, a través de una red de triángulos a la que se le asocia un color para cada umbral de pendiente.

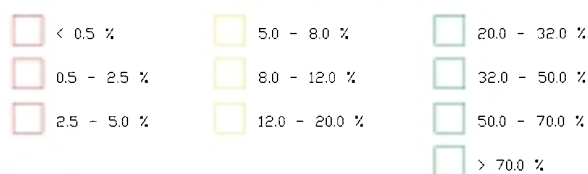
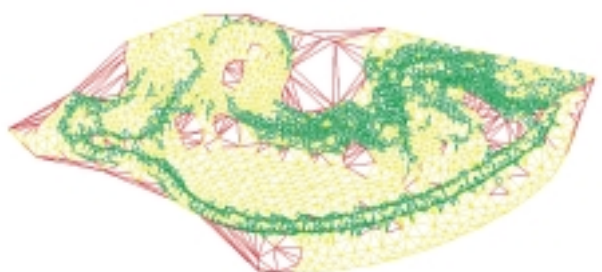


Figura 12. Mapa de pendientes

Obtener mapas de alturas (figuras 13 y 14). En ellos se expresan, a través de una gama de colores, el rango de altitudes existente en el terreno, diferenciando áreas dentro de un umbral de altitud a través de un color.

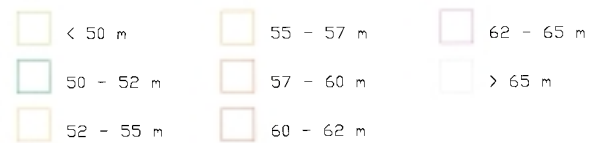
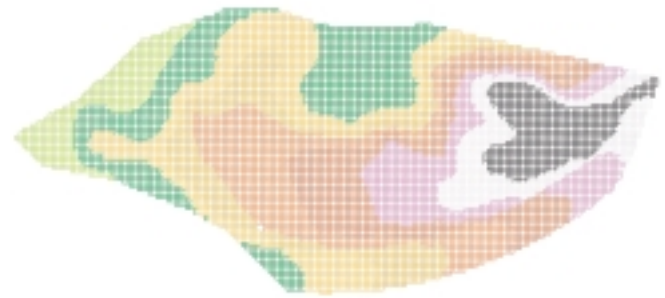


Figura 13. Mapa de alturas

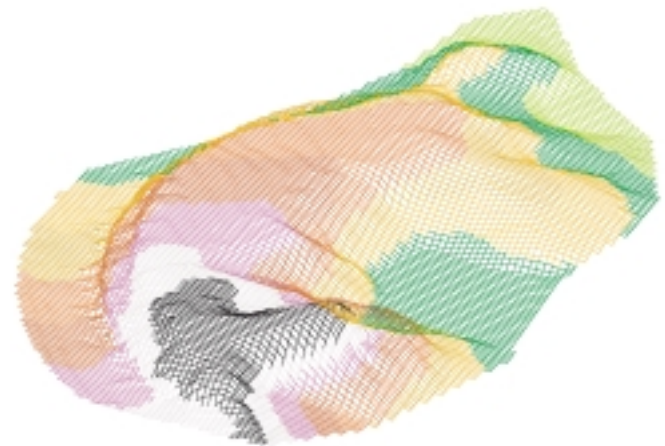
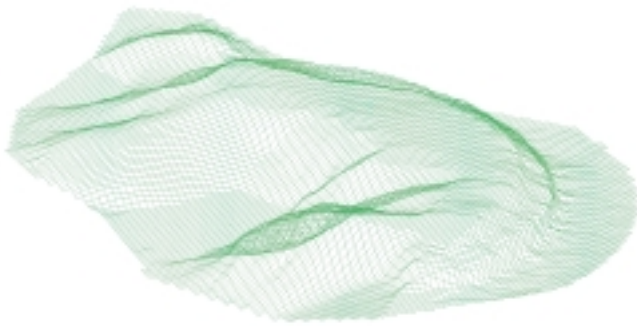


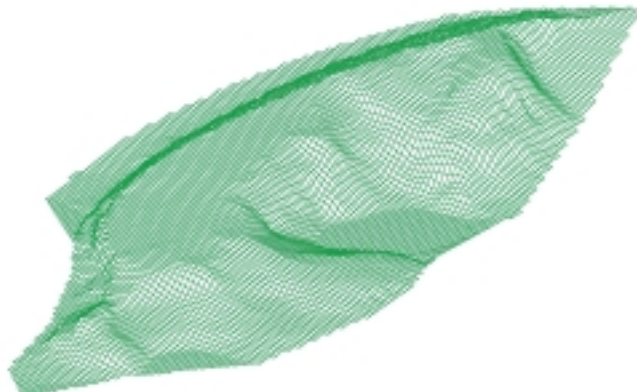
Figura 14. Mapa de alturas 3D

Se pueden desarrollar mapas de alturas con técnicas de **sombreado e iluminación del relieve**, a través de las cuales se pretende reproducir, lo más fielmente posible, las condiciones visuales del objeto representado en su entorno natural. Se trabaja en este caso con variables tales como la iluminación, alternando zonas de más o menos intensidad luminosa según su disposición frente a la fuente de luz.

Vistas tridimensionales desde diversos puntos (figuras 15 y 16). En la generación de estas vistas en tres dimensiones habremos de prestar especial atención al **punto de vista del observador**, para no crear zonas ocultas de áreas de interés, el **punto más cercano** al terreno que se pretende representar y la **altura** a la que estaría situado el observador, determinando el grado de exageración o atenuación del relieve, que será más plano cuanto más nos acerquemos al cenit. Alternando con estas tres variables obtendremos la vista tridimensional que más se adapte a nuestros requerimientos.



**Figura 15**



**Figura 16**

En definitiva, la generación de un MDT da lugar a una base de datos, de la que podremos extraer información para acometer diversas tareas, tanto estrictamente topográficas como relacionadas con la confección, por ejemplo, de mapas climáticos, análisis geomorfológicos, hidrológicos, etc. D. Joaquín Bosque Sendra, en su libro "Sistemas de información Geográfica" (1997), cita algunas referencias para los interesados en disciplinas tales como:

- Determinación automática de cuencas de drenaje: Mark (1984); Van Deursen y Kwadijk (1990)
- Clasificación cuantitativa de las formas del relieve: Dikau (1989); Franklin (1987)
- Modelado de hechos subterráneos (en Hidrología): Turner (1989); Youngmann (1989)
- Modelado de hechos subterráneos (en Minería): Bak y Mill (1989); Giffen y Holbaek-Hansen (1990); Firstch (1990); Molemar (1990).

### VOLUMETRÍA A TRAVÉS DE MODELOS DIGITALES

Una de las aplicaciones más interesantes de los modelos digitales es, sin duda, la de poder calcular volúmenes de movimientos de tierras partiendo de dos MDT: el del terreno original y el de la obra ejecutada. Este segundo lo podremos generar una vez ejecutada la obra, a través, por ejemplo, de un levantamiento taquimétrico o bien creando un modelo digital de la obra a ejecutar (a partir de las características geomé-

tricas expresadas en el proyecto), si necesitáramos conocer el volumen de movimiento de tierras antes de comenzar la obra en cuestión.

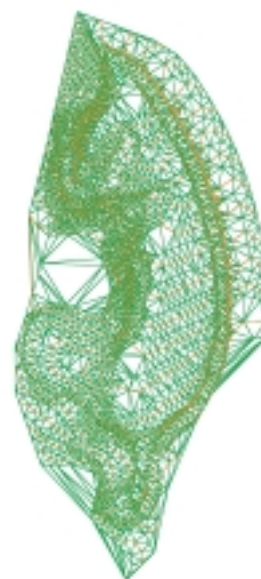
En cualquier caso, la alternativa de cubicar comparando dos modelos digitales constituye una herramienta potente y versátil que nos permite abordar el problema de diferentes maneras. Cada profesional decidirá, según las características de la obra, cuál se adapta mejor a sus necesidades. Estas técnicas las podemos concretar en tres:

- Cálculo de volúmenes a través de perfiles transversales
- Cálculo de volúmenes por diferencia de modelos digitales
- Cálculo de volúmenes por diferencia de mallas tridimensionales.

### Cálculo de volúmenes a través de perfiles transversales

Una vez tenemos generado el Modelo Digital del Terreno, podremos "cortarlo" mediante perfiles transversales, con la secuencia que estemos oportuna, la cual dependerá de las características geométricas tanto del terreno original como de la obra a ejecutar. Se nos muestra de esta manera la versatilidad de los MDT, pues no necesitamos ir al campo para tomar más perfiles, ya que de la misma base de datos del mismo MDT podemos obtener tantos perfiles como queramos.

Pongamos como ejemplo una zona de cierto relieve (figura 17a) sobre la que hemos practicado un desmonte, expresado en la figura 17b, obtenida a través del levantamiento taquimétrico de la obra ejecutada.



**Figura 17.a**  
**Terreno Original**



**Figura 17.b**  
**Terreno Obra ejecutada**

Introduciremos un eje a través del cual cortar por secciones transversales ambos modelos digitales. Para ilustrar el ejemplo emplearemos cuatro secuencias de corte: 1 metro (figura 21), 5 metros (figura 20), 10 metros (figura 19) y 20 metros (figura 18):

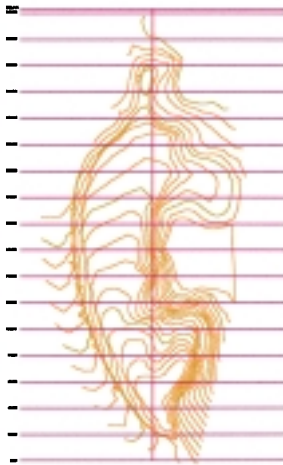


Figura 18  
Secuencia 20 m



Figura 19  
Secuencia 10 m



Figura 20  
Secuencia 5 m



Figura 21  
Secuencia 1 m

En las figuras 18, 19, 20 y 21 aparecen representadas las secciones transversales ejecutadas sobre el terreno original. Procederemos de la misma manera para el terreno que representa la obra ejecutada.

Una vez obtenidos los perfiles transversales del terreno original y de la obra ejecutada, el cálculo de la cubicación es inmediato, multiplicando las superficies generadas por las intersecciones del terreno original y de la obra ejecutada de cada transversal común por la secuencia. Podemos observar, a través de la tabla adjunta, las diferencias en el cómputo de la cubicación según la secuencia empleada (figura 22):

PERFILES TRANSVERSALES				
SECUENCIA	Desmante	Terraplén	Diferencias	Porcentajes
Cada 1,0 m	86789,214	1723,293	0	0
Cada 5,0 m	86775,057	1719,586	14,157	0,0002%
Cada 10,0 m	86718,521	1734,381	70,693	0,0815%
Cada 20,0 m	86577,273	1961,119	211,941	0,2244%

Figura 22

Estudiando, por ejemplo, el caso de desmante, se aprecia en la gráfica adjunta (figura 23) que si aumentamos la frecuencia de las secciones obtenemos mayor cubicación. La diferencia de calcular el volumen con perfiles cada metro a hacerlo con perfiles cada 20 metros es de 211,941 m<sup>3</sup>, lo que constituye un 0,22% sobre el valor más probable, que en este caso será el de 86.789,214 m<sup>3</sup>, es decir, el obtenido a través de perfiles cada 1,0 m.

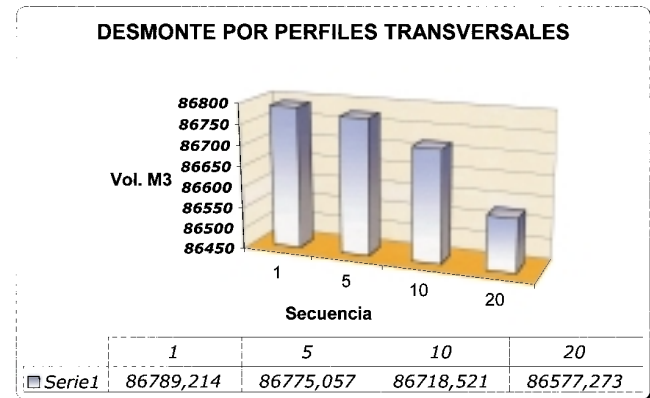


Figura 23

Si analizamos porcentualmente las diferencias respecto del valor más probable (figura 24):

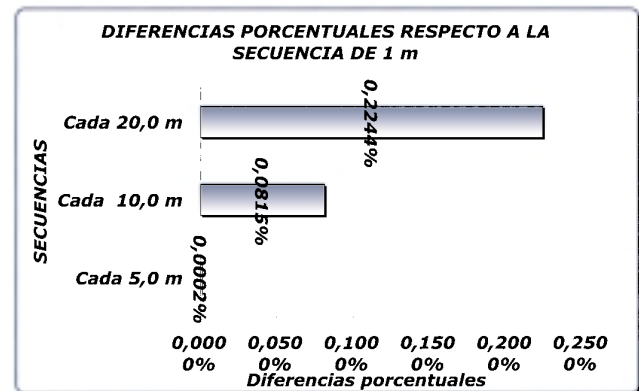


Figura 24

El criterio de la secuencia de los perfiles transversales suele generar controversia a la hora de presentar nuestras mediciones, pues, como podemos observar, la elección de una u otra secuencia da lugar a diferentes resultados. Evaluar la influencia de esta variable en la determinación de volumetrías es algo que el profesional ya puede hacer de manera casi inmediata auxiliándose de los Modelos Digitales de Terreno, sin necesidad de recurrir a costosas mediciones de campo.

Existen programas en el mercado que permiten obtener perfiles transversales a partir de una cartografía digital en tres dimensiones, sin necesidad de crear el modelo digital, resolviendo la cubicación de manera análoga a la descrita. Si la base cartográfica es de calidad, los cortes de

los transversales con los elementos que queramos representar en los mismos se producirán correctamente, pero si la base cartográfica contiene algún error, alguna cota mal asignada, el resultado serán perfiles absurdos, con grandes cambios de cota, que deberemos corregir uno por uno buscando la causa del error, cosa que no ocurre con un modelo digital bien confeccionado.

### Cálculo de volúmenes por comparación de modelos digitales

El fundamento de este método es el cálculo de volúmenes de prismoides triangulares, cuya cota inferior, en el caso de desmonte, será la de la obra ejecutada y en el de terraplén la del terreno original, y la cota superior será, en desmonte la del terreno original y en terraplén la de la obra ejecutada. Obtendremos, en cada prismoide, un volumen parcial, que se irá acumulando para poder calcular el volumen total.

Al hablar de cotas inferior y superior hablamos de cotas medias, es decir, de la media de las cotas de cada uno de sus vértices, que estará sometida a una determinada tolerancia. Recordemos, un MDT es una superficie *ondulada*.

Los resultados obtenidos a través de este método son:

Desmonte:	85.031,507 m <sup>3</sup>
Terraplén:	1.283,641 m <sup>3</sup>

Algunos paquetes de software nos dibujan con colores distintos las áreas de desmonte y terraplén (figura 25).

### Cálculo de volúmenes por diferencia de mallas

Análogo al método de cubicación por comparación de modelos digita-

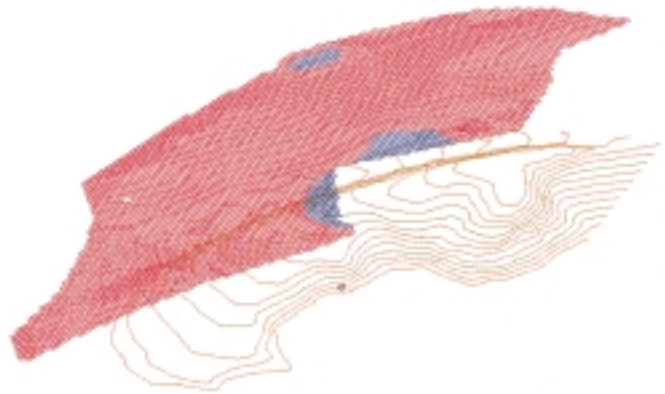


Figura 25

Color rojo: desmonte  
Color azul: terraplén

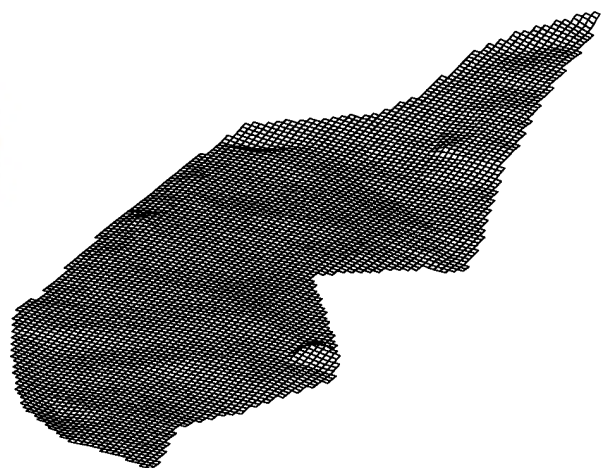
les, lo que aquí se nos presentan son dos mallas, dos retículas tridimensionales, una del terreno original y otra de la obra ejecutada (figura 26).

En este caso al cubicar se superponen las dos mallas, calculando los volúmenes de desmonte o terraplén generados a través de las diferencias de cota de cada uno de los puntos que conforman la malla, pertenecientes a su vez a las celdas, diferencia que multiplicada por la superficie de la celda nos proporciona un volumen parcial tal que sumado a los de las restantes celdas comunes que representan ambos modelos digitales conformarán el volumen total desmontado o terraplenado.

Como en el caso de la secuencia de los perfiles transversales, aquí analizaremos la cubicación por mallas introduciendo una variable, las dimensiones de la celda, adoptando celdas de 1x1 (figura 27a), 2x2 (figura 27b) y 5x5 (figura 27c):

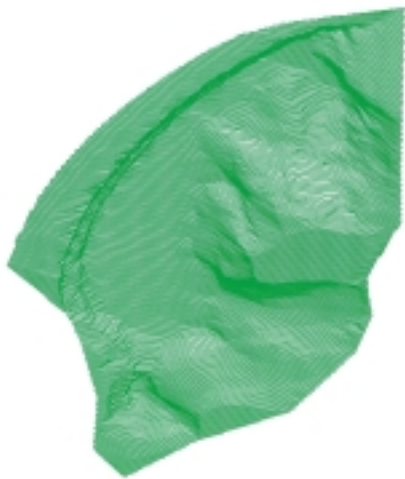


Malla 3D Terreno Original

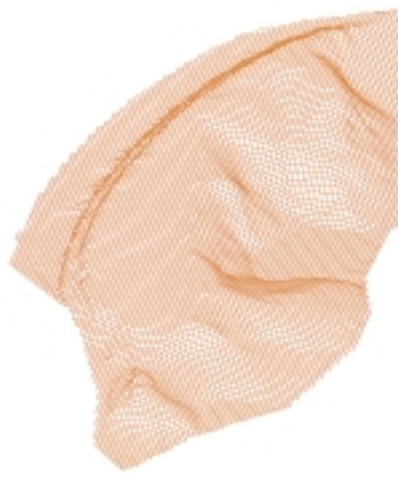


Malla 3D Obra ejecutada

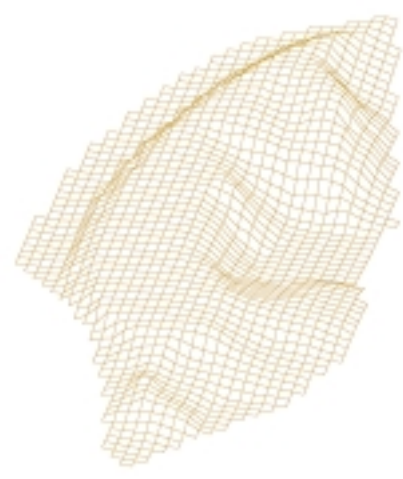
Figura 26



Malla 1x1  
Figura 27.a



Malla 2x2  
Figura 27.b



Malla 5x5  
Figura 27.c

Los resultados obtenidos son (figura 28):

MALLAS				
TAMAÑO CELDA	Desmote	Terraplén	Diferencias	Porcentajes
1X1	86276,79	1548,486	0	
2X2	85641,234	1404,676	635,556	0,740%
5X5	83774,813	896,363	2501,977	2,900%

Figura 28

Como en el caso anterior de los perfiles transversales, analizaremos el caso del desmote. Observamos que también se producen diferencias, debido a que el margen de interpolación es mayor a medida que aumentamos el tamaño de la celda. El valor más próximo al más probable será, lógicamente, aquél que se corresponde con las dimensiones de celda más pequeñas (figura 29).

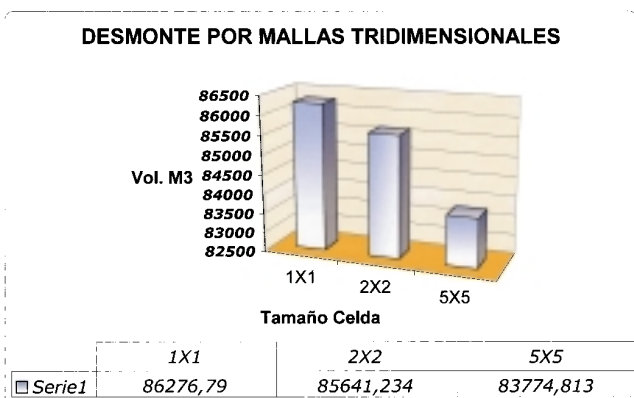


Figura 29

Las diferencias, en tanto por ciento respecto del valor más probable, son (figura 30):

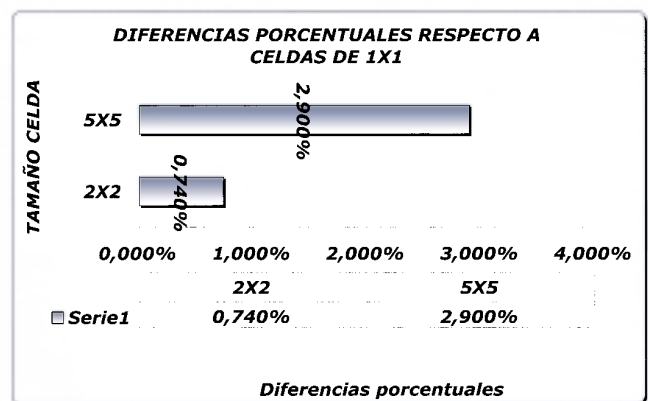


Figura 30

Observamos que considerando mallas de 5x5 la diferencia respecto a la cubicación considerando una malla de 1x1 es del 2,9% sobre el valor más probable, en este caso los 86.276,79 m<sup>3</sup> del resultado de cubicar con mallas de 1x1.

### CONCLUSIONES

De todo lo expuesto es necesario aclarar que los métodos de cubicación descritos a través de comparación de modelos digitales y de mallas son de un ámbito de aplicación más enfocado a desmontes o terraplenes de obras no lineales (canteras, vaciados, etc.) que los generados en obras lineales. El método que prevalece en el caso de estas últimas sigue siendo el de los perfiles transversales.

El interés del empleo de estas técnicas para cubicar desmontes tipo cantera, por ejemplo, creo que ha quedado suficientemente documentado en el presente artículo, pues la variedad de alternativas que disponemos para, partiendo de un MDT, cubicar, es amplia y versátil, pudiendo documentar nuestros trabajos con vistas tridimensionales que facilitan la comprensión de lo ejecutado en el terreno. Se añade también un factor de precisión, que siempre dependerá de la calidad con que ha sido obtenida la base de datos para generar el MDT. Si el MDT creado refleja fielmente la realidad, la precisión de nuestros resultados difícilmente se verá superada por tediosas observaciones de campo tomando transversales seguidas de innumerables cálculos. Con una sola toma de datos de campo podremos calcular volúmenes sin necesidad de volver a acudir a la zona de trabajo.

Respecto a las obras lineales, los MDT generan una alternativa sin duda interesante; la de cubicar con una secuencia de perfiles variable y tan pequeña como nos resulte necesario, sin necesidad de tomar perfiles en campo. Es decir, si, por ejemplo, para el proyecto de una carretera disponemos de una cartografía digital lo suficientemente precisa para la escala a la que estemos trabajando, ya sea obtenida a través de un gran levantamiento taquimétrico o por restitución fotogramétrica, podemos calcular, una vez introducidas la definición geométrica en planta y alzado y la sección tipo del vial o los viales en cuestión, los volúmenes de desmonte o terraplén a generar para la ejecución de las obras.

Hasta ahora, estos trabajos se han acometido con secuencias de perfiles constantes, cada 10 ó 20 metros generalmente, al resultar en la práctica inviable tomar perfiles en campo cada 5,0 o incluso cada 1,0 metros. Pues bien, ahora podemos obtenerlos cada centímetro, cada milímetro. Independientemente de que los errores en desmonte o terraplén cometidos al adoptar una secuencia fija al margen de las características del vial y del terreno estadísticamente se compensen en obras lineales, disponiendo de esta herramienta los podemos ya analizar al margen de la estadística, pormenorizando en cada tramo para comprobar ese rango de compensación. Es decir, los modelos digitales del terreno nos permiten estar cada vez más cerca del valor más probable en nuestros cálculos volumétricos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Joaquín Bosque Sendra. (1997). *"Sistemas de Información Geográfica"*. Ediciones Rialp.
- Antonio Santos Mora (1998). *"Topografía y replanteo de obras de Ingeniería"*. Editado por el Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.
- TCP-I.T., S.L.(1997). *"Aplicaciones TCP en entorno AutoCAD para Topografía, Construcción e Ingeniería Civil"*. ■

## " LA TIENDA VERDE "

C/. MAUDES, 23, TEL. 91 535 38 10 y MAUDES, 38, TELS. 91 534 32 57 - 91 533 07 91  
FAX: 91 533 64 54  
28003 MADRID

### " LIBRERIA ESPECIALIZADA EN CARTOGRAFIA, VIAJES Y NATURALEZA "

- |   |                          |                                 |
|---|--------------------------|---------------------------------|
| - MAPAS TOPOGRAFICOS: S. G. E. I. G. N. | - MAPAS METALOGENETICOS. | - MAPAS MONTADOS EN BASTIDORES. |
| - MAPAS GEOLOGICOS.                     | - MAPAS TEMATICOS.       | - FOTOGRAFIAS AEREAS.           |
| - MAPAS DE CULTIVOS Y APROV.            | - PLANOS DE CIUDADES.    | - CARTAS NAUTICAS.              |
| - MAPAS AGROLOGICOS.                    | - MAPAS DE CARRETERAS.   | - GUIAS EXCURSIONISTAS.         |
| - MAPAS DE ROCAS INDUSTRIALES.          | - MAPAS MUNDIS.          | - GUIAS TURISTICAS.             |
| - MAPAS GEOTECNICOS.                    | - MAPAS MURALES.         | - MAPAS MONTAÑEROS.             |

"VENTA DIRECTA Y POR CORRESPONDENCIA"  
" SOLICITE CATALOGO "

# Levantamiento de la cúpula de la Basílica del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial

## Aplicación experimental de Estación Total de lectura directa

Miguel Alonso Rodríguez, Ana López Mozo, Mercedes Farjas Abadía y Francisco Ayora Baena

EUIT TOPOGRÁFICA

UPM

### I. Toma de datos

#### INTRODUCCIÓN

La idea de este trabajo surgió del deseo de disponer de un levantamiento riguroso de la cúpula de la Basílica del Monasterio de El Escorial que permitiese analizar su geometría y sirviera como Proyecto de Fin de Carrera, colaborando además en el desarrollo de la tesis doctoral *"Las bóvedas del Monasterio de El Escorial"*. En esta parte se describe la toma de datos llevada a cabo para la realización de dicho levantamiento.

El levantamiento se realizó por métodos topográficos, empleando una estación total sin prisma de reflexión.

Los fines perseguidos fundamentalmente fueron dos: disponer de un levantamiento riguroso que permitiera analizar la geometría y estereotomía de la cúpula y aproximarse al levantamiento de edificios mediante este nuevo instrumental topográfico.

Con anterioridad a la realización de este trabajo no se conocían con precisión las dimensiones de la cúpula. Solamente se había medido la linterna con motivo de la reconstrucción de la aguja en 1948. Inicialmente se pensó en realizar el levantamiento del interior; finalmente se hizo también del exterior, para poder definir la sección de la cúpula. Se excluyó el levantamiento de la linterna por el motivo anteriormente expuesto.

Los trabajos se realizaron para una escala de documentación gráfica de 1/200, adecuada para un levantamiento de este tipo. De acuerdo con este criterio, no se sobrepasó la tolerancia de 4 cm en planimetría y altimetría.

La Iglesia principal tiene planta de cruz griega de tres naves, con cúpula semiesférica sobre pechinas en el crucero. La cúpula está formada por

un tambor cilíndrico sobre el que se apoya una semi-esfera peraltada coronada por una linterna.

Siendo el interior un recinto cerrado y a notable altura sobre el suelo, el problema fundamental radicaba en dar coordenadas a puntos inaccesibles.

El primer paso fue considerar las distintas soluciones posibles que ofrece la topografía. La fotogrametría ha sido el procedimiento que se ha empleado habitualmente en estos casos, tradicionalmente con fotografías paralelas con visión estereoscópica. En la actualidad está suficiente-



**Planta primera del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial. Dibujo de Juan de Herrera grabado por P. Perret (1589)**



### Vista interior del crucero y cúpula de la basílica

mente contrastada la restitución a partir de fotografías convergentes e identificación digital de puntos sobre las mismas.

También se pensó utilizar el método de bisección y realizar punterías sobre la proyección de un rayo láser. Este método de la topografía clásica está ampliamente probado.

La aparición de las estaciones totales de lectura directa, sin prisma de reflexión, supone, sin duda, una importante novedad en este campo. Por esta razón fue el procedimiento elegido para el levantamiento de la cúpula.

El aparato utilizado fue una estación total Leica TCR305, cedida por la casa Leica para este trabajo. Dicha estación permite realizar la medición de distancias sin prisma reflector, mediante rayo láser visible (LR). Asimismo, dispone de distanciómetro de infrarrojos para medición con prisma (IR). Es una estación con una precisión en la medida de distancias de  $3 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm}$ . Las especificaciones técnicas del aparato, que se reproducen en el cuadro adjunto, indican que el alcance del instrumento está condicionado por el color de la superficie de observación y por la luminosidad ambiente, obteniéndose los mejores resultados en superficies blancas con iluminación débil.

#### Estación Leica TCR305

Datos del fabricante sobre alcance en medidas sin reflector

Condiciones Atmosféricas	Alcance sin reflector	
	Sup. blanca*	Gris, albedo
4	60 m	30 m
5	80 m	50 m
6	80 m	50 m

\* Grey Card de Kodak para fotómetros de luz reflejada

- 4) Objeto intensamente iluminado, fuerte centelleo por el calor
- 5) Objeto en sombra o con cielos cubiertos
- 6) Durante el crepúsculo, de noche o bajo tierra

## PUNTOS DE ESTACIÓN

Estudiados los posibles puntos de estación para el levantamiento del interior de la cúpula, se eligieron tres. El primero de ellos se situó bajo el centro de la cúpula, en el suelo de la basílica; el segundo a la altura del coro, bajo la tribuna del órgano de mediodía y el tercero en el acceso a la cornisa del tambor de la cúpula, a 45 metros sobre el suelo de la basílica.

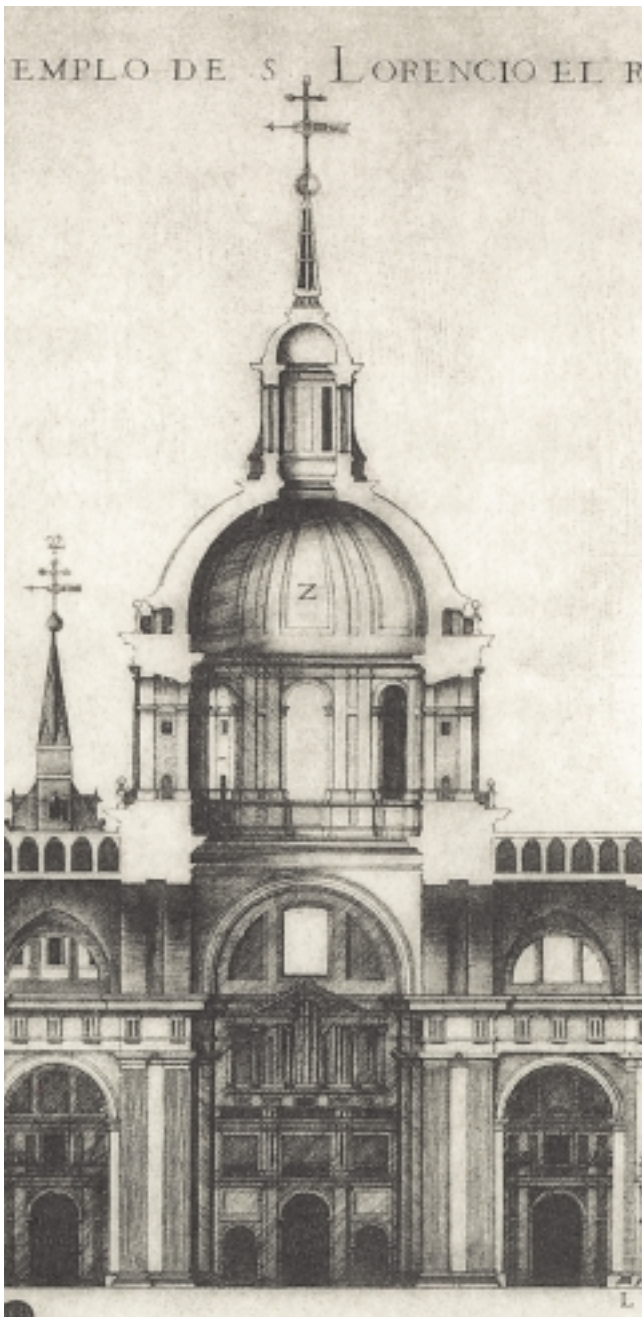
Desde el primer estacionamiento se radiaron preferentemente puntos del intradós de la media naranja; desde el segundo puntos del tambor y desde el tercero se dieron coordenadas a puntos del intradós y del tambor.

Para realizar el levantamiento del exterior de la cúpula se estacionó el aparato en el cuerpo de campanas de las torres de la basílica, bajo los arcos de medio punto situados frente a la cúpula. Desde las dos estaciones se podía observar, en total, algo más de la mitad del exterior de la cúpula.

Inicialmente se pensó en unir las estaciones en red o en itinerario, pero posteriormente se pudo comprobar que desde la tercera estación interior no se contemplaba ninguna de las otras dos y en el exterior suce-



Estación Leica TCR 305 en campo



**Sección longitudinal de la basílica.  
Fragmento del dibujo de Herrera grabado por Perret.**

día algo parecido, al no haber visibilidad entre ambas. Por esta razón se decidió fundir las observaciones a partir de puntos comunes y emplear la transformación Helmert 3D.

## TOMA DE DATOS DEL INTERIOR DE LA CÚPULA

### Primera estación en E1

La primera estación se situó en el crucero, bajo el centro de la cúpula. Se utilizó una "estrella", pues el suelo es de mármol pulido y no es po-

sible señalar el punto de estación. Se comenzó visando los puntos de enlace con la segunda estación. Se eligieron seis puntos, nitidos e identificables, que fuesen visibles con seguridad desde ambas. Se hicieron croquis y reseñas de cada uno y se observaron en círculo directo e inverso. Además, se eligió un punto de referencia para observar cada media hora.

A continuación se procedió a radiar puntos de la cúpula. Se comenzó visando, haciendo uso del ocular acodado, los puntos más alejados situados en la linterna, a una distancia aproximada de 70 m. La estación respondió con el mensaje de "señal débil", debido a que se había superado la distancia límite y la señal de retorno que recibía era insuficiente para medir.

Posteriormente, se buscó dar coordenadas a los puntos de la cúpula situados en el anillo sobre el que se apoya la linterna. El resultado fue favorable, si bien la medición era selectiva, en el sentido de que había que visar a puntos blancos, en ningún caso a granos o manchas oscuras del granito y tampoco a las juntas de dovelas de color gris oscuro. Había incluso que hacer la puntería a los granos blancos, pues si se hacía a la biotita volvía a aparecer el mensaje de señal débil.

Por otra parte, la respuesta no era en todos los casos inmediata. El tiempo de medición, que, según los datos del fabricante, en modo corto (*no-track*), es de  $30 \text{ s} \pm 1,0 \text{ seg}/10 > 30$ , con frecuencia se superaba, prueba de que a la estación le "costaba" medir.

Los datos recogidos fueron de puntos situados a una distancia próxima a los 58 m sobre una superficie esférica, siendo el ángulo de incidencia del rayo láser sobre la superficie sensiblemente ortogonal y por tanto el más favorable. Sabíamos que estábamos observando en las condiciones límites de la estación. En los restantes puntos de la cúpula, que están situados a menor distancia, la estación midió sin dificultad.

Después de haber radiado puntos de la cúpula, se prosiguió con la cornisa de las pechinas, con la intención de obtener un perfil. Se visó a la cornisa y se cabeceó el ocular, dando coordenadas a puntos muy próximos. A continuación se repitió el proceso para la cornisa del tambor.

De los primeros puntos se hicieron croquis y reseñas, pero de inmediato se apreció que esta tarea ocupaba más tiempo que dar coordenadas al punto. Finalmente, se adoptó la solución de radiar grupos de puntos próximos, que en su conjunto pudieran ser gráficamente identificados. Con preferencia fueron grupos de puntos situados en un mismo plano horizontal o vertical, que eran estimados con ayuda de llagas e hiladas. Se realizaron croquis y reseñas del conjunto, anotando los números del primer y último punto.

Esta sesión de observaciones duró media jornada. Fueron cuatro horas de estacionamiento efectivo y se radiaron más de 950 puntos.

## Estación E2

Estaba situada bajo la tribuna del órgano de mediodía, aproximadamente en el eje del transepto, a la cota de los 30 pies (8,35 m), cota del coro. El pavimento es de granito sin pulir, por lo que no fue necesario utilizar la "estrella", aunque tampoco se pudo señalar el punto de estación. Era visible la mitad de la circunferencia del tambor, de una a otra cornisa, excepto una estrecha zona en sombra que produce la cornisa inferior. Apenas se divisaba el peralte de la cúpula.

Se comenzó radiando los puntos de enlace, en círculo directo e inverso, y un punto de referencia en CD para observar cada media hora. A continuación se repitió la operación con puntos del tambor, en concreto de la ventana que teníamos en frente y las colaterales. La ventana central se definió en detalle y se determinaron las secciones de sus cornisas y molduras. Para que se aproximaran al máximo a secciones verticales nos apoyamos en las llagas, en las partes de las molduras menos erosionadas. Como en la estación anterior, se hicieron croquis de los grupos de puntos radiados, anotando los números del primero y del último.

La observación en E2 duró una jornada de trabajo. Se radiaron más de 1.350 puntos, sin llegar a 1.400, en siete horas de estacionamiento efectivo. Se hizo en dos sesiones, de mañana y tarde. En la de la tarde se repitió el proceso inicial, pues al comenzar la segunda se pudo observar que la estación había sido desplazada.

## Estación E3

En tercer lugar se estacionó en el acceso a la cornisa del tambor. Se hizo lo más afuera posible, para ver mejor el intradós de la cúpula, a más de cuarenta metros del suelo. Dos de las patas del trípode estaban apoyadas en los peldaños de la escalera de caracol, a diferente altura, mientras que la tercera lo estaba en el umbral de la puerta. Era visible algo más de un tercio de círculo de la cúpula, desde la cornisa de las pechinas hasta el arranque circular de la linterna. La cornisa de las pechinas y el arranque del tambor se veían desde arriba y la cornisa del tambor y el arranque de la cúpula a nivel. Así pues, eran visibles todas aquellas zonas que hasta entonces se tenían en sombra. Uno de los dos ventanales de enfrente, el de la izquierda, es diametral al que se tenía también de frente en la estación E2.

Desde esta posición no eran visibles ninguno de los puntos de enlace que fueron considerados inicialmente. Desde el crucero, de las 35 hileras de piedra que forman la cúpula, incluyendo el peralte, solamente eran visibles las 25 hileras superiores; desde la tercera estación se veían todas. Había que elegir al menos cuatro puntos, suficientemente definidos y que se pudieran observar desde la primera estación. Finalmente se observaron siete, en círculo directo e inverso, de los que se hicieron croquis y reseñas.

Tras estas operaciones iniciales, se pasó a definir la posición de las hileras de la cúpula, incluyendo el peralte. Se visaron puntos situados in-

mediatamente por encima de las juntas horizontales, intentando que estuvieran en dovelas poco erosionadas. A continuación se definieron los resaltos a partir de sus aristas, el anillo de apoyo de la linterna –que está muy deteriorado– y finalmente el interior de la linterna.

Seguidamente, se radiaron puntos del tambor de las zonas hasta entonces en sombra. Se realizaron perfiles de las dos cornisas, como se había



**Alzado de la cúpula y entrada del templo desde el patio de los Reyes. Fragmento del dibujo de Herrera grabado por Perret.**



**Vista exterior de la cúpula.**

hecho anteriormente desde la estación E2, pero ahora desde una posición elevada y diametralmente opuesta. Se radiaron los elementos del cuerpo de pedestales, un ventanal y los dos machones laterales, definiendo sus hiladas.

Esta sesión de observación ocupó media jornada de trabajo. Fueron cuatro horas y media de estacionamiento efectivo en condiciones invernales. En el exterior llovía unas veces y nevaba otras, dentro había goteras y el agua se colaba por la puerta de acceso a la balaustrada exterior. La escalera de caracol hacía tiro y el aire que subía era muy frío, y todo ello a más de cuarenta metros de altura. Las radiaciones se hicieron con cuidado, para no tener que repetir más de 850 puntos, sin llegar a 900.

### Segunda estación en E1

Se volvió a estacionar bajo el centro de la cúpula. El objetivo era poder enlazar la observaciones realizadas desde la estación E3 con las restantes. Para ello se visó, en CD y CI, los puntos de enlace iniciales, situados en los grandes pilares del crucero, y los siete que habían sido tomados en el intradós desde la última estación E3.

Se aprovechó el estar situados de nuevo bajo el centro de la cúpula para obtener dos perfiles meridianos completos perpendiculares de la media naranja. Se radiaron las juntas de hiladas, cabeceando el anteojo sin variar el ángulo horizontal. Se visaron las veinticinco últimas hiladas, de un total de treinta y cinco que tiene la cúpula; pensando que aproximadamente las nueve primeras corresponden al peralte cónico, se supuso que podría definirse con precisión la esfera de la cúpula.

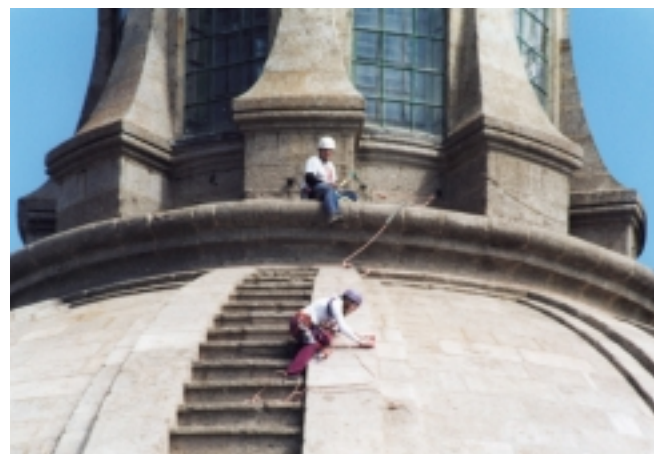
## TOMA DE DATOS DEL EXTERIOR DE LA CÚPULA

### Estacionamiento en la Torre Sur

La primera estación se situó en la torre sur, la torre del reloj. Se comenzó observando cinco puntos que sirvieran de enlace con la segunda estación en la torre norte. A continuación, se intentó definir la cornisa de la cubierta cuadrada del crucero, de la que eran visibles tres vértices. Los dos más próximos la estación total los midió sin dificultad; no así el más alejado. La distancia era inferior a otras anteriormente radiadas, pero la diferencia radicaba en que el ángulo formado por la visual y la superficie era muy agudo. Se dedujo, y posteriormente se confirmó, la importancia del ángulo de incidencia en el comportamiento de la estación.

Se decidió entonces obtener una sección meridiana de la media esfera, de manera similar a como se había trazado en el interior. Se situó el anteojo del aparato en dirección al eje de la linterna, se observó un punto de la cornisa de arranque y se midieron puntos cabeceando el aparato. El último estaba situado en la mitad del trasdós de la cúpula, a una distancia inferior a las distancias máximas radiadas, pero ahora el ángulo de incidencia era notablemente agudo.

Se pudo comprobar la importancia que tenía el ángulo de incidencia para el resultado favorable de la medición cuando se observó una moldura cóncava de la sección meridiana de la linterna, en concreto del bocalón, situada a 55 m, en la que la señal de retorno fue recibida por la estación sin dificultad.



**Beatriz y David en el exterior de la cúpula**



**Miniprisma de 1" de diámetro montado sobre horquilla con nivel esférico y placa de puntería**

Así pues, solamente pudo darse coordenadas a puntos situados a media altura de la cúpula y más próximos. Se hizo definiendo resaltos y escalones. También se observaron puntos del tambor con todos sus elementos e hiladas.

En total fue media jornada en la torre sur; tres horas efectivas de estacionamiento en las que se radiaron 625 puntos.

Estas observaciones se realizaron un día sin nubes, por la mañana, y por tanto con gran luminosidad ambiente. Sin embargo, según los datos suministrados por la casa Leica, éstas no eran las condiciones favorables para obtener el máximo alcance de la estación.

### Estacionamiento en la Torre Norte

Las observaciones del exterior de la cúpula desde la torre del reloj debían complementarse con las correspondientes desde la torre norte, la torre del carillón. Se decidió hacerlas al atardecer, con menos luz, según recomendaba el fabricante, y comprobar si en estas condiciones mejoraba el comportamiento del aparato y nos permitía obtener coordenadas de los puntos más altos de la cúpula.

Se hizo dos días después, en un día nublado, estacionando a las cuatro de la tarde. Se repitió el proceso, comenzando por los puntos de enlace y siguiendo por los vértices visibles de la cubierta cuadrada de las pechinas. De nuevo el vértice más alejado quedó sin definir.

Comenzó a oscurecer sobre las seis de la tarde y se siguió con las observaciones del trasdós hasta las siete. Los resultados apenas mejoraron y no se pudo dar coordenadas a puntos de la zona superior del casquete esférico. Se aprovechó para volver a tomar los resaltos del trasdós y el tambor, radiando 325 puntos.

Con los datos obtenidos se podía realizar el levantamiento del interior de la cúpula. En lo que respecta al exterior, la toma de datos descrita había proporcionado información suficiente sobre algo más de la mitad inferior. En la parte superior, debido a la distancia y, sobre todo, a la oblicuidad de las visuales con respecto a la superficie, la estación láser no midió. Para realizar estas observaciones había dos posibilidades: hacerlo por bisección desde las dos torres o acceder al trasdós de la cúpula provistos de un prisma, optándose por la segunda.

### Segundo estacionamiento en la Torre Sur

En esta ocasión las visuales se hicieron a un prisma. Se contó con la colaboración de Beatriz Mateos y David Domínguez, alumnos de la EUIT Topográfica de Madrid y miembros del GEMAT, que subieron al exterior de la cúpula y montaron dos cuerdas de seguridad rodeando la linterna. Provistos de arneses y asegurados mediante cuerdas en las clavijas situadas en el pedestal de la linterna, descendieron por el exterior de la cúpula portando un miniprisma. Se realizaron las observaciones desde la torre sur, utilizando la estación en modo sin prisma, con el distanciómetro láser. De esta forma se tomaron coordenadas de los puntos que faltaban. Se definieron las juntas horizontales de las hiladas, en el trasdós y en los resaltos, los peldaños de las escaleras de la cúpula y los contrafuertes de la linterna. Previamente se habían observado los puntos de enlace, en CI y CD, y uno de referencia.

Todas estas operaciones se realizaron en algo más de media jornada. El tiempo efectivo de observación fue de dos horas y se obtuvieron coordenadas de 300 puntos.

### RESUMEN

El tiempo empleado en la campaña de observaciones fue de 7 días laborables, con una dedicación de media jornada, excepto dos que fueron completas. Se perdió un día por problemas de volcado de puntos. Un día de la semana anterior se empleó en elegir, *in situ*, los puntos de estacionamiento.

El tiempo efectivo de observación fue de 28 horas, en las que se tomaron coordenadas de 4.500 puntos. Se dedicaron 19 horas al interior de la cúpula, tomándose datos de 3.250 puntos, y 9 horas al exterior, con 1.250 puntos. Así pues, la relación entre el número de puntos visados y el tiempo empleado es muy favorable al no existir un prisma que desplazar.

El trabajo realizado ha permitido comprobar que, por una parte, el alcance de la estación total depende de la distancia y del ángulo de incidencia de la visual y, por otra, que está condicionado por el color del punto visado, que debe ser blanco o, al menos, de color claro. El alcance no aumenta de manera apreciable al disminuir la luminosidad ni al anochecer. ■

## II. Cálculo y dibujo

### INTRODUCCIÓN

**T**ras la fase de toma de datos, anteriormente descrita, se disponía de las coordenadas de 4.500 puntos de la cúpula, agrupados en función del estacionamiento y, en cada caso, referidos a un sistema local.

El primer paso fue referir todos los puntos del exterior de la cúpula a un sistema de coordenadas único y los del exterior a otro, operación que se hizo aplicando la transformación Helmert 3D, calculando los parámetros a partir de puntos comunes.

Los puntos comunes se habían observado en círculo directo e inverso, luego para definir sus coordenadas se rectificó la lectura en CI, comprobando que la discrepancia entrase en tolerancia, descartando el punto en caso contrario. Si era admisible se promediaba la lectura y se calculaba sus coordenadas. Con estos valores, cuyo número era superior al estrictamente necesario, se calcularon los parámetros de la transformación mediante ajuste por mínimos cuadrados.

Posteriormente se comprobó la desviación típica del ajuste. Si permitía estar dentro de la tolerancia fijada, se realizaba la transformación de los puntos observados. En caso contrario se descartaban uno o más puntos hasta alcanzar un valor admisible.

### CÁLCULO DEL INTERIOR

Del interior de la cúpula se tenían seis archivos de puntos, siendo los resultados de las transformaciones los siguientes:

Estacionamiento	nº pto. comunes	$\sigma$ (m)
E1-2	8	0,001263
E1-3	8	0,001038
E2-1	6	0,002830
E2-2	6	0,006834
E3-1	5	0,013333

### Modelo Geométrico

Después de referir todos los puntos del interior a un único sistema de coordenadas, se comenzó el análisis de la forma de la cúpula.

Se consideró la superficie de la cúpula esférica y que los resaltos estarían situados sobre otra esfera de menor radio, con el centro en la misma vertical y a mayor cota. Con este modelo la separación entre los resaltos y el intradós disminuye al ir ganando cota, tal como se podía de-

ducir de los datos obtenidos y de una simple observación visual desde la cornisa de la cúpula.

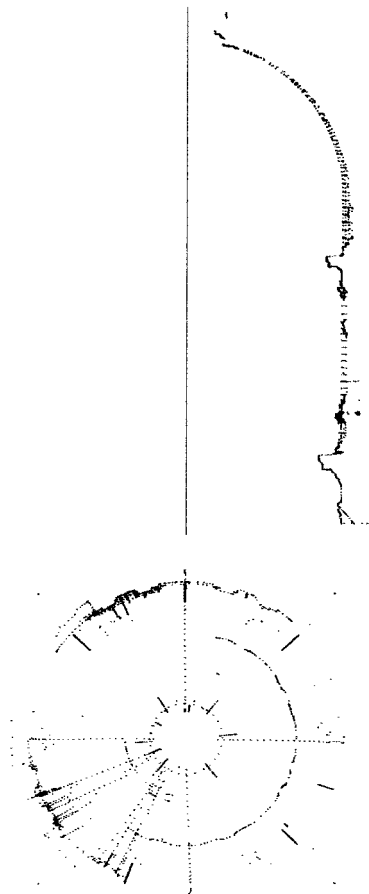
El número de puntos estrictamente necesarios para determinar los centros y radios de las dos esferas es de seis, cuatro de una esfera y dos de la otra o tres de cada una. Si se dispone de más el sistema se resuelve por mínimos cuadrados.

Se disponía en total de 154 puntos, 90 del intradós y 64 de los resaltos. Con cada uno de los puntos se formó una ecuación, de manera que se tenía un sistema de 154 ecuaciones y seis incógnitas. La ecuación de una esfera no es lineal y para la formación del sistema y su ajuste por mínimos cuadrados había que linealizarla por serie de Taylor.

Para la resolución del sistema se partió de unos valores aproximados de los parámetros de las esferas. Los resultados sirvieron para actualizar las coordenadas de los centros y radios de las esferas. El proceso es iterativo hasta conseguir que la variación de las coordenadas del centro y el radio sea inferior a un determinado valor.



**Nube de puntos del interior en axonometría**



**Planta y perfil con puntos girados**

El cálculo se realizó mediante el correspondiente programa informático realizado al efecto. Inicialmente se obtuvieron 12 puntos con residuos superiores a 3 cm, que fueron eliminados del cálculo, así como los que en sucesivos ajustes dieron residuos superiores. El resultado final fue el siguiente:

Valores ajustados:

$$\begin{aligned} x &= 999,946434 & y &= 1000,009290 \\ z1 &= 148,521337 & r1 &= 9,475742 \\ z2 &= 148,814130 & r2 &= 9,117646 \end{aligned}$$

Varianza de la unidad de peso  $s^2 = r^T r / c - n = 0,000168$

Número de ecuaciones  $c = 145$

Número de incógnitas  $n = 6$

Desviación estándar de cada incógnita

$$\begin{aligned} \sigma_X &= 0,000134459 \text{ m} \\ \sigma_Y &= 0,000133217 \text{ m} \\ \sigma_{Z1} &= 0,000347214 \text{ m} \\ \sigma_{R1} &= 0,000240303 \text{ m} \\ \sigma_{Z2} &= 0,000469682 \text{ m} \\ \sigma_{R2} &= 0,000333987 \text{ m} \end{aligned}$$

Los cálculos anteriores permitieron estimar el radio y el centro de la media naranja de la cúpula. A continuación se determinó el ángulo central que definen los huecos de las ventanas, las pilastras y las pilastras entre sí. De esta forma se definieron los elementos fundamentales del esquema radial de la planta, que está formada por un módulo que se repite ocho veces.

Para calcular el ángulo central que definen los resaltos de la cúpula, se emplearon nueve parejas de puntos y para el que establecen las pilastras treinta, pertenecientes a dos pilastras del tambor. El resultado fue un ángulo de 5,6791 g.

Seguidamente se determinó el ángulo central que definen las jambas de las ventanas del tambor, empleando en total 31 pares de puntos. El resultado fue un ángulo de 22,1328 g.

El siguiente fue el ángulo central entre resaltos, en cuya determinación se empleó un total de 20 pares de puntos, siendo el resultado un ángulo de 10,2019 g.

A continuación se muestra una tabla en la que se indican la desviación típica para cada uno de los ángulos centrales obtenidos y el error transversal a que equivale.

Angulo central	Valor más Probable (g)	Desviación típica (g)	Error transversal (m)
Resaltos	5,6791	0,0543	0,0081
Jambas ventanas	22,1328	0,0362	0,0085
Entre resaltos	10,2019	0,0651	0,0097

**Secciones Meridianas**

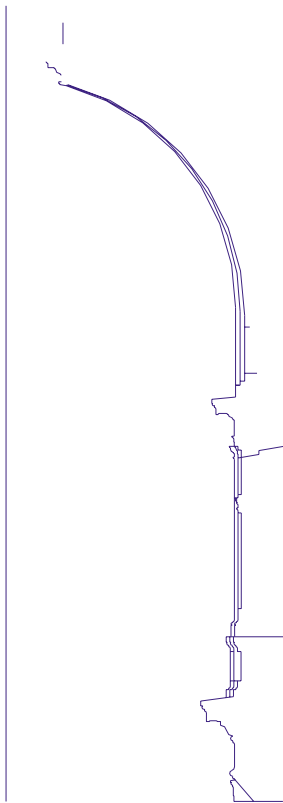
Los cálculos efectuados permitieron estimar el radio y el centro de la media naranja y, por tanto, el eje de la cúpula, que será vertical y pasará por su centro.

El siguiente paso consistió en girar todos los puntos del interior de la cúpula en torno a dicho eje, hasta situarlos en un mismo plano vertical, mediante un programa de cálculo realizado al efecto. El archivo ASCII, con las coordenadas de los puntos girados, se pasó a formato DXF de AutoCad, obteniendo la representación a puntos de las diferentes secciones meridianas de la cúpula, superpuestas, desde la cornisa de las pechinas hasta el anillo de arranque de la linterna.

Se disponía, por tanto, de los esquemas de planta y secciones meridianas que generan la cúpula, luego se tenían los elementos necesarios para dibujar el interior de la cúpula.

**Precisión**

La precisión de los resultados está en función de los errores cometidos en cada una de las operaciones realizadas, siendo, por tanto, la compo-



### Secciones meridianas y esquema de la planta

nente cuadrática de todos ellos. No obstante, hay que considerar de manera separada la precisión de las secciones meridianas y del esquema radial de la planta, ya que el cálculo no ha sido el mismo.

La precisión de las secciones meridianas será la componente cuadrática del error en los puntos radiados, de la desviación típica de la transformación Helmert y del residuo máximo admitido en el ajuste.

Para la determinación del error cometido en la radiación de los puntos se calculó el error longitudinal y el transversal que se comete en la determinación de un punto a las distancias máximas radiadas. Puesto que se trabajó con visuales que se separan notablemente de la horizontal, llegando incluso a ser verticales, en el cálculo del error transversal se consideraron los realizados en observaciones cenitales y acimutales. El resultado obtenido en el supuesto más desfavorable, de acuerdo con las

características del instrumental empleado y la distancia de radiación, fue de un error transversal de 3 mm,  $E_T = 0,3$  cm, y longitudinal de 1,41 cm,  $E_L = 1,41$  cm.

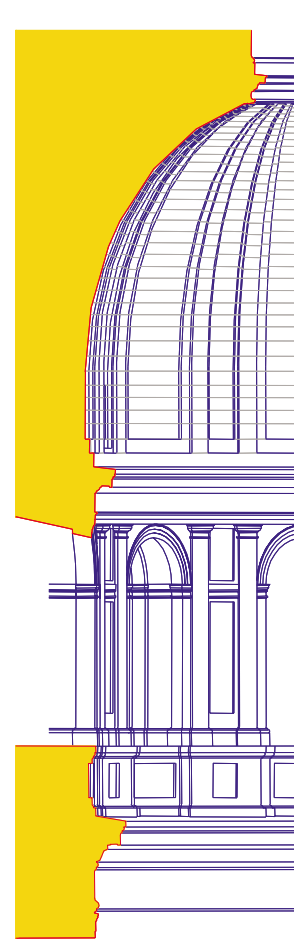
Como error medio cuadrático de la transformación Helmert se tomó el más desfavorable, que se produce en la transformación de los puntos obtenidos desde la estación situada en la puerta de acceso a la cornisa. Para referir dichos puntos al sistema de coordenadas del primer estacionamiento se empleó una transformación intermedia, con lo que el error total será la componente cuadrática de ambos.

$$e = \sqrt{1,33^2 + 0,68^2} = 1,49 \text{ cm}$$

El residuo máximo admitido en el ajuste es de 3 cm y, por tanto, la precisión será:

$$e = \sqrt{1,41^2 + 1,49^2 + 3^2} = 3,63 \text{ cm}$$

Al considerar que un punto observado está sobre la esfera, el error que se comete será debido al error en la determinación de sus coordenadas más el error del ajuste que, en este caso, es mínimo frente al primero. Luego se puede concluir que los puntos observados no se separan de una esfera más de 3,63 cm. Esto supone, por una parte, que está por debajo de los 4 cm de error que se había propuesto para el levanta-



### Alzado interior y perfil

miento. Por otra, permite afirmar que la cúpula es semiesférica según el modelo geométrico considerado.

En cuanto a la precisión del esquema radial de la planta, hay que considerar, así mismo, el error cometido al promediar los ángulos centrales. El más desfavorable se traduce en un error transversal en los puntos del exterior de  $e_t = 0,0097$  m. En consecuencia, el error total será:

$$e = \sqrt{1,41^2 + 1,49^2 + 3^2} = 3,63 \text{ cm}$$

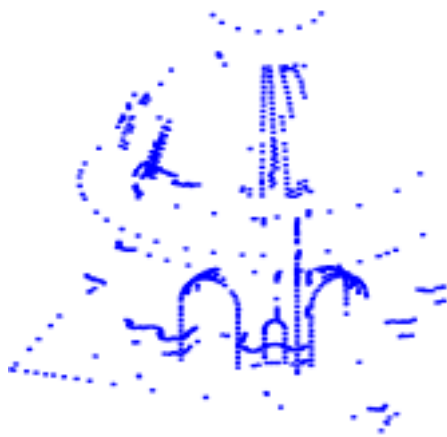
Se podría distinguir entre el error cometido en los puntos del exterior y del interior, si bien la diferencia no es significativa.

Si conviene precisar que este último valor calculado corresponde a un error radial del esquema de la planta.

## CÁLCULO DEL EXTERIOR

### Transformación de coordenadas

Para el cálculo del exterior de la cúpula se siguieron los mismos pasos que para el interior. El primero fue referir los puntos, obtenidos desde las tres estaciones efectuadas, a un sistema de coordenadas único. Se utilizó la transformación Helmert 3D y se calcularon los parámetros a partir de puntos comunes, mediante ajuste por mínimos cuadrados, con los siguientes resultados:



Nube de puntos del exterior en axonométrica

Estacionamiento	nº pto. comunes	$\sigma$ (m)
Torre Norte	5	0,007482
Torre Sur	4	0,017300 m

### Modelo geométrico

El siguiente paso consistió en determinar el eje de la cúpula, para lo cual se calculó la esfera que definían los resaltes, de la que se conocían las coordenadas de 40 puntos. Además, se impuso la condición de que sobre el eje de la cúpula estuvieran el centro de la circunferencia envol-

vente de los machones de la linterna, de la que se conocían las coordenadas de ocho puntos, el centro de la circunferencia correspondiente a la ceja de la cornisa de arranque del trasdós, de la que se conocían las coordenadas de quince puntos, y el centro de la circunferencia correspondiente al cuerpo cilíndrico que rodea la balastrada, de la que se conocían las coordenadas de al menos quince puntos.

El resultado fue un sistema de 80 ecuaciones y 7 incógnitas que se ajustó por mínimos cuadrados. El proceso fue análogo al seguido para el interior de la cúpula. El cálculo se realizó mediante el programa informático realizado al efecto. Del cálculo se eliminaron los puntos con residuos superiores a 3 cm. El resultado del ajuste fue el siguiente:

### Valores ajustados

$$\begin{aligned} x &= 975,820 & y &= 1048,497 & z1 &= 108,162 \\ r1 &= 11,936 \\ r2 &= 4,142 \\ r3 &= 14,089 \\ r4 &= 13,486 \end{aligned}$$

$$\text{Varianza de la unidad de peso } \sigma^2 = r^T r / c - n = 0,000204$$

$$\text{Número de ecuaciones } c = 65$$

$$\text{Número de incógnitas } n = 7$$

### Desviación estándar de cada incógnita

$$\begin{aligned} \sigma_X &= 0,000200662 \text{ m} \\ \sigma_Y &= 0,000302815 \text{ m} \\ \sigma_X &= 0,000519893 \text{ m} \\ \sigma_{R1} &= 0,000460064 \text{ m} \\ \sigma_{R2} &= 0,000743217 \text{ m} \\ \sigma_{R3} &= 0,000268286 \text{ m} \\ \sigma_{R4} &= 0,000267955 \text{ m} \end{aligned}$$

### Esquema radial de la planta y secciones meridianas

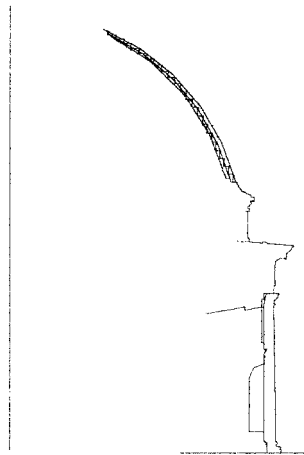
Conocido el eje exterior de la cúpula, se giraron los puntos hasta situarlos en un mismo plano vertical. A continuación, el archivo ASCII, con las coordenadas de los puntos girados, se pasó a formato DXF de AutoCad y se obtuvo el esquema de las diferentes secciones meridianas del exterior de la cúpula. Por otra parte, se comprobó la correspondencia entre los elementos funda-



Planta y perfil tras girar los puntos

mentales del esquema radial de la planta del exterior de la cúpula y los del interior, esto es, ancho de resaltos, distancia entre ellos y ángulo central de los ventanales.

Después de esto, se disponía de los elementos necesarios para realizar el dibujo del exterior de la cúpula, el esquema radial de la planta y las secciones meridianas.



### Precisiones

El estudio de las precisiones obtenidas para el exterior de la cúpula fue análogo al seguido para el interior. Se consideraron de manera separada la precisión del esquema radial de la planta y la de las secciones meridianas.

La precisión de las secciones meridianas será la componente cuadrática del error en los puntos radiados, la desviación típica de la transformación Helmert y el residuo máximo admitido en el ajuste.

Como error medio cuadrático de la transformación Helmert se tomó el mayor de los errores.

El error en las coordenadas de los puntos observados sería:

$$e = \sqrt{1,4^2 + 1,7^2 + 3^2} = 3,72 \text{ cm}$$

Al considerar que un punto observado está sobre la esfera, el error que se comete será debido al error en la determinación de sus coordenadas más el error del ajuste que, en este caso, es mínimo frente al primero.

En cuanto a la precisión del esquema radial de la planta, se debe considerar, así mismo, el error cometido al promediar los ángulos centrales. El más desfavorable se traduce en un error transversal en los puntos del exterior de  $e_t = 0,0097 \text{ m}$ .

En consecuencia, el error total será:

$$e = \sqrt{1,4^2 + 1,7^2 + 3^2 + 0,96^2} = 3,84 \text{ cm}$$

que corresponde a un error radial del esquema de la planta, inferior a la tolerancia del levantamiento.

### SECCIÓN DE LA CÚPULA

Una vez dibujado el exterior y el interior de la cúpula, faltaba relacionarlos para obtener la sección completa. Lo primero fue hacer coincidir los ejes, lo que se hizo gráficamente en AutoCad. El siguiente paso consistió en desplazarlos a lo largo del eje común, hasta situarlos en la posición relativa correcta. El desplazamiento se calculó promediando la diferencia de cotas entre siete hiladas horizontales del tambor, pertenecientes a los machones de las ventanas, lo que permitía asegurar su situación al mismo nivel, resultando una desviación típica de 0,0086 m.

### Precisiones

Se había obtenido un error en la coordenadas  $Z$  de 3,43 cm para los puntos del interior y 3,38 cm para los del exterior. Ahora había que considerar el error cometido al relacionar el perfil del interior de la cúpula con el exterior. Lo repartimos, resultando:

$$e_z = \frac{0,0086}{\sqrt{2}} = 0,0061$$

El error final en la coordenada  $z$  fue:

Puntos del interior

$$e_z = \sqrt{3,76^2 + 0,61^2} = 3,81 \text{ cm}$$

Puntos del exterior

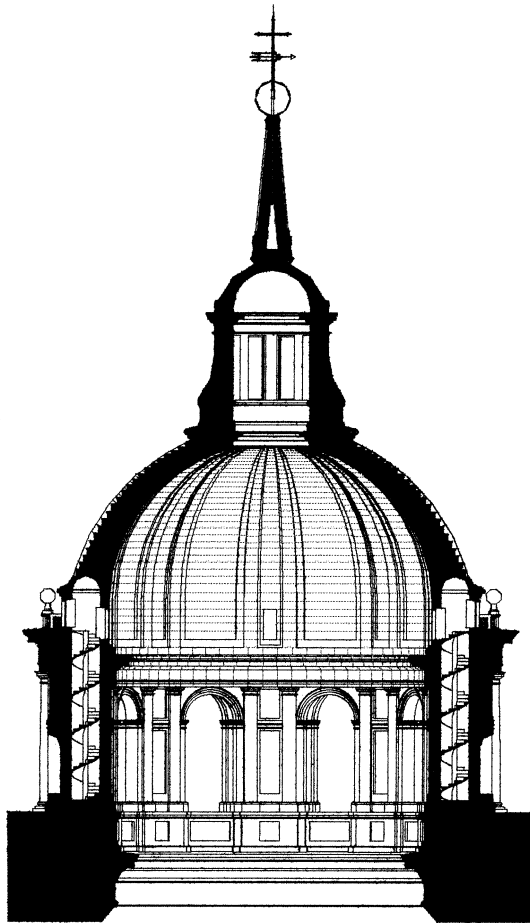
$$e_z = \sqrt{3,72^2 + 0,61^2} = 3,76 \text{ cm}$$

En cualquiera de los casos el error es inferior a la tolerancia admitida.

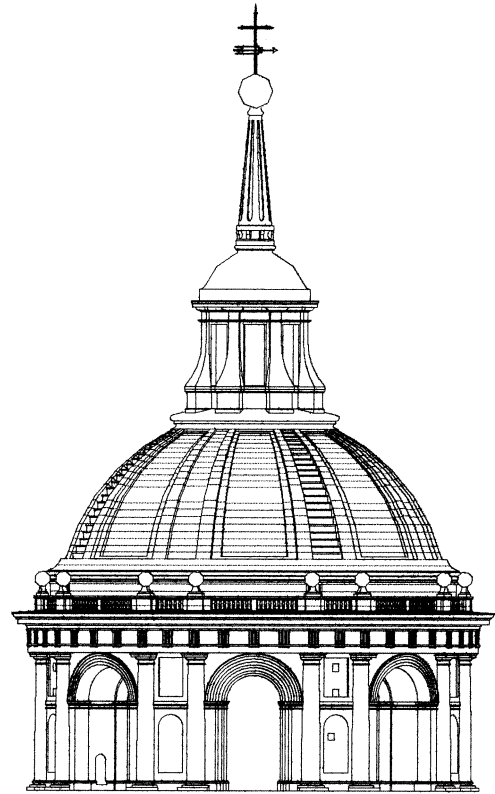
### EL DIBUJO DE LA CÚPULA

Para dibujar la cúpula se eligió el sistema diédrico, buscando la aproximación gráfica más neutra posible. Se descartaron las perspectivas y axonómicas, pese a las obvias ventajas que se derivan de una lectura más fácil desde un punto de vista volumétrico y perceptivo, necesariamente personal y en todo caso limitado. Se prescindió del dibujo en tres dimensiones por el exceso de definición que en situaciones normales impone. Se definió gráficamente la cúpula mediante plantas, alzado y secciones, que posibilitan la neutralidad de la representación, facilitando al máximo las operaciones de medición y análisis.

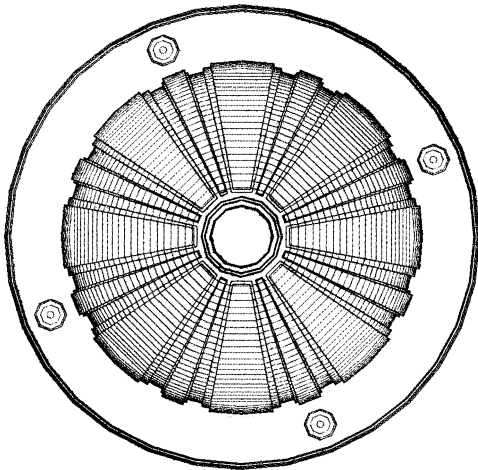
La representación de la cúpula, como ya se ha descrito, se realizó a partir de dos nubes de puntos: una del exterior y otra del interior, puntos que fueron girados para situarlos en un plano meridiano. Fue necesario traducir estas filas de puntos a dibujos de línea. Este proceso consistió, la mayoría de las veces, en dibujar la línea que mejor se adaptaba a la disposición de los puntos. Fue el caso, por ejemplo, de los elementos del interior del tambor. Los puntos definían un mismo perfil con todos sus



**Sección**



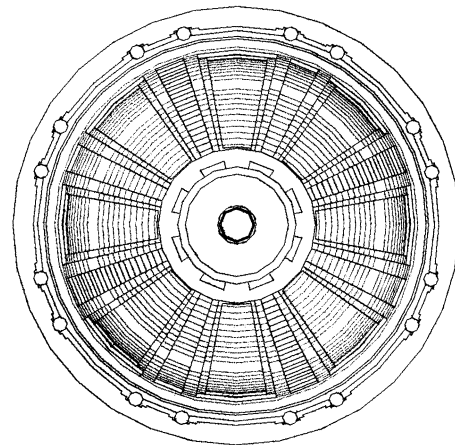
**Alzado**



**Plantas de techos del intradós**

detalles. La decisión consistió en adoptar la solución que mejor se ajustaba a todos ellos, de la que no distaban finalmente más de 3 cm.

En algún caso los puntos definían dos perfiles iguales equidistantes, como sucedió en las siluetas de la cornisa de las pechinas. Inicialmente se pensó que podía deberse a errores en la transformación de coordenadas, pero el hecho de que se produjeran en puntos pertenecientes a una misma observación llevó a descartar esta posibilidad, siendo más probable que se debiera a errores de replanteo y realización, propios de las



**Planta del trasdós**

tolerancias de este tipo de construcciones. Dado que se disponía de más puntos, se adoptó la solución más frecuente.

Al traducir las filas de puntos a un dibujo de línea sucedía con frecuencia que la línea de puntos no era tal, sino una nube lineal en la que eran irreconocibles las formas. Esto era debido a la erosión del granito, que había difuminado la forma original. Era frecuente, sobre todo, en los elementos arquitectónicos y en sus detalles, molduras menores de impostas, arquivoltas y capiteles. Dado que la alteración no era homogénea,

casi siempre era posible reconocer el perfil en alguna zona de la cúpula. Esto obligó a realizar un trabajo de campo de identificación de los distintos elementos arquitectónicos. Fue necesario reconocer los talones y las golas, las medias cañas y los filetes, para su correcta descripción gráfica. De todo ello se hicieron croquis y reseñas. Los elementos accesibles, como la balastrada o las basas de los pilares del tambor, además se midieron. De las molduras erosionadas que por inaccesibles no pudieron ser medidas, se reconocieron sus formas y de la nube de puntos se tomaron sus dimensiones principales.

El proceso de traducir las filas de puntos a dibujos de línea también se hizo con la planta. En este caso la labor fue más sencilla, ya que las soluciones estaban condicionadas, al tratarse de direcciones radiales.

Una vez definidas en línea la planta y las secciones meridianas se construyeron los alzados interiores y exteriores. La representación de los distintos elementos fue rigurosa, incluyendo secciones planas y lunetos.

Los dibujos se realizaron sin olvidar en ningún momento la geometría de la cúpula. Se consideró que se trataba de una cúpula esférica en la que un módulo simétrico se repetía ocho veces. Se supuso que las hiladas de sillares eran horizontales y normalmente planas y que los lechos de las dovelas seguían una disposición radial. Los paramentos se consideraron verticales, salvo datos en contra, que no aparecieron. Estas consideraciones no eran arbitrarias, sino las que cabría esperar en una construcción de este tipo.

Sin embargo no se siguió la ley de la plomada, que hace referencia a la continuidad vertical de determinados elementos. Tampoco se empleó en el dibujo las reglas de los órdenes que modulan ciertos elementos arquitectónicos.

Se puso especial atención en la definición de las hiladas de la cúpula, en concreto en las pertenecientes a la media esfera. Como ya se ha indicado, de cada junta horizontal del interior se tenían definidas, por estación, las coordenadas de al menos cuatro puntos; del exterior al menos dos de todas las juntas de dos resaltos. Así pues, en la sección de la cúpula se tenían perfectamente identificadas la posición interior y exterior de todas y cada una de las juntas.

Tratándose de una cúpula con resaltos, a través de los costados de los mismos se podía analizar la disposición de los lechos.

En el interior se pudo reconocer con facilidad que la hilada decimoquinta, a partir de la cornisa del tambor, tenía el lecho inferior horizontal y el superior inclinado; las hiladas más altas tenían los dos lechos inclinados, mientras que las más bajas los tenían horizontales.

Para reconocer la disposición de los lechos de las hiladas exteriores hubo que subirse al trasdós. La situación era ahora más compleja. Entre dos resaltos consecutivos podía haber peldaños o superficie esférica. La disposición que tomaban las juntas, y que era apreciable en los costados,

variaba en cada caso. Además, en los peldaños de acceso se veía con claridad que los lechos de las hiladas de los resaltos no eran siempre continuos, pudiendo comenzar siendo radiales para luego pasar a ser horizontales y adaptarse a las huellas de los peldaños. De todo ello se tomaron fotografías y medidas y se hicieron croquis y reseñas, siendo reflejado en un dibujo a escala 1:100.

Al final del proceso de definición de la sección de la cúpula se tenían perfectamente identificadas la localización interior y exterior de todas y cada una de las juntas y la disposición de los lechos de cada hilada.

Todos estos datos han permitido realizar el análisis de la estereotomía de la bóveda, uno de los objetivos iniciales del trabajo. Este análisis ha permitido reconocer una disposición constructiva concreta, lo que, aparte de su indudable interés, confirma la bondad del levantamiento.

## CONCLUSIONES

La principal conclusión a la que se ha llegado ha sido las indudables ventajas que reporta el uso de las modernas estaciones totales sin prisma de reflexión en el ámbito del levantamiento de edificios.

Dos han sido las críticas que se han hecho al levantamiento de monumentos por métodos topográficos. La primera radica en que la precisión del levantamiento no es uniforme y la segunda en la dificultad de obtener detalles.

Hasta ahora, mediante los métodos topográficos se daban coordenadas  $X, Y, Z$  con gran precisión a una serie de puntos del objeto, puntos que definían su armazón general. Sobre estos se apoyaban las posteriores medidas, realizadas con frecuencia por métodos convencionales. Se aseguraba de esta forma que las medidas fundamentales era precisas.

Los métodos empleados para dar coordenadas eran la radiación, para puntos accesibles, y la intersección directa. Con el establecimiento de una poligonal desde cuyos vértices se radiaban puntos, se daba gran precisión al levantamiento de la planta de un edificio. La bisección para dar coordenadas a puntos inaccesibles exigía definir con gran claridad el punto observado. Incluso cuando las dos observaciones se realizaban simultáneamente surgían dudas sobre la identificación correcta del punto.

Es evidente que estas críticas no son aplicables cuando se emplea una estación láser. La precisión de los puntos estará en función de las características del instrumento. Además, no hay dificultad ninguna en dar coordenadas a todos los puntos que sea necesario para obtener detalles.

Por otra parte, el alcance de la nueva generación de distanciómetros láser duplica al de la precedente, mejorando notablemente la lectura de distancia en función de la oblicuidad del rayo. Esta distancia comienza a ser a todas luces suficiente para el levantamiento de arquitectura monumental. ■

# Mejora de la Competencia Profesional de los Topógrafos en Europa

## 3. La unión de esfuerzos del CLGE y la FIG para mejorar la competencia profesional

Stig Enemark

AALBORG UNIVERSITY (DINAMARCA)

### INTRODUCCIÓN

La FIG, acrónimo de Federación Internacional de Topógrafos ("Federation International des Geometres" en francés, "International Federation of Surveyors" en inglés) es la organización internacional que agrupa a todas las asociaciones nacionales de topógrafos del mundo, representando a todas las disciplinas de la topografía. Cerca de 100 países están presentes en la FIG, lo que supone un total de cerca de 230.000 topógrafos de todo el mundo. El CLGE es el Comité de la Unión de Topógrafos Europeos ("Comité de Liason des Geometres Europeens" en francés, "Council of European Surveyors" en inglés).

La FIG es una organización no gubernamental (ONG) reconocida por las Naciones Unidas y cuya finalidad es asegurar que todas las especialidades de la topografía y todos aquellos que las practican, cumplen y atienden las necesidades de los mercados y de las comunidades a las que sirven. Cumple su misión promocionando la práctica de la profesión topográfica y alentando el desarrollo de una normativa profesional. El impulso de la enseñanza y la mejora de la competencia profesional son temas vitales en este aspecto. La FIG ha establecido diversos grupos de trabajo para tratar sobre distintos aspectos de la enseñanza, habiendo designado uno de ellos específicamente dedicado al tema del Mutuo Reconocimiento de Titulaciones.

El seminario de Delft trató de allanar el camino para la mejora de la competencia profesional. Este es un tema ideal para aunar los esfuerzos de CLGE y FIG.

Temas tales como el desarrollo de programas de estudio, el aseguramiento de la calidad o el desarrollo continuado de la competencia profesional, son cruciales para cualquier organización profesional, tanto a nivel regional como nacional o internacional. Estos temas aumentan su importancia a la luz de los desafíos con los que se enfrenta la profesión topográfica en la actualidad. Algunos de estos retos son debidos a la evolución de la tecnología y otros a los cambios institucionales, que son consecuencia del desarrollo político y económico de los distintos países.

Los avances tecnológicos y los nuevos marcos institucionales de trabajo pueden ofrecer nuevas oportunidades a la profesión topográfica, pero también eliminarán algunos campos de actuación profesional que tradicionalmente eran de nuestra competencia. El desafío de la llamada "era de la información" será integrar la tecnología topográfica más moderna en el más amplio proceso de toma de decisiones y resolución de problemas. Debemos estimar cuidadosamente cuál es el rango de aptitudes que van a necesitar aquellos que comiencen, y sigan, dentro del mundo profesional de la topografía moderna.

No hay duda de que el principal reto del futuro va a ser el hecho de que "lo único constante es el cambio". Para enfrentarse a este continuo cambio la base de toda la enseñanza ha de ser flexible. Los titulados deben poder adaptarse a un mercado de trabajo en rápida evolución. Lo importante es tener en cuenta que las aptitudes profesionales y técnicas pueden adquirirse y actualizarse en una etapa posterior de la vida profesional, en tanto que la habilidad para resolver problemas teóricos y la de "aprender a aprender" sólo pueden ser adquiridas durante el proceso de formación académica en la universidades. Las universidades deben centrarse en educar para toda una vida y no en impartir aptitudes a corto plazo. El desarrollo, mantenimiento y mejora de la competencia profesional deben contemplarse como un proceso global, que se facilita mediante una eficaz interacción entre la enseñanza, la investigación y la práctica profesional.

### TENDENCIAS INTERNACIONALES EN LA ENSEÑANZA DE LA TOPOGRAFÍA

#### Aptitudes para la gestión frente a aptitudes de especialización

Los cambios en la práctica y en la profesión topográfica, y en especial el desarrollo de las nuevas tecnologías de "sólo apriete el botón", han provocado la necesidad de incluir la asignatura fundamental de gestión de empresas como elemento básico de la enseñanza topográfica de hoy en día. Las tradicionales aptitudes de especialización ya no son suficientes ni

adecuadas para atender al cliente. Los topógrafos han de tener la aptitud de planificar y gestionar muy diversos proyectos, poseyendo además no sólo las habilidades técnicas de la topografía, sino también las de otras profesiones. En resumen, el topógrafo moderno no sólo ha de ser capaz de afrontar los cambios, sino también de gestionarlos.

Los desarrollos tecnológicos han logrado que ya no se precise de una gran habilidad para medir ni para procesar los datos. Casi cualquier individuo puede apretar los botones necesarios, generar la información de un levantamiento topográfico y procesarla en algún sistema automatizado. De igual manera, los desarrollos tecnológicos hacen que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) sean una herramienta al alcance de casi cualquiera. Las habilidades del futuro residen en la interpretación de los datos y en su gestión, de manera que se satisfagan las necesidades de los clientes, de las instituciones y de las comunidades. En consecuencia, las aptitudes para la gestión serán un requisito clave para el mundo topográfico del futuro.

### **La educación organizada por proyectos frente a la educación organizada por asignaturas**

La alternativa a la educación tradicional, basada en asignaturas, se encuentra en el modelo orientado hacia proyectos, en el que los tradicionales cursos de clases teóricas y asistidos por prácticas, son reemplazados por trabajos en proyectos asistidos por cursos académicos. La finalidad del trabajo en proyectos es la de "aprender haciendo" o aprendizaje activo. El trabajar en un proyecto consiste en solventar problemas, lo que significa que la tradicional sabiduría de los libros de texto es reemplazada por los conocimientos necesarios para resolver problemas teóricos y prácticos reales. Su finalidad es ampliar la comprensión de las interrelaciones y la habilidad para resolver problemas nuevos y desconocidos.

En general, el enfoque de la enseñanza universitaria debería centrarse más en "aprender a aprender". El enfoque tradicional de la enseñanza en adquirir aptitudes profesionales y técnicas ("el saber cómo") implica, a menudo, tener que ir añadiendo cursos a los programas de estudio cada vez que surge una nueva innovación o para poder utilizar las nuevas técnicas. Se argumenta que este método tradicional, basado en las asignaturas, debería modificarse prestando una mayor atención a las aptitudes empresariales y de gestión y al proceso de resolver problemas sobre una base científica ("el saber por qué").

### **La academia virtual frente a los cursos con clases impartidas en aulas**

No hay duda de que la enseñanza en las aulas se verá apoyada, e incluso sustituida, por los medios virtuales. La enseñanza a distancia e Internet tienden a convertirse en herramientas integradas para la impartición de cursos, lo que puede llevar al establecimiento del "aula virtual" incluso a nivel mundial. Esta tendencia cuestionará el papel tradicional de las universidades. El enfoque tradicional de las actividades en el campus universitario cambiará hacia el más amplio papel de servir a la profesión y a la sociedad.

El ordenador no puede reemplazar al profesor y el proceso de aprendizaje no puede ser automatizado. Sin embargo, no hay duda de que el concepto de academia virtual representa nuevas posibilidades, en especial para facilitar los procesos de aprendizaje y comprensión y ampliar el papel de las universidades. Las posibilidades que ofrece Internet para impartir cursos, en base a la enseñanza a distancia, representan una maquinaria muy importante, sobre todo en el área de los programas de formación continua.

El papel de las universidades deberá reconsiderarse, teniendo muy presentes las nuevas tecnologías de la información. El concepto clave va a ser "compartir conocimientos". Los cursos impartidos en el campus y los de aprendizaje a distancia deberán integrarse, aunque los métodos para impartirlos sean distintos. Los cursos de clases regladas ya existentes deberán estar siempre disponibles en la Red. También deben estar disponibles todos los conocimientos existentes, así como los resultados de las investigaciones, preparados de manera que puedan ser utilizados en las diferentes áreas de la práctica profesional. Todos los graduados, a lo largo de su vida profesional, tendrían de esa forma acceso a los conocimientos más actuales.

### **El aprendizaje continuo frente a la formación vocacional**

Hubo un tiempo en el que uno era calificado para toda la vida, de una vez y para siempre. Actualmente, para mantenernos al día debemos de calificarnos constantemente. Se estima que los conocimientos adquiridos en un curso de graduación vocacional tienen un promedio de vida útil de unos cuatro años. Cada vez cobra mayor importancia el concepto de aprendizaje continuo, o desarrollo profesional continuado, que pone el énfasis en la revisión de la capacitación personal y en el desarrollo de un plan de actuación estructurado para aumentar tanto las aptitudes nuevas como las ya existentes. En este aspecto, la titulación universitaria debe contemplarse solamente como el primer paso en un proceso de aprendizaje que dura toda la vida.

El reto del nuevo milenio será establecer un nuevo equilibrio entre las universidades y la práctica profesional. Este nuevo equilibrio debe permitir a los profesionales entrar en contacto con las universidades y, de ese modo, tener acceso a una continua puesta al día de sus aptitudes profesionales, con una perspectiva que durará toda la vida.

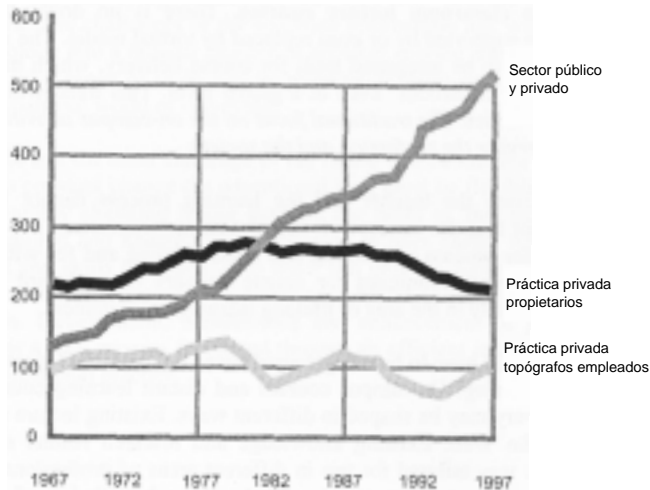
### **LO ÚNICO CONSTANTE ES EL CAMBIO**

Como ilustración de este cambio continuo puede utilizarse una encuesta que sobre la profesión topográfica se realizó en Dinamarca.

El perfil profesional del topógrafo danés incluye una combinación de aspectos técnicos, jurídicos y de diseño. Es, así pues, una mezcla entre un ingeniero, un arquitecto y un jurista. Sus campos profesionales se ajustan a estas tres áreas: topografía y cartografía, catastro y gestión territorial, y planificación espacial. Los trabajos catastrales son monopolio de los topógrafos con licencia para la práctica particular y el papel desempeñado

por este topógrafo privado (medir y llevar botas de agua verdes) refleja la imagen del topógrafo danés. Sin embargo, la estructura de la profesión topográfica, así como el perfil del topógrafo danés, se han visto puestos "patas arriba" a lo largo de las dos o tres últimas décadas.

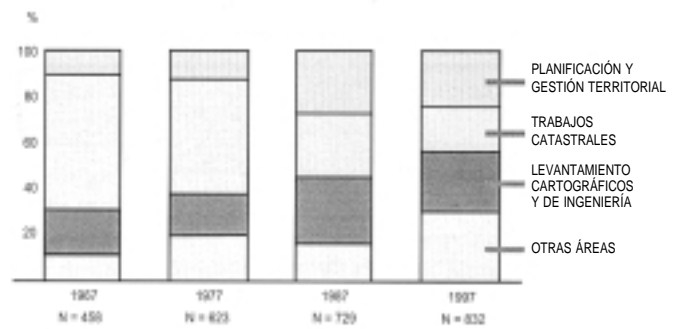
Desde 1967, la Asociación Danesa de Topógrafos con Licencia ha venido efectuando una encuesta cada 10 años acerca de la profesión topográfica. Los cambios acaecidos durante estos treinta años, y en especial durante las dos últimas décadas, son notables. En la siguiente figura se muestra la evolución de la profesión topográfica en Dinamarca.



En 1967 el número de topógrafos que trabajaban en empresas privadas de topografía representaba los dos tercios del total de profesionales, en tanto que el de topógrafos empleados en el sector público, o en otras empresas, sólo era una tercera parte del total. En 1997 la situación es radicalmente distinta. Dos tercios de la profesión tienen empleo fuera de las empresas topográficas privadas. Durante estos treinta años el número de topógrafos en activo se ha doblado, pasando de unos 450 en 1967 a unos 850 en 1997. Esto significa que el crecimiento se localiza en los topógrafos empleados en el sector público y en otras empresas, en tanto que el número de topógrafos que trabajan en las empresas privadas de topografía ha permanecido más o menos constante durante los últimos treinta años.

A lo largo del mismo periodo, el perfil profesional ha cambiado completamente. En 1967, e incluso en 1977, el perfil profesional del topógrafo danés estaba dominado por el área catastral, en tanto que en 1997 sólo es responsable de un 20% del total de las horas de trabajo. En 1997 la distribución era la siguiente: planificación y gestión territorial 23%, trabajos catastrales 20%, levantamientos cartográficos y de ingeniería 26% y otras áreas 31%. Además de la disminución del área catastral, es notable que la mayor área, en 1997, se sitúa fuera de las áreas de trabajo tradicionales. Estas "otras áreas de trabajo" incluyen la gestión general, desarrollo general, etc. La evolución del perfil profesional de los topógrafos en Dinamarca se muestra en el diagrama que sigue.

Los cambios que muestra son significativos y deben, por tanto, verse reflejados en el contenido y estructura de la base educativa. De hecho, los cambios han sido bastante bien afrontados por la profesión y también en lo que respecta al mercado de trabajo. Es probable que esto se deba a la flexibilidad del modelo educativo, orientado a proyectos, que se in-



rodujo en 1974; fue entonces cuando el programa de topografía se trasladó de la Real Academia Agrícola y de Veterinaria de Copenhague a una nueva universidad establecida en Aalborg. Es también probable que sin una base educativa flexible y enfocada sobre el concepto de "aprender a aprender", y sin la adaptabilidad de los alumnos titulados que de ello se deriva, y que se adecúa a las necesidades del mercado, la profesión topográfica se hubiese encontrado en serios problemas.

## EL RETO DE LA ENSEÑANZA

Estos desarrollos que se acaban de exponer han tenido un gran impacto sobre la enseñanza. Existe la necesidad de cambiar el enfoque de la carrera, dejando de ser una disciplina más de la ingeniería para convertirse en algo más interdisciplinario y con un mayor contenido de gestión. La fuerza de nuestra profesión reside en su carácter multidisciplinario. La topografía y la cartografía son claramente disciplinas técnicas (incluidas en las ciencias técnicas), mientras que el catastro, la gestión territorial y la planificación territorial son disciplinas jurídicas y de gestión (incluidas en las ciencias sociales). La identidad de la profesión topográfica y su base educativa deben centrarse en la gestión de los datos espaciales y permanecer en relación directa con las ciencias sociales y con las técnicas.

Las universidades deben de actuar como el principal agente que facilite el proceso de formar y promocionar la identidad futura de la profesión topográfica. Aquí, el área de los SIG, y en especial el área de gestión de la información geográfica y espacial, deberá ser el componente básico de dicha identidad. Esta responsabilidad, o deber, de las universidades debe ejercerse en íntima cooperación con la industria y las instituciones profesionales.

El reto del futuro será poner en marcha un modelo nuevo de ingeniería topográfica, y reflejar este modelo multidisciplinario en los programas de enseñanza tradicionales de topografía e ingeniería. El futuro perfil de la enseñanza en esta área debe estar compuesto por las áreas de la ciencia de la medición y de la administración territorial, incluyendo además un sistema multidisciplinario de gestión de la información espacial. En la figura 1 se ilustra un perfil de este tipo.

## COMPETENCIA PROFESIONAL

El término "competencia profesional" hace referencia al *estatus* como experto. Este *estatus* no puede alcanzarse sólo mediante la educación universitaria, ni tampoco únicamente a través de la práctica profesional. Una titulación universitaria ya no es el billete para una carrera profesional que dure toda una vida. Hoy día uno debe de calificarse constantemente, sim-

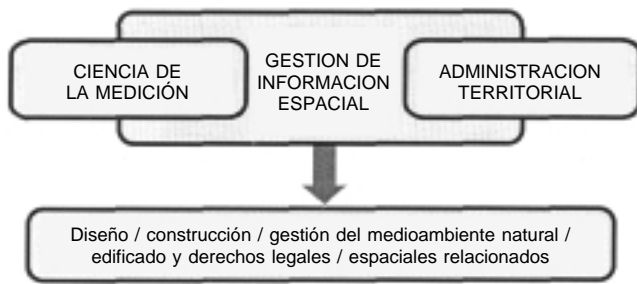


Figura 1. El perfil de la enseñanza del futuro

plemente para mantenerse al día. La idea de "aprender para toda la vida" se ve reemplazada por el concepto de "aprendizaje continuo a lo largo de toda la vida". Ya no puede ser opcional el "mantenerse al día", sino que, cada vez más, es vital para el éxito profesional y de la organización.

La respuesta de la profesión topográfica, y de otras muchas profesiones, a este reto ha sido la de promocionar el concepto de formación profesional continuada, como código de conducta a seguir por los profesionales de forma voluntaria u obligatoria. El mantener y desarrollar la competencia profesional es, sin duda, responsabilidad individual de cada profesional. Debe atenderse a este deber mediante la adopción de una estrategia personal, la cual ha de practicarse de forma sistemática. La puesta en práctica de un plan de esta índole depende, sin embargo, de que se realice una oferta variada de opciones de formación por parte de los distintos ámbitos formativos, incluido el universitario. El profesional debería poder realizar un amplio plan de formación profesional continuada que esté reconocido de forma general por la profesión y apoyado económicamente por la industria, tanto pública como privada. Más aún, el profesional debe disponer de una variada gama de opciones de enseñanza y de desarrollo para poder incluirlas en sus planes personales de acción. Las opciones deben estar respaldadas por las universidades, las cuales deben ofertar, por ejemplo, tanto cursos de un año, para la obtención de un "master", como estudios a tiempo parcial, basándose en el aprendizaje a distancia, así como también por particulares que

ofrezcan cursos cortos para la puesta al día y la formación, cuando sea necesario. Estas opciones deben desarrollarse mediante la cooperación entre las universidades, la industria y las asociaciones profesionales.

Además, el profesional de la topografía debería de poder disponer de un cuerpo conceptual comprensible, que permita que su competencia profesional sea reconocida en el ámbito regional y mundial. Existe, así pues, la tendencia a desarrollar y extender el principio de Reconocimiento Mutuo de Titulaciones Profesionales. Este Reconocimiento Mutuo permite que cada país conserve su propio tipo de educación y formación profesional, ya que se basa no en el procedimiento de adquirir las titulaciones profesionales, sino en la naturaleza y calidad del producto resultante del proceso. A su vez, esto debe conducir a la mejora de la competencia profesional en la profesión topográfica. Las asociaciones profesionales y las universidades deben desempeñar un papel clave para facilitar este proceso.

En resumen, la mejora de la competencia profesional reside en una interacción eficaz entre educación, investigación, y práctica profesional. El verdadero reto del nuevo milenio es facilitar esta interacción.

REFERENCIAS

- Colernann, D.J. (1998): *Applied and Academic Geomatics into the Twenty-First Century*. Proceedings of FIG Commission 2, The XXI International FIG Congress, Brighton, UK.
- Enermark, S. (1997): *The Role of the Universities in Provision of Continuing Professional Development*. AUSM Journal on Land Information Systems, Vol.57, no 3, pp. 194-197. USA.
- Enermark, S. (1999): *Landinspektörundersøgelsen 1997 (A Survey of the Surveying Profession 1997)*. The Danish Journal for Mapping and Land-Use, Vol. 39, pp. 434-448 (en danés).
- Kennie, T. y Enermark, S. (1996): *Continuing Professional Development and its future Promotion within FIG*. FIG publications no 16.
- Kjersdarn, F. y Enermark, S. (1994): *The Aalborg Experiment - Project Innovation in University Education*. Aalborg University Press.

NOTAS BIOGRÁFICAS

El profesor Stig Enermark es Director de la Escuela de Topografía y Planificación de la Universidad de Aalborg (Dinamarca), en la que también es profesor de Catastro y Gestión Territorial. Tiene el grado de Master en Ciencias en Topografía, Planificación y Gestión Territorial, y obtuvo su licencia para ejercer en la topografía catastral en 1970. Trabajó diez años como consultor en el ejercicio libre. Es vicepresidente de la Asociación Danesa de Topógrafos con Licencia. Fue Presidente de la Comisión 2 (educación profesional) de la FIG desde 1994 a 1998 y desde 1998 ha sido el responsable del grupo de trabajo de la FIG sobre Reconocimiento Mutuo de Titulaciones. Es miembro honorario de la FIG. Sus intereses en la investigación y en la enseñanza giran alrededor de la política territorial e incluyen al catastro, los sistemas de administración territorial, la gestión territorial y la planificación espacial. Otra área de investigación a la que se dedica es la interacción entre educación, investigación y práctica profesional. Ha publicado numerosos artículos y presentado ponencias en más de 40 conferencias internacionales sobre estos temas. ■



Figura 2. El modelo de competencia profesional

# Mejora de la Competencia Profesional de los Topógrafos en Europa

## 4. La idea de establecer un Programa Básico de Estudios de Topografía en Europa

Rob Ledger

ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (Reino Unido)

### Resumen

*El grupo de trabajo del CLGE sobre reconocimiento de calificaciones propuso la idea de crear un programa básico de estudios para la topografía en Europa, con el fin de alentar un estándar común, superior y más relevante de enseñanza y para facilitar la movilidad de los profesionales de la topografía por toda Europa. En este artículo se explica por qué el grupo tiene la impresión de que esto puede no ser adecuado para la totalidad del sector europeo de la topografía, debido a la diversidad cultural y de mercados.*

### INTRODUCCIÓN

En la primavera de 1998, el CLGE designó un grupo de trabajo para explorar las implicaciones que un programa básico de estudios tendría en la topografía geodésica europea. Los objetivos iniciales del proyecto eran investigar cómo un programa básico de estudios podría:

*"... ayudar a los empresarios y a aquellos que ofrecen contratos, a evaluar a topógrafos titulados en otros países europeos ..."*

*"... cómo se podría acortar el procedimiento que un topógrafo debe de completar para estar habilitado para la práctica profesional en cualquier país europeo en el que la profesión esté restringida".*

El resultado original del grupo de trabajo (CLGE 1998), presentado en el Congreso de Brighton de la FIG, en julio de 1998, sugirió que un programa básico de estudios ayudaría a facilitar estos objetivos.

El grupo de trabajo, a lo largo de los siguientes dos años, llegó a la conclusión de que la creación de un programa básico de estudios no era la respuesta que podría ayudar al mutuo reconocimiento de titulaciones ni a mejorar la competencia profesional en todo el sector de la topografía en Europa. El grupo de trabajo cree que, debido a las diversidades culturales y de mercados que existen en Europa, e incluso dentro de la propia topografía, un programa básico de estudios sólo podría ser útil dentro de ciertos sectores homogéneos de la profesión.

En este artículo se explica cómo se ha llegado a estas conclusiones y porqué se han alterado sustancialmente los objetivos de todo el proyecto, de modo que ahora se tiende a favorecer:

*Las evidencias y argumentos que estimulen una mejora de los programas de estudio, a fin de ayudar a la convergencia de los estándares en Europa*

*La información que ayude a la determinación de la equivalencia de las titulaciones y que facilite la movilidad de los profesionales entre los países.*

### DIVERSIDAD DENTRO DE LA PROFESIÓN TOPOGRÁFICA EN EUROPA

Para que un programa básico de estudios sea eficaz, debe basarse en un cierto nivel de aspectos comunes en toda su área de cobertura. Estos aspectos comunes deben estar presentes no sólo en el área de asignaturas a enseñar, sino también en el marco de trabajo académico y profesional en el que participan los alumnos. Incluso aunque fuera posible identificar un núcleo básico de asignaturas y se pensara que era importante que los topógrafos tuviesen un mínimo nivel de competencia en ellas, existiría el trabajo adicional de determinar cómo poder alcanzar ese nivel de competencia en los distintos sistemas de enseñanza y cómo podría, en su caso, certificarse dicho nivel.

Esta sección contempla tanto la diversidad en el mercado de servicios topográficos como la de los sistemas de enseñanza en toda Europa.

#### Diversidad de mercados

Las asignaturas de un curso deben de reflejar primariamente las áreas de conocimiento que se necesitan en los mercados que dan empleo a los topógrafos titulados. El problema surge cuando estos mercados precisan

de distintas áreas de competencia, tanto en las asignaturas técnicas en las que el titulado debe de estar capacitado, como en términos de la competencia ética y empresarial que deben de mostrar en todo momento.

Más aun, estos requisitos del mercado no son estáticos. Según pasa el tiempo, el mercado de la topografía evoluciona, y los cursos deben de adaptarse a ello, con el fin de crear titulados capaces de atender a las demandas actuales y futuras.

Existe un número de características del mercado de la topografía en Europa que demuestran cómo esta diversidad significativa de mercados constituye un obstáculo para un programa básico de estudios.

La definición de topógrafo es un ejemplo primordial. Se han realizado varios intentos para definir lo que es "ser un topógrafo" (ver FIG 1991) y, de forma más específica, "un topógrafo geodesta europeo" (CLGE 1997). Se ha sugerido, sin embargo, que la comparación de estas definiciones regionales o mundiales con lo que en el ámbito nacional se entiende que es un topógrafo, mostraría grandes discrepancias.

Uno de los motivos es que algunas de las tareas que forman parte del trabajo del topógrafo en un país forman, en otro país, parte de las responsabilidades de otra profesión. En tanto que en muchas partes de Europa la planificación territorial es responsabilidad del topógrafo, algunos países han desarrollado para los planificadores territoriales una profesión independiente y, aunque la nueva profesión interacciona con la de los topógrafos, se contempla como una disciplina distinta.

Otra razón es que algunas áreas de la topografía no se practican en absoluto en algunos países. Esto se debe, a veces, a motivos históricos, aunque también es igualmente cierto en los mercados emergentes de algunos países, en los que todavía no ha surgido la necesidad económica de algún servicio topográfico en particular. El catastro es un buen ejemplo que ilustra cómo una rama de la topografía, que es de vital importancia en la mayoría de las profesiones topográficas nacionales, no se practica, por motivos históricos, en un pequeño número de países, entre los que se incluye al Reino Unido. En tanto que el catastro debería ser una asignatura obligada, y extensa, en la enseñanza de muchos topógrafos europeos, sólo se imparte como asignatura optativa en la mayoría de los cursos de topografía del Reino Unido, dirigidos especialmente al pequeño grupo de titulados que actualmente intentan trabajar fuera del país.

Los dos temas arriba mencionados siguen creando un problema en aquellos países donde existen a un nivel menor, como, por ejemplo, donde los topógrafos desarrollan una determinada actividad profesional, pero sólo como una parte menor de su negocio. Muchos de los docentes si presienten que la demanda va a ser baja en comparación con otras asignaturas que intentan abrirse mayor espacio en los programas de estudio, decidirán el no ofrecer, como parte de la formación, las asignaturas relacionadas con dicha actividad.

## Diversidad cultural

Dejando de lado los problemas relacionados con la diversidad de los mercados en los que se ofertan servicios topográficos, existe también la importante cuestión de contrastar los modelos educativos.

En sus discusiones, el grupo de trabajo del CLGE llegó bien pronto a la conclusión de que un programa básico de estudios tendría que enfrentarse a los dos aspectos más importantes de la educación europea.

El primero de ellos concierne a los métodos de enseñanza y puede ser descrito como la oposición entre métodos de *input* y métodos de *output*. El segundo aspecto afecta al método mediante el cual el docente es capaz de afirmar que está formando titulados con un cierto nivel de competencia. Esto podría expresarse como "acreditación frente a auto-estimación".

## Métodos *input* frente a métodos *output*

El escrito del CLGE, inicialmente redactado por el grupo de trabajo (CLGE 1998), sugería que se podría establecer un programa básico de estudios que incluyera el conjunto de asignaturas que debían ser impartidas, junto con el tiempo mínimo de docencia que se debía dedicar a cada una.

Esta posibilidad fue contemplada favorablemente por diversos países europeos, especialmente por los del sur. Sin embargo, para muchos, la idea de basar el programa de estudios en lo que debía de impartirse a los estudiantes era inadecuada. Dinamarca, por ejemplo, quería que el énfasis se pusiera en la competencia con la que un estudiante se graduara, en lugar de en el contenido específico de lo que se le había enseñado.

Se hizo patente que cualquier sistema para influir en el contenido de los cursos que propusiera uno u otro método sería, casi con certeza, ignorado por una gran parte del mundo académico al que estaba dirigido, por estimarse poco práctico.

## Acreditación frente a auto-estimación

También existe una diversidad cultural semejante en la forma en la que la industria y los profesionales valoran los logros académicos.

Inicialmente, el grupo de trabajo sugirió un método de acreditación para aquellas universidades que impartían sus cursos basándose en el programa básico de estudios, involucrando a algún tipo de cuerpo especial, que tuviera la autoridad de decir si un curso era o no el adecuado.

Este modelo es muy similar al que opera en algunos países, incluido el Reino Unido, en los que el cuerpo profesional del país (en el Reino Unido la Royal Institution of Chartered Surveyors) juzga los cursos, mediante una serie de criterios, antes de decidir ofrecer la acreditación, y por tanto una vía de calificación profesional, a los titulados.

Una vez más, el modelo fue encontrado inaceptable para diversos países de Europa, en los que el esquema de la auto-estimación es más normal. Bajo este sistema, es la universidad la que decide si sus titulados cumplen con un cierto estándar y se deja que el mercado determine si lo que la universidad afirma es creíble. Si los titulados tienen un perfil inferior al esperado, los empresarios se lo harán saber rápidamente a la universidad que los formó.

El contraste entre los dos sistemas es resultado de las diferencias de interrelación, en cada país, entre la industria, la profesión, el gobierno y el sector académico. Los factores que influyen en el contenido de los cursos varían en importancia a través de Europa. En algunos países la fuerza motriz del contenido de los cursos es el mercado. En otras zonas tiene más peso la acreditación profesional o la financiación de los gobiernos.

## LA DIVERSIDAD CULTURAL Y DE MERCADOS CONDUCE A LA DIVERSIDAD EN LOS PROGRAMAS DE ESTUDIOS

La diversidad cultural y de mercados hace surgir tres cuestiones en el tema del programa básico de estudios:

- ¿Puede crearse un programa básico de estudios que cubra todas las asignaturas importantes que deben aprender los estudiantes de topografía, sin imponer un aprendizaje innecesario a aquellos alumnos de alguna región, o de alguna especialidad, en particular?
- Si podemos definir el programa básico de estudios en términos de áreas de aprendizaje ¿Existe ya un modelo que pueda impartirse a los estudiantes?
- ¿Cómo puede el mercado, o la profesión, juzgar si los estudiantes se están graduando con el adecuado nivel de competencia?

Habiendo ya destacado anteriormente las dificultades potenciales de estos aspectos, se pidió al grupo de trabajo que investigara si era posible la creación de un programa básico de estudios para la topografía geodésica en toda Europa, teniendo en cuenta si la diversidad de mercados era o no demasiado grande.

El grupo de trabajo precisaba determinar de alguna forma qué asignaturas deberían de incluirse en el programa básico de estudios. La metodología inicialmente adoptada fue la de estudiar qué asignaturas eran impartidas en aquel momento en los cursos de topografía geodésica de un grupo muestral de universidades. El grupo de trabajo, a continuación, decidiría qué asignaturas eran las que deberían enseñarse en el futuro.

Para ello, el grupo de trabajo estudió, en un primer paso, los programas de estudios de topografía geodésica de seis países de Europa. El estudio también incluyó una comparación de los programas de estudios de siete cursos en el Reino Unido, a fin de examinar también las especialidades, en lugar de centrarse sólo en las diferencias regionales.

El estudio fue algo limitado, en el sentido de que algunas universidades aportaron mucho más nivel de detalle de sus programas de estudios que otras, lo que dio, aún más, una fuerte indicación acerca de la gran diversidad que existía.

Dentro del Reino Unido, se vio una división bien definida entre los contenidos de los cursos de topografía tradicionales y los que se centraban en la información geográfica. En tanto los primeros consideraban que la geodesia, la topografía aplicada a la ingeniería, la física, la mecánica y la instrumentación eran esenciales, los que se centraban en la información geográfica preferían incluir a la informática, la programación y la gestión de datos. Las asignaturas comunes a todos los cursos se limitaban a: levantamientos topográficos, estadística, fotogrametría y teledetección. Un programa básico de estudios basado en estas asignaturas comunes tendría en el Reino Unido un uso extremadamente limitado. Esto no debe de sorprender, teniendo en cuenta que los perfiles de trabajo demandados a los titulados de estos cursos son muy diferentes, aunque todos ellos caigan dentro de la definición de la topografía geodésica.

La comparación del contenido de los cursos del resto de Europa también mostró una importante diversidad. De nuevo, el catastro fue un importante ejemplo de cómo un tema fundamental en el programa de estudios de muchos países estaba totalmente ausente en otros.

En todo ello se aprecia que existen ciertos grupos de países que disponen de un sistema de enseñanza semejante, debido al hecho de que tienen unos mercados de servicios topográficos comparables. Se puede establecer un paralelismo entre el contenido de los cursos en Alemania, Austria, Francia y Suiza, países cuyas profesiones liberales muestran grandes semejanzas. Irlanda y el Reino Unido parecen también ofrecer contenidos semejantes de estudios, lo que refleja que los dos mercados topográficos están bastante próximos en sus demandas de aptitudes.

Un punto de partida más práctico sería desarrollar un programa básico de estudios para cada grupo de países que tuviese unas demandas semejantes de mercado, en lugar de hacerlo para el conjunto del diverso mercado europeo. Además, si estos grupos de países con demandas semejantes de mercado, también tienen una menor diversidad cultural, en términos de educación y de su relación con la profesión y la industria, parece que estarían mejor dispuestos a una mayor coordinación en sus sistemas de enseñanza. Una cuestión importante para ulteriores investigaciones es saber si es beneficioso para el conjunto de Europa el que pequeños subsectores del mercado de la topografía geodésica europea trabajen juntos para definir unos estándares.

## ¿CÓMO SE PUEDE FACILITAR LA CONSECUICIÓN DE LOS OBJETIVOS ORIGINALES?

El proyecto del programa básico de estudios comenzó intentando investigar cómo la profesión podría facilitar en Europa dos cosas:

- Ayudar a la movilidad de los topógrafos en Europa, ofreciendo un mecanismo para convalidar las titulaciones de otros sistemas de enseñanza.
- Minimizar el proceso de adaptación que un topógrafo en migración debiera pasar, alentando a todas las universidades a ofrecer a los estudiantes de topografía un nivel de competencia básico, mediante un conjunto definido de asignaturas, homologable en toda Europa.

Aunque el grupo de trabajo ha llegado a la conclusión de que un programa básico de estudios europeo no es la respuesta adecuada para conseguirlos, estos objetivos, de por sí, son aún extremadamente válidos. El grupo de trabajo acordó que se necesitaba más investigación en las siguientes dos áreas:

### **Evolución de los programas de estudio en respuesta a las demandas del mercado**

En lugar de definir qué asignaturas son importantes para ser incluidas en todos los cursos de topografía, puede que fuese más productivo el reconocer la diversidad de los mercados; lo importante es que los que imparten los cursos de enseñanza sepan cómo pueden impartir un curso con el fin de atender a una particular demanda del mercado. Si la demanda del mercado difiere en toda Europa, e incluso dentro de un propio país, cada curso necesitará un enfoque distinto y un contenido diferente.

La falta de entendimiento para atender esta demanda podría generar una brecha entre la demanda del mercado y la oferta académica. Para que esto no suceda, se necesita investigar cómo los cursos de topografía de prestigio han evolucionado en sus contenidos y en la forma de impartirlos, para conferir a los estudiantes las aptitudes y la habilidad para aprender lo que el mercado necesita. Este tipo de información debería ser un valioso recurso para aquellas universidades que pretendan hacer evolucionar sus cursos en la dirección adecuada. El profesor Hans Mattsson aborda esta temática en su artículo "La educación y la profesión topográfica en la Europa Occidental" (Mattsson, 2000).

### **El reconocimiento mutuo de titulaciones**

Para poder conocer cómo un topógrafo titulado puede ejercer la profesión en otro país no nos basta con sencillamente comparar las titulaciones académicas. Aunque sin duda es importante el conocer lo que un titulado ha aprendido en sus cursos de graduación, es más útil que los potenciales empleadores y aquellos que colaboren al reconocimiento del topógrafo emigrante, conozcan la competencia profesional total del topógrafo. La aptitud profesional de un topógrafo no sólo depende de su competencia técnica, sino también de su experiencia en los negocios, sus normas éticas y de otra serie de factores menos obvios. El Dr. Frances Plimmer revisa esta cuestión en su artículo "Modelos de Competencia Profesional en Europa" (Plimmer, 2000).

### **CONCLUSIONES**

Para que un programa básico de estudios tenga éxito en conducir a una profesión hacia un alto estándar común de educación y hacia una más fácil movilidad de sus integrantes a través de las fronteras, debe de existir un nivel relativamente alto de acuerdo y concordancia no sólo en las áreas de competencia que demandan los mercados, sino también en tér-

minos de los sistemas de enseñanza y en la interrelación entre la educación, la industria, la profesión y el gobierno.

El grupo de trabajo del CLGE sobre el reconocimiento de titulaciones cree que este nivel de acuerdo y concordancia no está presente en la totalidad del sector de la topografía geodésica europea. Existe una notable diversidad en la demanda del mercado de servicios topográficos, y no sólo a través de Europa, sino también dentro de los propios países individuales. Existe división en cuanto a cómo deben de impartirse los cursos y también acerca de cómo se reconoce que alcanzan un determinado nivel.

Con el fin de permitir que los cursos evolucionen en sus contenidos y para poder atender a la demanda del mercado europeo, se sugiere que se debería publicar más información acerca de cómo los más prestigiosos cursos cambian su enfoque y su contenido para reflejar los cambios del mercado.

Para facilitar el mutuo reconocimiento de titulaciones la profesión debe de trabajar para alcanzar una más clara comprensión de la competencia profesional y cómo poder compararla a través de las fronteras.

### **REFERENCIAS**

- Ledger, R. (1998): *Discussion on the Development of a Core Syllabus for European Qualifications in Geodetic Surveying*. CLGE Discussion Paper for FIG Congress in Brighton, pp. 1- 22, UK.
- Mattsson, H. (2000): *The Education and Profession of Land Surveyors in Western Europe*. CLGE - FIG joint Seminar at the Delft Technical University, pp. 1-5, The Netherlands.
- Plimmer, F. (2000): *Professional Competence Models in Europe*. CLGE - FIG joint Seminar at the Delft University of Technology, pp. 1-7, The Netherlands.
- Stan Dard, J. (1996): *The Establishment of the Profile and Definition of the Geodetic Surveying Profession to meet the Requirements of the General Public and the Commission of the European Union*. CLGE, pp. 1-33, UK.
- The International Federation of Surveyors, (1991): *Definition of a Surveyor*. FIG Bureau, Publication Number 2, p. 9, Finland.

### **NOTAS BIOGRÁFICAS**

Rob Ledger es el presidente de *New Media* en la Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) de Londres. Es topógrafo titulado y ha sido con anterioridad responsable de Geomática en la RICS. Hasta hace muy poco ha sido uno de los dos delegados del Reino Unido en el CLGE, liderando el grupo de trabajo sobre mutuo reconocimiento de titulaciones y competencias. ■

# El Campo Magnético

José Miguel Bel Martínez  
INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

**E**l campo magnético terrestre es una poderosa fuerza telúrica que tiene una gran influencia en fenómenos físicos tales como la climatología, o en el comportamiento de los animales, como las migraciones de aves y peces. Parece que el magnetismo orienta unas partículas del cerebro de tal forma que el animal sabe qué rumbo tomar y en qué momento exacto debe iniciar su viaje. Pero ¿puede suceder lo mismo en un cerebro humano?

Otilia Madruga Couto era una joven de 18 años que vivía en lo más profundo de la Galicia más profunda. Era, para bien o para mal, de esas personas que, además de conocer como todos su pasado y su presente, también conocía con total certeza su futuro.

Y es que en 1960, en la ancestralmente aislada Galicia, viviendo en la remota aldea de Ferreira, parroquia de Lindín, concello de Mondoñedo, provincia de Lugo, las posibilidades de que su vida no fuera otra que casarse con alguno de los mocetones de una aldea vecina para criar y engordar vacas y niños, eran en la práctica nulas. Definitivamente sería la misma que la de su madre, su abuela y la de cientos de generaciones anteriores, y nada ni nadie podría evitarlo ¿O sí?

Hacia unos años, cuando tenía 14, pusieron un cine ambulante en las fiestas de Mondoñedo: proyectaron Ivanhoe. Era la historia de un valiente caballero que inmediatamente adoptó como suyo. Vio los ocho pases que dieron de la película y se enamoró perdidamente de Robert Taylor, "su caballero". Dormida y despierta soñaba que vendría un día a su aldea, montado en su negro caballo de blanco penacho y la rescataría de su negro futuro.

Pero pasaban los años y la inconsciencia de niña dejaba paso a la sensatez de mujer. No, no vendría ningún caballero. En su vida no habría lugar para torneos, bailes, pasiones ni lejanos reinos, no. Sólo habría sudor, vacas, ubres, estiércol y heno.

Un día su padre, a la sazón alcalde pedáneo de la aldea, recibió una carta. Venía del Instituto Geográfico y Catastral y en ella se le comunicaba que en breve plazo iría un perito topógrafo de dicho organismo a medir todas las parcelas y accidentes geográficos de la pedanía, con el objeto de hacer el catastro. Solicitaban de él que, como alcalde, buscara dos hombres conocedores del terreno para auxiliarle en su trabajo, y además que se le facilitara alojamiento decente al citado perito en una casa, visto que en esa zona no existía ningún hotel.

Matías Madruga pensó para sí que, ya que el cargo de alcalde no le reportaba ningún beneficio y si bastantes molestias, bien podrían ser él mismo y su compadre Pedro los auxiliares y, ya que su propia casa era de las mejores de la aldea, también podía además dar el hospedaje solicitado: ganaría un dinero extra que vendría muy bien.

Matías era hombre de contadas palabras. Así, cuando en la comida carraspeó para hablar, su mujer y su hija quedaron en suspenso pendientes del acontecimiento.

—Cambia a la chica a la habitación de abajo y adecenta la suya, porque dentro de unos días vendrá un perito topógrafo a hacer el catastro y se va a quedar a vivir en esta casa.

Cuando él hablaba no se replicaba. A lo sumo se preguntaba, que fue justo lo que hizo Felisa, su mujer.

—¿Por cuánto tiempo?

—Dos o tres meses.

Punto y final a la conversación. Acabaron de comer y Otilia, como todos los días, se levantó de la mesa y fue al prado a atender a las vacas. Se sentó en una piedra con la mirada perdida en el lejano horizonte. Pensó que al fin iba a pasar algo y su resto de adolescente empezó a imaginar. Perito..., topógrafo..., catastro.... Para ella todo eran palabras extrañas ¿Sería su Ivanhoe?

En principio, eso de perito no le sonaba nada bien. Más que a algo caballeresco, tal título le evocaba uno de esos petimetres con peluca empolvada que vio en una película de la revolución francesa en el cine ambulante. Lo de topógrafo mejor, pero lo de catastro le sonaba a algo catastrófico o apocalíptico. Era inútil hacer conjeturas, habría que esperar.

Mientras llevaba las vacas al establo para ordeñarlas, siguió imaginando ¿Sería joven? ¿Estaría casado? Esa noche soñó con princesas, torneos, lanzas, besos y lejanos reinos. A los pocos días, en la comida, su padre volvió a hablar.

—Han mandado un telegrama: mañana llega. El compadre y yo iremos a recogerle a Mondoñedo. Tenle lista su habitación.

A Otilia le dio un vuelco el corazón. Sus padres no notaron el leve temblor de la cuchara. Mañana, mañana....

Y mañana llegó. Otilia tenía un ojo puesto en las vacas y otro en el camino. Al fin a las siete, cuatro horas después de que su padre y su pa-

drino fueran a Mondoñedo, apareció la comitiva en el recodo del camino. Su padre venía primero llevando en su burro una maleta, una caja y unos palos muy largos (¿serían las lanzas?). Después apareció Pedro tirando del ronzal de su burro, y montado venía Él. No había caballo negro, ni armadura: no era Robert Taylor. Era un hombre joven, delgado, con gruesas gafas y calvicie prematura. No era nada gallardo, aunque quién lo es montando un asno, pensó.

Otilia disimulaba aparentando ocuparse de las vacas mientras se apeaba el perito y su familia se afanaba en bajar sus cosas del otro burro. Oyó vagamente llamar a los palos, miras; y le llamó la atención una caja forrada de cuero que el perito trataba con mucho cuidado y a la que llamó "Brújula".

Cenando pudo estudiarlo mejor; no era atractivo, pero tampoco le resultaba desagradable, hablaba bastante y con ese extraño acento castellano que solo había oído en las películas. Tenía 27 años y vivía en Madrid con sus padres, aunque estaba comprándose un piso, tenía solicitado un coche hacía un año: un seiscientos y era... ¡soltero! Se llamaba Santiago.

Al día siguiente comenzaron los trabajos del catastro. Santiago mandaba poner a Matías y Pedro las llamadas miras, que eran como unas reglas grandes, en las esquinas de las parcelas, recodos de los caminos, casas y riachuelos y observaba todos aquellos puntos por el antejo de la brújula, anotando en un cuaderno unos números que parecían no tener ningún sentido. Por la tarde, antes de cenar, sacaba unas tablas con infinitos números y hacía complicados cálculos que después plasmaba en forma de una maraña de puntos en un gran papel. Finalmente, y uniendo con una regla todo aquel galimatías, iba saliendo de forma mágica una réplica exacta en miniatura de todas las fincas, caminos y casas de la aldea.

No sólo Otilia estaba impresionada del hacer de Santiago. Todos los vecinos sin excepción, le asediaban a preguntas ¿Qué superficie tenían sus fincas? ¿Para cuándo se haría la esperada concentración parcelaria, tan necesaria en ese gran minifundio que era Galicia? ¿Les subirían los impuestos?

Santiago respondía y se hacía cada vez más con la confianza y el respeto de toda aquella gente. Incluso en la casa cada vez era más querido y se notaba que Matías estaba orgulloso de tener bajo su techo al "perito del catastro". Y así transcurrían los días y las semanas, pero... ¿Qué era de los sueños de Otilia?

Durante todo ese tiempo, se había despertado en ella una gran admiración por Santiago. No sabía exactamente si eso era amor, nunca había estado enamorada y además él no parecía estar demasiado interesado por ella. Algunas veces hablaban o daban un pequeño paseo, pero él no pasaba de hablar de cosas del trabajo u otros temas intrascendentes. No era justo. Ella no podía contar con las armas que tenían las demás mujeres ¿Cómo iba a fijarse ningún hombre en una aldeana con las manos enrojecidas, que olía a estiércol de vaca y calzaba zuecos de madera?

El tiempo pasó y Santiago terminó su trabajo. Sólo faltaban unos días para la fiesta de la aldea y todos le convencieron para que se quedara: querían agasajarle. No le pareció mala idea. Mientras, podría aprovechar para poner en orden sus papeles.

La mañana de la fiesta, y mientras Santiago estaba en la taberna despidiéndose de la gente, Otilia hizo algo que deseaba hacer hacía mucho. Fue a su habitación y buscó la brújula. Siempre había resultado para ella algo misterioso ese instrumento que era capaz de hacer todas aquellas cosas, para ella mágicas. Estaba en un rincón. Se acercó a ella y con mucho cuidado quitó las dos correas de cuero de la funda. Dentro había una caja de madera con cierres metálicos que también abrió. Allí estaba reluciente.

Nunca la había visto tan de cerca: era preciosa. De color negro brillante y con muchos tornillos dorados, tenía una gran aguja plateada, bordeada por un círculo de números tan pequeños que precisaban de una especie de microscopios móviles para poder verlos. Instintivamente soltó el tornillo que mantenía fija la aguja. Ésta empezó a oscilar cada vez con movimientos más pequeños hasta que al final quedó quieta, apuntando exactamente a la ventana por la que ella siempre miraba el precioso valle que se abría al lejano mar, al escenario de sus sueños.

Acarició con un dedo el cristal y al pasarlo cerca del extremo de la aguja, sintió una sensación extraña, como un escalofrío. De repente supo qué tenía que hacer. Y lo iba a hacer.

Dejó todo como estaba y rebuscó en su armario la ropa de las fiestas. Se bañó, se vistió y se soltó el pelo, siempre oculto por un pañuelo negro. Mediada la tarde, la fiesta había comenzado. En el prado contiguo a la Iglesia, el pulpero cocía los pulpos entre el regocijo de las gentes, los chiquillos corrían y chillaban y los mayores reían: Era "la fiesta".

Santiago estaba a punto de introducirse un trozo de pulpo en la boca cuando la vio llegar. No llegó a comérselo y se quedó con la boca abierta. Y es que por si no lo había dicho, Otilia, debajo de aquel disfraz de aldeana, era una mujer muy hermosa.

Se hizo de noche y los músicos de la orquestina comenzaron a tocar. Santiago hablaba con unos y con otros, pero no dejaba de mirar a Otilia. A las doce empezó la "quemada" y ella era la encargada de hacerla. Santiago miraba aquellos ojazos negros que, con un brillo especial, le miraban fijamente entre las llamaradas, mientras sus labios musitaban un conjuro en gallego invocando a meigas, bruxas y trasgos.

Después comenzó el baile. Sólo los novios reconocidos formaban parejas. Las madres bailaban con las hijas y los niños bailaban con las niñas entre las risas de los mayores. Otilia y Santiago sólo se miraban. El ribeiro y el aguardiente empezaron a hacer de las suyas y la gente se fue yendo a sus casas: ya no quedaba casi nadie. Otilia se acercó a Santiago, le miró y le cogió la mano. No se sabe quién llevó a quien, pero se encaminaron en la oscuridad hacia el cementerio anejo a la iglesia, como es usual en Galicia. Nadie les vio.

Lo hicieron entre las tumbas de Carmen Fandiño y José Pedrouzo.

A la mañana siguiente se despidió Santiago. Le esperaba el largo viaje en burro hasta Mondoñedo, en un autobús desvencijado a Lugo y en tren de vapor a Madrid. Nunca volverían a verse. Cuando estrechó la mano de Otilia no se atrevió a mirarla a los ojos.

Pasaron los meses. Santiago estaba en la oficina, preparando su próxima campaña, cuando le llamó el jefe del servicio. Se había recibido una car-

ta para él: era de Galicia. En ella Matías, a medias con el cura, le comunicaba que Otilia estaba embarazada. La chica no había querido decir nada pero al fin había confesado. Todos esperaban de Santiago que se portara como el caballero que era y volviera para hacerse cargo de la situación.

El corazón se le detuvo. Primero se puso blanco, después su rostro recorrió uno por uno todos los colores del arco iris, hasta llegar al rojo intenso ¿Cómo era posible? Si sólo fue una vez. Salló a la calle. Necesitaba aire puro y pensar. Su primer impulso fue sospechar que el niño sería de otro y todo era una trampa, pero rápidamente desechó esa idea.

Estaba seguro de que la chica era virgen, y sabía cómo era ella. Apenas hablaba con nadie, y menos con los pocos hombres jóvenes de la aldea. Después tuvo un cierto sentimiento de orgullo. Había sido capaz de engendrar un hijo en diez minutos, y tener hijos era el fin fundamental de nuestra existencia; al menos eso le habían enseñado en el colegio. Santiago era un hombre positivo y su mente trataba rápidamente de buscar argumentos para aceptar los hechos y "hacerse cargo de la situación", como ponía en la carta. No le llevó mucho tiempo. Aunque estaba claro que no quería a la chica, también es cierto que todavía se estremecía cuando recordaba aquella última noche. También le venía a la memoria el recuerdo de las manazas del señor Matías y con cuanta facilidad talaba los árboles y degollaba a los terneros. Por último, estaban su hombría y sentido de la responsabilidad, y eso sin contar con que en Madrid la auténtica Otilia sería la de la fiesta, la que le encandiló, y no la chica maloliente del pañuelo negro y los zuecos. Y a fin de cuentas, ¿qué futuro tenía ahora? Vivir bajo el manto protector de sus padres, llevando una vida aburrida y sin sentido. No tenía novia ni tenía tiempo de buscarla con su trabajo itinerante. Sí, definitivamente regresaría a la aldea y se casaría con ella.

Sus padres, especialmente su madre, se llevaron un gran disgusto, pero logró convencerlos de su decisión. Era una buena chica y le cuidaría bien; además era una excelente cocinera, limpia y trabajadora. Sería feliz, ya lo verían.

Y Santiago regresó a Ferreira sólo. Su madre no quiso pasar por la vergüenza de una boda así. Se celebró allí, en medio de una gran fiesta. En Galicia no estaban mal vistos estos matrimonios. Pasaron una pequeña luna de miel en Ribadeo; fueron unos días felices y Santiago empezó a enamorarse. No le costó mucho, ella era una mujer maravillosa.

Otilia estaba radiante, el embarazo le sentaba bien. Cuando el tren partió de Lugo pensó que al fin su sueño se cumplía. Ivanhoe la rescataba, si no en un negro caballo de blanco penacho de plumas, si en una negra locomotora de blanco penacho de humo, que la llevaba al lejano y misterioso reino de Madrid.

La ciudad le fascinó: la gente, las tiendas, la Gran Vía. Se sentía como en un sueño. Al poco tiempo tuvo el niño, después vino otro. Debería ser feliz, pero, ¿realmente lo era?

Ella era una soñadora, necesitaba soñar como el aire para respirar y, con el tiempo, la admiración que sentía por Santiago se había ido desvaneciendo. Aquel hombre que todos, y ella la que más, admiraban en la al-

dea, sólo era un hombre corriente que hacía un trabajo corriente. Tenía por encima dos jefes de negociado, tres jefes de sección, dos jefes de servicio, un subdirector, y un director general, a los que reverenciaba. Había cientos de Peritos Topógrafos por España que hacían su mismo trabajo. Tan respetado en la aldea, aquí tenía que disputarse con cualquiera un hueco para aparcar el seiscientos. Y se sintió prisionera y perdida en su piso de 70 metros cuadrados. Sintió que había cambiado una cárcel de verdes prados por otra de gris hormigón. No, éste no era su sueño.

Un día que hacía limpieza vio en el altillo del armario la caja de la brújula. Hacía tiempo que el catastro se hacía por fotogrametría y Santiago ya no la utilizaba. Recordó lo que pasó el día de la fiesta y la bajó a la mesa. Abrió la caja y soltó el tornillo que liberaba la aguja. Ésta osciló hasta que se detuvo, apuntando a la ventana por la que se veía el único trozo de cielo que se podía ver desde la casa. Rozó la aguja y, como años antes, sintió el mismo escalofrío. Otra vez tenía que hacer algo. Y lo volvió a hacer.

Se matriculó en el curso de acceso a la universidad para mayores de 25 años y aprobó a costa de robar horas al sueño. Después, convenció a Santiago para que la dejara estudiar en la Universidad. Seguiría atendiéndole a él y a los niños como siempre, y así lo hizo. Se matriculó en la facultad de Derecho, y fue sacando los cursos a costa de mucho esfuerzo.

Eran los años setenta y en la Universidad bullía el inconformismo. Otilia se afilió a un partido clandestino y luchaba por lo que ella llamaba libertad. En una de las huelgas de estudiantes la detuvieron. Estuvo una semana encerrada en los calabozos de Gobernación y hasta su nombre salló en los periódicos, lo que produjo una gran vergüenza en sus suegros. Después vino la separación, para pena de Santiago y alborozo de sus padres, que por fin veían a su hijo libre de "esa roja".

Diez años más tarde, cuando su partido ganó las elecciones, Otilia fue Diputada. Incluso el Presidente le propuso en varias ocasiones nombrarla ministro, pero ella siempre rehusó. Los antiguos camaradas de su época estudiantil habían cambiado sus pantalones de pana por trajes de Armani y los cuchitriles donde imprimían los panfletos revolucionarios por lujosos despachos. Y ella continuaba siendo una soñadora. Aún estuvo un tiempo en política antes de abandonar, asqueada de tanta mentira. Ya no tenía brújula que le orientara y no supo qué hacer. Desapareció de la escena pública y durante años vagó sin rumbo fijo.

Hoy vive retirada en un remoto lugar, rodeada de sus perros. Escribe artículos para un periódico y, de vez en cuando, envía algún que otro relato bajo seudónimo.

Y ahora lector, ¿no crees que el poderoso influjo del campo magnético encerrado en la aguja de la brújula Breithaup, fabricada en Cassel (Alemania) en 1947, y que hoy yace como elemento decorativo en una estantería del despacho de un Subdirector General del Instituto Geográfico Nacional, que sin duda ignora el poder de ese inocente instrumento, cambió radicalmente el rumbo de la vida de Otilia Madruga y le ayudó a trazar su destino? Yo sí. ■

# Definición geométrica del trazado en planta de una carretera a partir de su levantamiento fotogramétrico

José Fábrega Golpe

PROFESOR ASOCIADO DE LA E.U.I.T. TOPOGRÁFICA (UPM)

Rubén Martínez Marín

PROFESOR TITULAR DE LA E.T.S.I. DE CAMINOS E INGENIEROS GEÓLOGOS (UPM)

Javier Sánchez Espeso

PROFESOR TITULAR DE LA E.T.S.I. DE CAMINOS (UNIVERSIDAD DE CANTABRIA)

## Resumen

*Durante la vida útil de una infraestructura viaria el mantenimiento de la misma requiere que se conozca la definición geométrica de su trazado en planta. Si el proyecto está al alcance de los técnicos, será suficiente comprobar que dicha obra se ajusta al proyecto y que no se han producido cambios en su trazado que posteriormente no se han plasmado en el proyecto oficial. En ocasiones el proyecto no está localizado o no está actualizado y se plantea el siguiente problema: partiendo de un conjunto de puntos representativos, por ejemplo el eje de la carretera, resultado de un levantamiento topográfico o una restitución fotogramétrica, encontrar la definición geométrica de la alineación más probable, correspondiente al trazado en planta que se ajuste a dicho conjunto de puntos.*

*La consecución de la definición geométrica del trazado en planta de un tramo de carretera cuando no se conoce el proyecto original es una tarea ardua. Este artículo propone una metodología y unos procedimientos que, de forma automática, ayudan al técnico a resolver este problema.*

## Abstract

*Maintenance operations along the lifespan of a transportation network infrastructure require the knowledge of the geometry of its alignment.*

*When project documents are available, it may be enough to check them for further modifications that could be made and are not reflected in the official project. But, sometimes, project is not available and we still have the need to know the geometry of the alignment. We need to get it out of the field, based on field or photogrammetric surveying. In this case we face the following problem: based on a set of points of the axis, how can we obtain the most probable geometric definition of the alignment that matches this set of points.*

*Obtaining the geometry of an alignment of a road, when project documents are not available is a hard work. This paper offers a methodology and a set of automatic procedures that help the technician to solve this problem.*

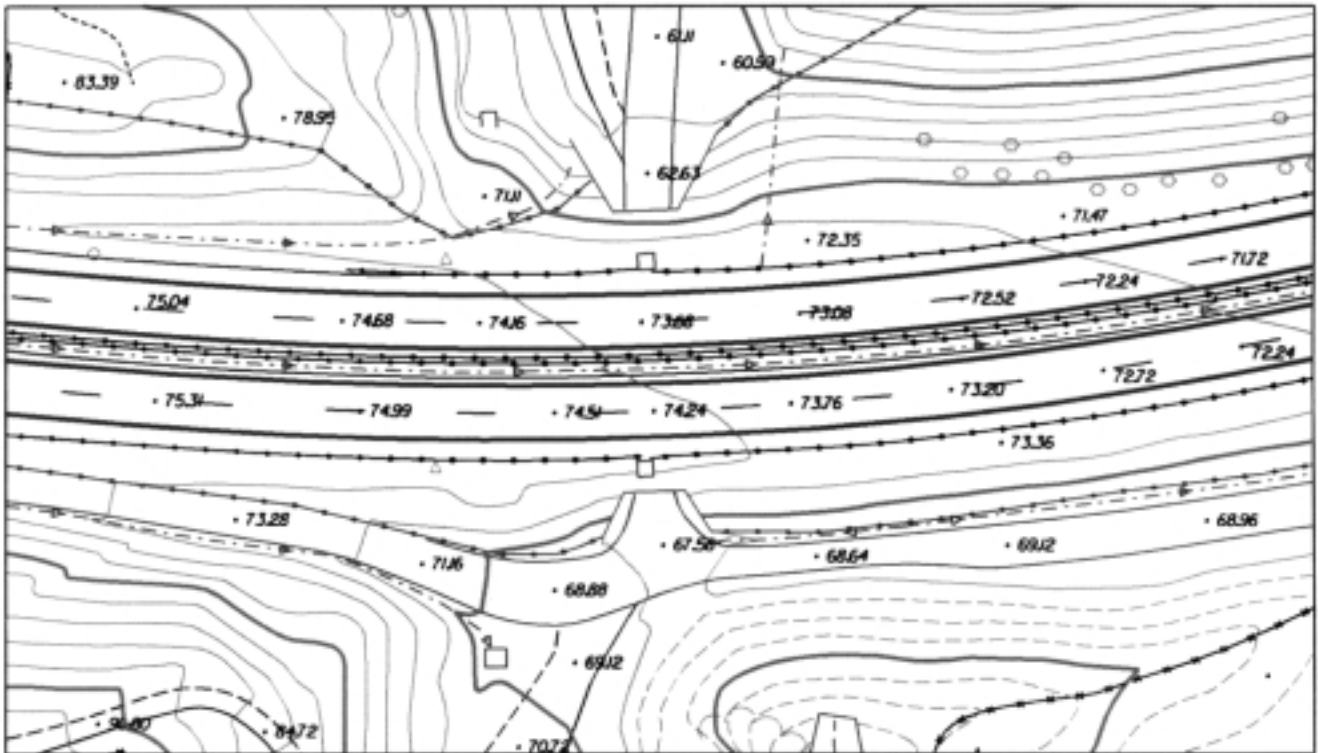
## 1. INTRODUCCIÓN

Debido a la gran importancia, tanto económica como técnica, que suponen las actividades de conservación y mantenimiento en las infraestructuras viarias y con el objetivo de poder tomar las decisiones en un menor plazo de tiempo y con los mejores datos posibles, se plantea el problema de conocer el trazado real de una vía sin disponer del proyecto base con el que se

construyó. Además, la definición geométrica ha tomado un nuevo protagonismo desde que el pasado 3 de febrero de 2000 entró en vigor la Norma "3.1-IC: Trazado", de la Instrucción de Carreteras, largamente esperada por el colectivo profesional (Orden de 27 de Diciembre de 1999; BOE de Miércoles 2 de Febrero de 2000).

Mediante técnicas topográficas convencionales, levantamiento por topografía clásica o mediante restitución fotogramétrica, se obtienen las co-





Autovía A-8 Bilbao-Santander. Escala 1/1.000

## 2.2. Fundamento teórico

### 1ª Fase: Obtención del diagrama "distancias - curvaturas"

Sea una cierta poligonal compuesta por un conjunto de puntos  $P_i(x_i, y_i, z_i)$  correspondientes al levantamiento topográfico del eje de una carretera. Los segmentos  $S_i$  cuyos extremos serán los puntos  $(P_i, P_{i+1})$  corresponden a la poligonal que se aproxima a la alineación en planta de dicha carretera.

Proyectemos ortogonalmente al plano de comparación los puntos  $P_i$  para trabajar en una vista en planta, es decir, generemos un nuevo conjunto de puntos  $P_i(x_i, y_i)$ . A continuación se agrupan los puntos en ternas  $(P_1, P_2, P_3)$ ,  $(P_4, P_5, P_6)$ , ..., etc. y se calculan las curvaturas. Para ello se procede como se indica en la figura 1:

- Se traza la mediatriz de  $(P_i, P_{i+1})$
- Se traza la mediatriz de  $(P_{i+1}, P_{i+2})$
- Se calcula el punto  $C_i$ , que es el centro de la curva
- Se calcula el radio  $R_i$  de la curva con signo, dado por la distancia de  $C_i$  a  $P_i$
- Obtención de la curvatura  $\rho_i = 1/R_i$ .

Avanzando por los segmentos que definen la alineación de la carretera, si  $\rho_i$  es negativo supondremos que nos encontramos a la derecha de la alineación y si  $\rho_i$  es positivo entonces estaremos a la izquierda de dicha alineación.

El algoritmo utilizado para calcular el signo es el siguiente:

1. Sean la terna de puntos  $(P_i, P_{i+1}, P_{i+2})$ . Calculamos el centro de la curva circular que pasa por estos tres puntos  $C(X_c, Y_c)$ .
2. Se definen los vectores  $C-P_i$  y  $C-P_{i+1}$ .
3. Se realiza el producto vectorial de ambos según la expresión:

$$\vec{u} \wedge \vec{v} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ (x1 - xc) & (y1 - yc) & 0 \\ (x2 - xc) & (y2 - yc) & 0 \end{vmatrix} = [ (x1 - xc)(y2 - yc) - (x2 - xc)(y1 - yc) ] \vec{k} \quad [1]$$

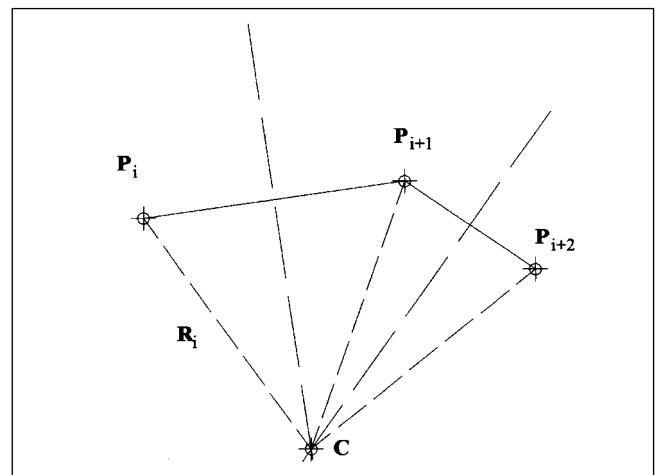


Figura 1. Disposición de la terna y cálculo de la curvatura

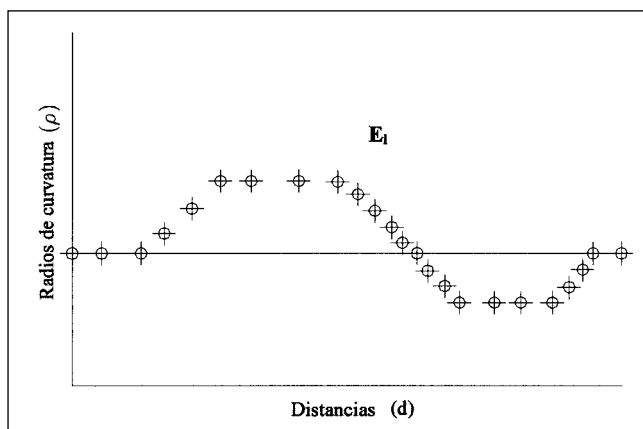


Figura 2. Disposición de radios-distancias acumuladas

El signo de la expresión [1] es el que se asigna al radio de curvatura y, en consecuencia, es el estimador que indica si el centro de la curva está a la derecha o a la izquierda de la alineación.

A continuación se genera el gráfico de "curvaturas - distancias acumuladas" (figura 2), en el que se representan las curvaturas de cada terna y la distancia del punto central de la terna al origen.

El gráfico de la figura 2 representa el conjunto de puntos  $E_i(d_i, \rho_i)$ . Si ajustamos las rectas de regresión a esta nueva nube de puntos obtendremos los siguientes resultados:

- Tramos con pendiente cero y  $\rho = K$ , corresponden a curvas circulares de radio  $R = 1/K$ .
- Tramos con pendiente cero y  $\rho = 0$ , corresponden a las alineaciones rectas  $R = 1/0 = \infty$ .
- Tramos formados por segmentos rectos con pendiente  $\rho/d$ , corresponden a curvas de transición (clotoides) de parámetro  $A^2$  igual a la pendiente.

## 2ª Fase: Ajuste por mínimos cuadrados

La última fase del fundamento teórico consiste en realizar el ajuste por mínimos cuadrados de cada tramo del gráfico. La ecuación de la recta de regresión es:

$$y = mx + b \quad [2]$$

Siendo:

$$m = \frac{\sum xy - b \sum x}{\sum x^2} \quad [3]$$

$$b = \frac{\sum y - m \sum x}{n} \quad [4]$$

Si denominamos,

$$\begin{aligned} \sum x &= K_1 \\ \sum xy &= K_2 \\ \sum y &= K_3 \\ \sum x^2 &= K_4 \end{aligned} \quad [5]$$

Obtenemos un sistema lineal de ecuaciones:

$$\begin{aligned} mK_4 + bK_1 &= K_2 \\ nb + mK_1 &= K_3 \end{aligned} \quad [6]$$

En el que los datos son los mostrados a continuación:

- $n$  es el número de puntos
- $x$  es la distancia  $n$
- $n$  es la curvatura  $\rho$ .

Mientras que las incógnitas,  $m$  y  $b$ , son los coeficientes de las rectas de regresión.

Aplicando la ecuación a las condiciones del problema en estudio, tenemos:

$$\rho = md + b \quad [7]$$

Si la recta de regresión  $r$  de la expresión [7] es la correspondiente a un conjunto de puntos  $E_i(d_i, \rho_i)$ , podremos calcular la distancia vertical desde cada punto de  $E_i$  a dicha recta  $r$  y limitar el residuo a un valor fijado de antemano. El residuo para un punto  $E_i(d_i, \rho_i)$  viene dado por la expresión:

$$v_i = \rho_i - md_i - b \quad [8]$$

## 3ª Fase: Algoritmo propuesto

El algoritmo propuesto consiste en tomar los tres primeros puntos  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  y definir la recta de ajuste. Se comprueba que el punto  $E_4$  no se separa de la recta  $r$  más de lo establecido en el error máximo permitido. Si  $E_4$  está dentro de los límites, se ajustará de nuevo una recta con los cuatro valores  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ,  $E_4$  y se continuará el proceso con el quinto punto, hasta que el punto  $E_j$  no esté dentro de la tolerancia admitida, en ese momento se habrá acabado la recta de ajuste del primer tramo de la alineación. Atendiendo a la pendiente de dicha recta, la alineación será una recta, una curva circular o una clotoide. Con objeto de asegurar una buena convergencia, se analiza también la media de las curvaturas. Esto permite asegurar que el cambio de alineación se detectará en las proximidades del punto exacto, ya que la media de las curvaturas cambia en ese entorno.

Cuando se detecte un cambio de alineación, el algoritmo continuará desde el último punto del primer tramo con la sucesión de puntos restante.

**Flujo del programa**

```

Sub línea_regresión (n, Ex, Ey, m, b)
Dim n As integer, Ex (10000) As real, Ey(10000) As real, m As real, b
As real
K1 = 0
K2 = 0
K3 = 0
K4 = 0
For i = 1 to n
    K1 = K1 + Ex(i)
    K2 = K2 + Ex(i)*Ey(i)
    K3 = K3 + Ey(i)
    K4 = K4 + Ex(i)*Ex(i)
Next i
If (K1/K4)-(n/K1) = 0 Then
    b = 0
Else
    b = ((K2/K4)-(K3/K1))/((K1/K4)-(n/K1))
Endif
' Casos particulares
If m > 1010 Then
    recta vertical
Else
    m = (K2/K4)-(K1/K4)*b
Endif
End Sub

' Suponemos calculados los radios de curvatura de todas las ternas.
' Fijamos la tolerancia o error máximo admisible. Por ejemplo un dos por mil.
emax = 2/1000
' Número máximo de puntos 10000.
Dim Ex (10000) As real, Ey(10000) As real
' Para un número de puntos E(i) igual a Npun
i=3
Loop while i < Npun
' Calculamos los coeficientes de la recta de regresión de un número n
de puntos.
' "Call línea_regresión (n, Ex, Ey, m, b)". En el comienzo se utilizan los
tres primeros.
    Call línea_regresión (i, Ex, Ey, m, b)
' Calculamos el residuo del cuarto punto.
    e4 = Ey(4) - m * Ex(4) - b

```

```

if e4 > emax then
    Fin del primer tramo
    If m = 0 y b = Constante then Arco de circunferencia de radio R
    = 1 / Constante
    If m = 0 then Tramo recto
    If m <> 0 then Clotoide de parámetro A2 = r/d.
    Continuar en nuevo tramo
Else
    i = i + 1
    Tomar el siguiente punto
endif
End Loop

```

**Integración de los datos y resultados en un entorno gráfico estándar**

Uno de los sistemas de CAD más ampliamente difundidos en el mercado es AutoCAD®, de la compañía Autodesk, por esta razón se ha elegido este sistema gráfico para desarrollar el algoritmo expuesto anteriormente y comprobar su validez en los casos reales que se adjuntan en este artículo.

El programa desarrollado en el entorno de AutoCAD lee los datos del levantamiento que están archivados en un fichero ASCII. Se admiten diversos formatos de entrada, uno de ellos, habitualmente utilizado, es el siguiente:

Código del punto	X del punto	Y del punto	Z del punto
1	123,454	20120,333	623,45
1	124,679	20120,333	623,97
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
1	345,674	30234,346	587,45

El aspecto de la aplicación es el mostrado en la figura 3. En ella podemos ver el formato de la entrada de datos, en el que se pide solamen-



**Figura 3. Aplicación desarrollada**

te que se indique el fichero que contiene los puntos del levantamiento de la carretera.

### 3. EJEMPLOS

A continuación se incluyen dos ejemplos prácticos que sirven para mostrar el funcionamiento del algoritmo expuesto anteriormente.

#### Ejemplo nº 1

Este ejemplo parte de los datos de una alineación teórica, compuesta de un tramo recto de longitud 200 metros, un arco de circunferencia de radio  $R = 250$  metros y una longitud de 100 metros y, por último, otro tramo recto de longitud 250 metros. En la figura 4 se muestra el eje del tramo que se pretende estudiar.

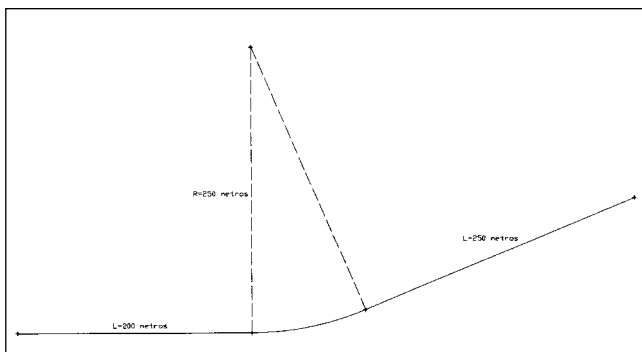


Figura 4. Alineación teórica

En primer lugar, esta alineación se divide en tramos de 20 metros de longitud, indicando en cada tramo un punto, que simulará el levantamiento topográfico de dicha alineación. Los errores que se puedan producir al realizar el levantamiento de la alineación son debidos, fundamentalmente, a tres causas:

1. Si se han apoyado en la pintura de la carretera, ésta no tiene un trazado exacto.
2. Cuando se realizó el replanteo de la obra se cometió un cierto error.
3. Al realizar el levantamiento del que se parte, éste también tendrá otro cierto error.

Se ha supuesto que el error máximo cometido en el levantamiento no supera los 20 centímetros. Para ello se ha procedido a ajustar una poligonal de tres tramos dentro de una banda de  $\pm 20$  cm, de esta forma se simulan los posibles errores que se han comentado anteriormente.

Una vez realizado el levantamiento, se ejecuta un programa de extracción de las coordenadas de los puntos que lo constituyen. En la tabla 1 se adjunta el listado de las coordenadas de dichos puntos.

A continuación, en la tabla 2 se muestran los datos de distancias y curvaturas, así como las ternas de puntos que intervienen en el cálculo.

Listado de coordenadas			
1	277,126	238,671	0
1	297,126	238,871	0
1	317,126	238,471	0
1	337,126	238,671	0
1	357,126	238,871	0
1	377,126	238,471	0
1	397,126	238,871	0
1	417,126	238,471	0
1	437,126	238,671	0
1	457,126	238,471	0
2	477,126	238,671	0
2	502,173	239,929	0
2	526,928	243,885	0
2	551,382	249,744	0
2	574,528	258,425	0
3	593,025	266,033	0
3	611,367	274,009	0
3	629,708	281,986	0
3	648,128	289,778	0
3	666,626	297,386	0
3	685,123	304,994	0
3	703,387	313,154	0
3	721,885	320,762	0
3	740,375	328,388	0
3	758,646	336,530	0
3	777,144	344,139	0
3	795,485	352,115	0
3	805,062	355,949	0

Tabla 1

Pto.	Distancia	Curvatura	Ptos. de la terna		
1	20,001	-1,499622E-03	1	2	3
2	40,0005	1,499656E-03	2	3	4
3	60	-3,814306E-08	3	4	5
4	80,00025	-1,49962E-03	4	5	6
5	100,0002	1,999242E-03	5	6	7
6	120,0002	-1,999251E-03	6	7	8
7	140,0001	1,499663E-03	7	8	9
8	160	-9,999579E-04	8	9	10
9	180,0001	9,999643E-04	9	10	11
10	200	1,782633E-03	10	11	12
11	225,0505	4,31646E-03	11	12	13
12	249,8564	3,053843E-03	12	13	14
13	274,4795	4,956396E-03	13	14	15
14	298,0573	1,404233E-03	14	15	16
15	317,0818	9,982447E-04	15	16	17
16	336,1039	3,211689E-06	16	17	18
17	355,2327	-5,027829E-04	17	18	19
18	374,5055	-4,996962E-04	18	19	20
19	393,9006	9,986288E-07	19	20	21
20	413,3525	1,497512E-03	20	21	22
21	432,7195	-1,498405E-03	21	22	23
22	452,2715	4,922732E-05	22	23	24
23	471,8567	1,401063E-03	23	24	25
24	491,3633	-1,44792E-03	24	25	26
25	511,02	9,97749E-04	25	26	27
26	530,6275	-1,939963E-03	26	27	28

Tabla 2

Obsérvese que la media de las curvaturas de los diez primeros tramos es aproximadamente cero, lo que indica que la alineación es un tramo recto de 200 metros. Entre el punto número 11 y el 13 la media de las curvaturas es 243 metros, es decir, una curva circular de este radio (aproximadamente 250 metros) y desde este punto hasta el final el radio es 280,11 metros, es decir un tramo recto de 250 metros.

### Ejemplo nº 2

El segundo ejemplo se ha extraído de un caso real. Corresponde a un tramo de la autovía A-8 proveniente de una restitución fotogramétrica y un ajuste de curvas a los puntos restituidos (figura 5).

Para uniformizar los datos y poder comparar los resultados obtenidos en cada uno de los ejemplos mostrados, se ha procedido a filtrar los datos de este ejemplo. El filtro consiste en dejar solamente un punto cada 20 metros. En la tabla 3 se muestran los valores obtenidos después de ejecutar el filtro indicado anteriormente.

Obsérvese lo claramente identificables que se muestran las distintas alineaciones que componen este tramo. Entre los puntos 1 y 11 se ha reconocido una curva circular de radio 500 metros, ya que los radios obtenidos oscilan entre 494,07 y 522,71 metros. Entre los puntos 12 y 16 se ha reconocido una curva de transición, clotoide de parámetro  $A = 225$ , y por último, entre los puntos 16 y 23 se ve claramente que la alineación es una recta, ya que su curvatura es cero (1E-12). Las longitudes de las alineaciones definidas son 200,00, 100,00 y 125,55 metros respectivamente.

## 4. CONCLUSIONES

Si los puntos de partida se han obtenido mediante un levantamiento topográfico clásico, la poligonal mostrará unos radios de curvatura que irán

Pto.	Distancia	Curvatura	Ptos. de la terna		
1	20,85403	1,956109E-03	1	2	3
2	41,73101	2,024528E-03	2	3	4
3	62,57393	2,021233E-03	3	4	5
4	83,41071	1,970321E-03	4	5	6
5	104,2117	2,087923E-03	5	6	7
6	124,9514	1,913178E-03	6	7	8
7	145,6224	2,066071E-03	7	8	9
8	166,2585	2,027919E-03	8	9	10
9	186,7997	2,025360E-03	9	10	11
10	207,2736	1,620811E-03	10	11	12
11	226,8383	1,405403E-03	11	12	13
12	246,3339	9,411849E-04	12	13	14
13	265,8447	4,551234E-04	13	14	15
14	285,4238	3,115749E-04	14	15	16
15	305,0323	1,771860E-04	15	16	17
16	319,7309	1E-12	16	17	18
17	339,4068	1E-12	17	18	19
18	359,1187	1E-12	18	19	20
19	378,8609	1E-12	19	20	21
20	398,6391	1E-12	20	21	22
21	418,4289	1E-12	21	22	23

Tabla 3

cambiando de posición respecto del itinerario. Este hecho hace necesario que el algoritmo trate los datos de forma estadística, estudiando tanto la recta de regresión como la media de las curvaturas.

Cuando los datos de partida se han obtenido de una restitución fotogramétrica, los puntos pertenecen a una poligonal ajustada y en ella no se producen desviaciones alternativas respecto del itinerario teórico, con lo que el algoritmo propuesto se comporta mejor que en el caso anterior.

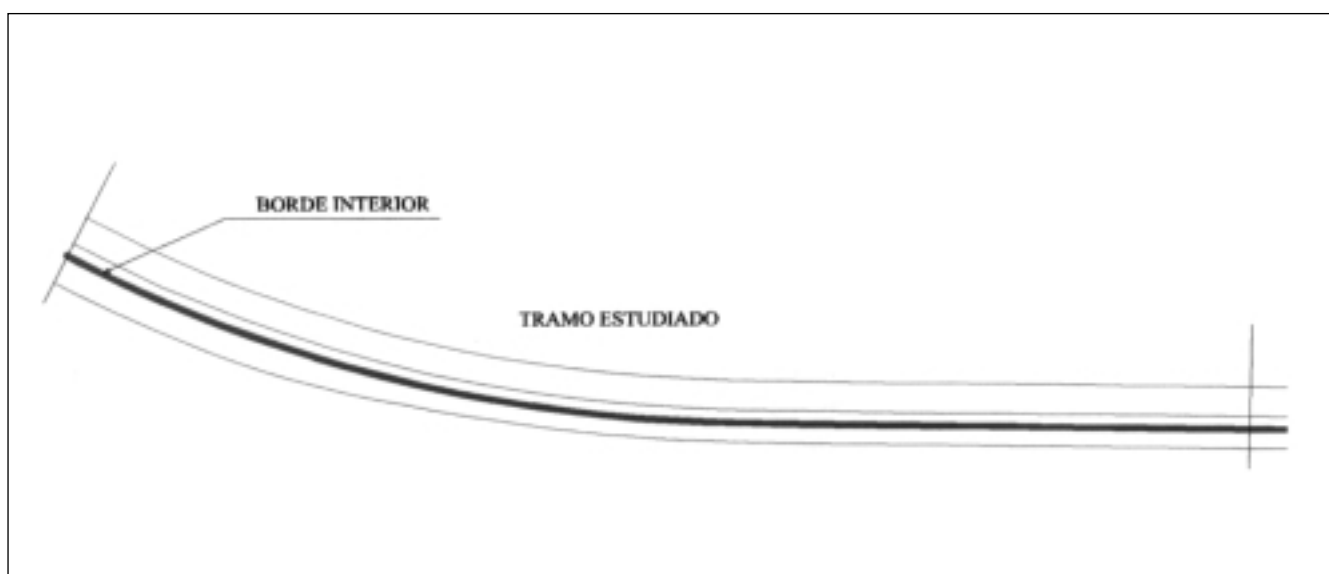


Figura 5. Autovía A-8

Los hechos expuestos anteriormente se han corroborado en las distintas pruebas que se han realizado, dos de las cuales constituyen los ejemplos adjuntados.

## REFERENCIAS

- AUTODESK (1999). "ACTIVE X and VBA Developers Guide", AutoCAD 2000. Editorial: Autodesk.
- COOPER M.A.R. (1982). "Fundamentals of Survey Measurement and Analysis". Editorial: Collins (Gran Bretaña).
- FARIN G. (1990) "Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design". (2nd Ed.). Editorial: Academic Press. USA.
- FERRER TORIO R. (1999). "Topografía. Unidad Didáctica IV. Aplicaciones de la topografía a la ingeniería. 1. Trazados geométricos y su replanteo". Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de Cantabria.
- KRAEMER C., SÁNCHEZ BLANCO V., ROCCI S. y GARDETA J.C. (1997). "Carreteras I. Tráfico y trazado". Editorial: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid.
- KRAUS K. (1993). "Photogrammetry". Editorial: Dümmler. Bonn. Alemania.
- KREYSZING E. (1993). "Matemáticas avanzadas para la ingeniería". Editorial: Limusa. México.
- MILNE P.H. (1987). "Computer Graphics for Surveying". Editorial: E. & F.N. SPON.
- MINISTERIO DE FOMENTO. "Trazado. Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC". Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento.
- OSTLE B.(1983). "Estadística aplicada". Editorial: Limusa. México
- PREPARATA F.P. et al. (1985) "Computational Geometry. An introduction". Editorial: Springer-Verlag .
- WOLF PAUL R. (1980). "Adjustment Computations: Practical Least Squares for Surveyors". Editorial: Landmark Enterprises.
- WOLF PAUL R. y GHILANI C.D. (1996). "Adjustments, Computations, Statistics and Least Square in Surveying and GIS". Editorial: John Wiley and Sons. EE.UU. ■



Talón o giro a:  
**MISIONES SALESIANAS**  
 28008 Madrid - Ferraz, 81  
 Tel. 91 543 85 65

Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España:

# Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera y Topográfica de Mieres (Universidad de Oviedo)

Ángel R. Vidal Valdés de Miranda

DOCTOR INGENIERO DE MINAS

DIRECTOR DE LA E.U.I.T. MINERA Y TOPOGRÁFICA DE MIERES

PROFESOR T.E.U. DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

José Antonio Suárez García

INGENIERO TÉCNICO TOPOGRAFO

DELEGADO TERRITORIAL DEL C.O.I.T. EN TOPOGRAFÍA DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS

PROFESOR T.E.U. DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Pelayo González-Pumariega Solís

INGENIERO TÉCNICO TOPOGRAFO Y GEÓGRAFO

PROFESOR T.E.U. DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO



## LA ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA MINERA Y TOPOGRÁFICA DE MIERES

El centro docente que hoy conocemos como E.U.I.T. Minera y Topográfica de Mieres remonta sus orígenes a 1853, año en que se ordena establecer una Escuela teórico-práctica, destinada a la instrucción de capataces o peritos dedicados al laboreo de las minas de carbón de piedra, en la localidad de Mieres del Camino. Tanto el Reglamento como el Programa de Estudios fueron redactados por el

célebre Inspector General Primero de Minas D. Guillermo Schulz Schweizer, autor del primer mapa topográfico de la provincia de Asturias de carácter científico.

Tras numerosas vicisitudes y reformas, fruto de su dilatada historia, en 1972 pasa a depender directamente de la Universidad de Oviedo, adquiriendo la condición de Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera. Cinco años después es trasladada para ocupar un edificio de nueva planta, sito en la calle Reinerio García s/n, en el que aún se encuentra.



**Imagen de archivo del antiguo edificio ocupado por la primigenia *Escuela de Capataces de Mieres* tomada en la fecha de su primer centenario. En la actualidad, y dada su ubicación en pleno centro de la localidad, se encuentra reconvertido en Casa de Cultura municipal.**



**En primer término, edificio del aulario recientemente construido (1998), con el que se ha tratado de paliar la falta de espacio padecida en la vetusta Escuela (al fondo), ocasionada por la ampliación de su tradicional oferta educativa con las titulaciones de *Topografía* (1994) y *Forestales* (2000), que presentan una elevada demanda por parte de los alumnos de la Universidad de Oviedo.**

Será en 1994 cuando la Escuela se convierta en un centro politécnico, al incorporar, junto a los tradicionales estudios en materia de minas, los correspondientes a la titulación de Ingeniería Técnica Topográfica, impulsándose desde la Dirección del centro una paulatina mejora de las instalaciones, que culmina en 1998 con la inauguración de un nuevo edificio anejo destinado a aulario. El proceso de expansión de la Escuela alcanza un nuevo hito en el año 2000, al ampliar de nuevo su oferta educativa con la titulación de Ingeniería Técnica Forestal.

Por otra parte, el Campus de Mieres ha resultado el más beneficiado en los planes de crecimiento desarrollados recientemente por la Universidad de Oviedo, al haber recibido una importante partida económica procedente de los Fondos para la Minería, por considerar los representantes gubernamentales y sindicales que dicho centro puede jugar un papel decisivo en la reactivación de las comarcas mineras en las que se encuentra y en las que viene ejerciendo una notable influencia desde hace



**Imagen del edificio científico-tecnológico destinado a albergar el nuevo Centro Politécnico del Campus de Mieres y de su entorno inmediato, especialmente rico en patrimonio industrial, fruto de la reconversión del antiguo Pozo Barredo, del que se conservan varios elementos, tanto de superficie (castillete, chimenea, sala de compresores y subestación), como de interior (galerías destinadas actualmente al desarrollo de importantes programas de investigación y formación).**

**Impulsado por el rector Julio Rodríguez y culminado por Juan A. Vázquez, desde la Dirección de la Escuela se ha propuesto su denominación como Centro Politécnico Guillermo Schulz, en reconocimiento a la labor realizada por su decidido fundador.**

150 años. Inicialmente, el grueso de dichos fondos se ha destinado a la construcción de un moderno edificio científico-tecnológico cuya ocupación está prevista para este mismo año, iniciándose la docencia en el próximo curso académico 2002/03.

Teniendo asignada una marcada orientación hacia los estudios relacionados con la energía, los recursos naturales y el medio ambiente, en él se impartirán, en el curso académico 2002/03, los complementos de formación que darán acceso al nuevo título de segundo ciclo de Ingeniero Geólogo, cuya docencia comenzará al año siguiente.

Igualmente, en un futuro próximo está previsto que se complete la oferta docente del Campus de Mieres con toda una serie de nuevas titulaciones, tales como Ingeniero Técnico de Obras Públicas (especialidad de Hidrología), Ingeniero Técnico de Minas (especialidad de Recursos Energéticos: combustibles y explosivos), Ingeniero Técnico Agrícola (especialidades de Explotaciones Agropecuarias y de Industrias Agrarias y Alimentarias), Ingeniero Técnico Forestal (especialidad de Industrias Forestales), Ingeniero de Montes, Licenciado en Ciencias Ambientales y la titulación de segundo ciclo de Ingeniero en Geodesia y Cartografía.

A su vez, en el propio campus se ubicarán la *Fundación Asturiana de la Energía* y la *Fundación Barredo*, entidades cuyo fin será la promoción y desarrollo de todo tipo de actividades de investigación, desarrollo tecnológico y formación en el campo de la industria energética o de la industrias extractivas y de las actividades subterráneas, respectivamente, disponiendo para ello de las instalaciones, tanto de exterior como de interior, del *Pozo Barredo*, completándose definitivamente el diseño del campus con la construcción de una residencia de estudiantes, un polideportivo universitario y un Centro de Investigación Agropecuaria en Pola de Lena.

En la actualidad, el equipo de Dirección de la E.U.I.T. Minera y Topográfica de Mieres se encuentra integrado por las siguientes personas:

- Director: D. Ángel R. Vidal Valdés de Miranda
- Subdirector: D. José Luis Ibáñez Lobo
- Secretario: D. Aquilino Osorio Zapico

y los estudios impartidos en el Centro son:

- A) Ingeniero Técnico en Topografía (Plan 1999; B.O.E. 18/XI/99 y 31/II/2000)
- B) Ingeniero Técnico de Minas (Plan 2000; B.O.E. 11/VII/00)
  - Especialidad: Explotación de Minas
  - Especialidad: Instalaciones Electromecánicas Mineras
  - Especialidad: Mineralurgia
  - Especialidad: Sondeos y Prospecciones Mineras.
- C) Ingeniero Técnico Forestal (Plan 2000; B.O.E. 17/XI/00)
  - Especialidad: Explotaciones Forestales.

## PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA TÉCNICA TOPOGRÁFICA

El Plan de Estudios correspondiente a la titulación de Ingeniero Técnico en Topografía actualmente vigente, denominado Plan 99, fue aprobado por Resolución de 18 de Noviembre de 1999, siendo publicado en el Boletín Oficial del Estado de 16 de Diciembre de ese mismo año (el 13 de enero de 2000 se aprobaron las correcciones a los errores aparecidos; B.O.E. de 31 de enero).

Los contenidos de las asignaturas que conforman dicho Plan se encuentran definidos para ser impartidos en cuatrimestres o años, de 15 y 30 semanas lectivas, respectivamente. La carga lectiva total, de 225 créditos, se cubre con asignaturas troncales, obligatorias de universidad y optativas por parte del alumno, quedando establecida la distribución general de los créditos de la siguiente manera:

Ciclo	Curso	M. Troncales	M. Obligatorias	M. Optativas	C.L.C.	T.F.C.	Total
	1º	52,5	12	—	9	—	73,5
I Ciclo	2º	28,5	34,5	—	9	—	72,0
	3º	19,5	40,5	9	4,5	6	79,5
		100,5	87,0	9	22,5	6	225

C.L.C. = Créditos de Libre Configuración / T.F.C. = Trabajo Fin de Carrera

Por cursos, las asignaturas se distribuyen con arreglo al siguiente esquema:

<b>PRIMER CURSO</b>
<i>Primer cuatrimestre</i>
Fundamentos Físicos de la Ingeniería Expresión Gráfica y Tecn. Representación Cartografía I
<i>Segundo cuatrimestre</i>
Fotogrametría I Dibujo Técnico Informática
<i>Anuales</i>
Topografía I Instrumentos Topográficos Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería
<b>SEGUNDO CURSO</b>
<i>Primer cuatrimestre</i>
Complemento de Matemáticas Geofísica Geomorfología

<b>SEGUNDO CURSO</b>
<i>Segundo cuatrimestre</i>
Fotogrametría I Dibujo Técnico Informática
<i>Anuales</i>
Topografía II Cartografía II Fotogrametría II
<b>TERCER CURSO</b>
<i>Primer cuatrimestre</i>
Fotogrametría III Topografía aplicada a la Ingeniería Técnicas Cartográficas Geodesia Catastro, Urbanismo y Ordenac. Territorio Legislación Catastral y Territorial
<i>Segundo cuatrimestre</i>
Economía y Gestión de Empresas Teledetección Sistemas de Información Geográfica Oficina Técnica Topográfica Proyecto Fin de Carrera Construcción e Ingeniería Civil (Opt.) Dibujo Ing./Dibujo Asistido Ordenad. (Opt.) Maquinaria de Obras Públicas (Opt.) Materiales de Construcción (Opt.)

**PROFESORADO**

Las treinta asignaturas que integran el Plan de Estudios (exceptuadas las de libre configuración) son impartidas por un colectivo de profesores pertenecientes a diez Departamentos distintos de la Universidad de Oviedo, cuya distribución es la siguiente:

<b>Departamento</b>	<b>Nº asig- naturas</b>	<b>Nº pro- fesores</b>
Explotación y Prospección de Minas	16	16
Construcción e Ing. de Fabricación	5	7
Matemáticas	2	1
Física	3	3
Geografía	1	1
Informática	1	2
Geología	1	1
Derecho Público	1	1
Administración de Empresas y Contabilidad	1	1
Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica	1	3

Mientras que la distribución de créditos entre las catorce Áreas de Conocimiento que tienen atribuida docencia resulta:

<b>Área</b>	<b>Nº de créditos</b>
Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría (Dpto. Expl. y Prosp. Minas)	115,5
Matemática Aplicada (Dpto. de Matemáticas)	15
Expresión Gráfica en la Ingeniería (Dpto. de Construcción e Ingeniería de Fabricación)	15
Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica (Dpto. de Física)	9
Ingeniería de la Construcción (Dpto. de Construcción e Ingeniería de Fabricación)	9
Ingeniería Mecánica (Dpto. de Construcción e Ingeniería de Fabricación)	9
Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica (Dpto. de C. Mat. e Ing. Met.)	9
Lenguajes Informáticos y Sistemas (Dpto. de Informática)	6
Física Aplicada (Dpto. de Física)	6
Proyectos de Ingeniería (Dpto. de Explotación y Prospección de Minas)	4,5
Geodinámica (Dpto. de Geología)	4,5
Derecho Administrativo (Dpto. de Derecho Administrativo)	4,5
Organización de empresas (Dpto. de Administración de Empresas y Contabilidad)	4,5
Análisis Geográfico Regional (Dpto. de Geografía)	4,5

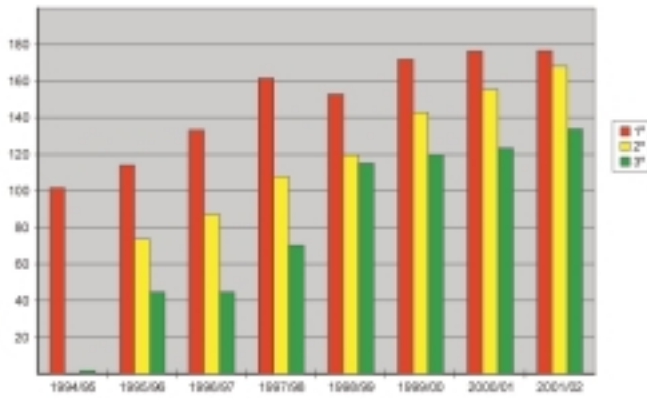
Como claramente se aprecia en la tabla anterior, las materias propiamente específicas de la titulación están asignadas al Departamento de Explotación y Prospección de Minas, vinculándose fundamentalmente al Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, que en febrero de 2002 se encontraba integrada por:

- 1 Catedrático de Universidad
- 2 Profesores Titulares de Universidad
- 2 Profesores Titulares de Escuela Universitaria
- 10 Profesores Asociados (5 de ellos a tiempo completo).

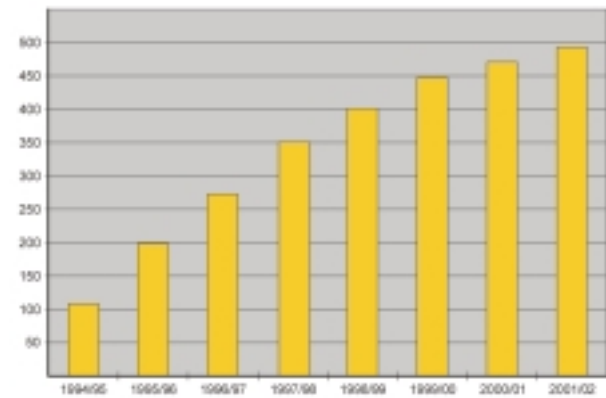
Por titulaciones, el Área dispone de:

- 8 Ingenieros de Minas (todos ellos doctores)
- 1 Licenciada en Física (doctora)
- 1 Licenciada en Geología (doctora)
- 1 Licenciado en Geología e Ingeniero Técnico de Minas
- 1 Ingeniero Técnico en Topografía y Licenciado en Geografía
- 3 Ingenieros Técnicos en Topografía.

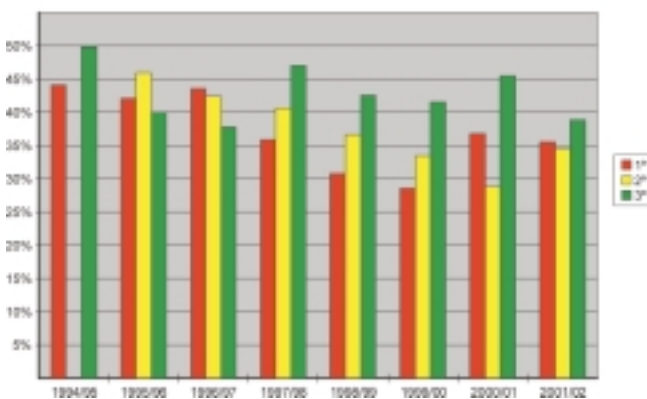
**Gráfico 1. Evolución del número de alumnos por cursos**



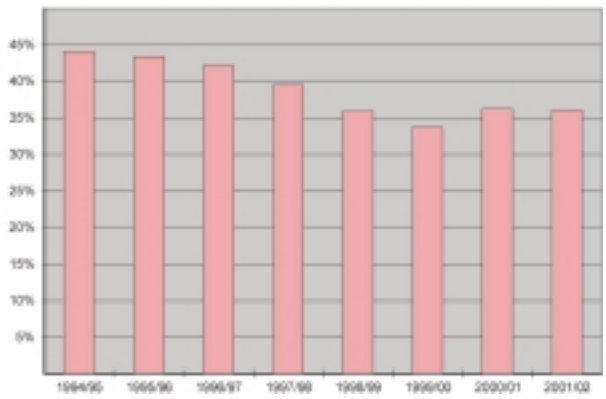
**Gráfico 2. Evolución del número total de alumnos**



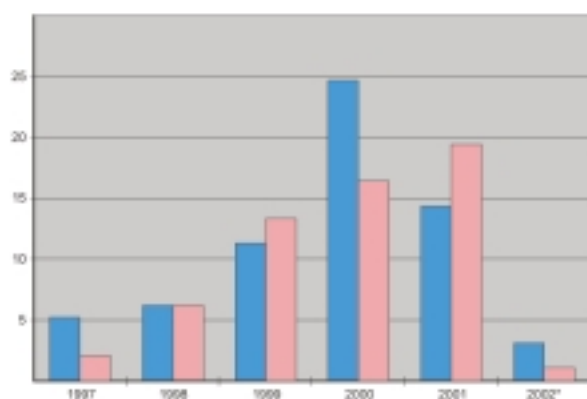
**Gráfico 3. Evolución del índice de femineidad por cursos**



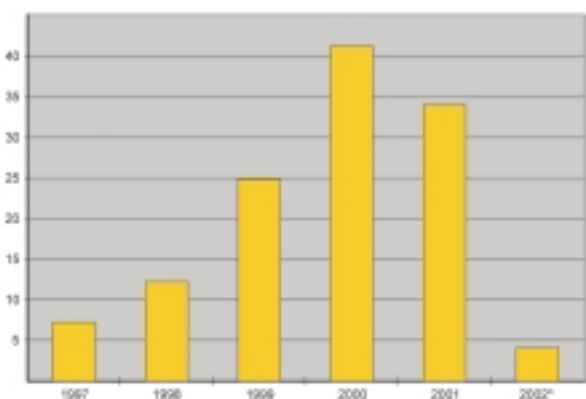
**Gráfico 4. Evolución del índice global de femineidad**



**Gráfico 5. Evolución del número de titulados por sexos**



**Gráfico 6. Evolución del número total de titulados**



\* Datos correspondientes a los meses de enero y febrero de 2002

## ALUMNADO

La E.U.I.T. Minera y Topográfica de Mieres es uno de los centros de la Universidad de Oviedo que, en función de su capacidad y con el fin de

garantizar la calidad de la enseñanza, ha establecido un límite para la admisión de alumnos. En concreto, los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica tienen restringida su oferta a **100 plazas** de nuevo ingreso, lo que determina la obligatoriedad de realizar el trámite de preinscripción

y la consideración de criterios de admisión. En este sentido, las notas de corte establecidas para en el curso académico 2001/02 han sido.

DISTRITO ORDINARIO						DISTRITO ABIERTO		
Selectividad		F.P.		Titulados	Extranjeros	Select.	F.P.	Titulados
Jun.	Sept.	Jun.	Sept.	Jun.	Jun.			
5,00*	5,30	5,00	5,00	1,08	5,00	5,00*	5,00	1,08

\* Opción no preferente

Por otra parte, la progresiva evolución del número de alumnos matriculados en Ingeniería Técnica Topográfica en la Escuela de Mieres se refleja en los gráficos 1 y 2.

Atendiendo a dichos datos, el alumnado de esta Escuela correspondiente a la titulación de Ingeniería Técnica Topográfica representa un 6,5% del total de estudiantes de enseñanzas técnicas de la Universidad de Oviedo y un 1,0% del global de la misma.

Y si bien tradicionalmente en nuestra profesión ha predominado el sexo masculino, en la Escuela de Mieres contamos, como se muestra en los gráficos adjuntos, con una notable proporción de alumnas, cuyo porcentaje global, siempre superior al 33%, supone el más alto índice de alumnos del sexo femenino de todas las titulaciones técnicas impartidas en la Universidad de Oviedo (gráficos 3 y 4).

Es éste un factor sociológico sumamente importante y digno de ser tenido en cuenta, pues si bien el mercado laboral ha ido asumiendo poco a poco la incorporación de la mujer al campo de la Topografía (en los últimos tiempos se ha llegado incluso a intentar favorecer esta tendencia con medidas de discriminación positiva, tales como subvenciones a empresas contratantes) queda aún mucho por hacer. En este sentido, basta con echar un vistazo a nuestra propia organización colegial para comprobar que, aunque en este caso ambos sexos cuentan con igualdad de oportunidades, las mujeres tienen una presencia anecdótica en los órganos de gobierno, sin que ninguna haya llegado aún a ocupar la presidencia de una delegación territorial o un puesto en la Junta de Gobierno.

En lo que se refiere a los alumnos egresados, hasta febrero de 2002 han obtenido el título en la E.U.I.T. Minera y Topográfica de Mieres un total de 121 Ingenieros Técnicos en Topografía, a un ritmo progresivamente creciente, tal y como se aprecia en los gráficos 5 y 6.

La gran mayoría de ellos (80%) están colegiado en la Delegación Territorial del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía en el Principado de Asturias y casi en su totalidad (91,7%) se encuentran tra-

bajando, ocupando un puesto laboral acorde con su titulación. Los datos detallados correspondientes a estos últimos parámetros quedan recogidos en la tabla adjunta:

	Nº Titulados		Nº Colegiados			
			Altas		Bajas	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1997	5	2	2	1	0	0
1998	6	6	6	4	0	0
1999	11	13	10	8	0	0
2000	24	16	20	16	0	0
2001	14	19	12	12	1	3
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>56</b>	<b>50</b>	<b>41</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

Como síntesis de la evolución del alumnado en la Escuela de Topografía de más reciente creación en España, se aportan los datos correspondientes a cada una de las ocho promociones de estudiantes que desde 1994 han cursado o cursan la carrera en ella, indicando el número de miembros que las componen, titulados (señalando los años invertidos para lograr el título), abandonos y permanencias (ver tabla página siguiente).

Por último, conforme a los Estatutos de la Universidad de Oviedo actualmente vigentes y hasta que se produzca su adaptación a la nueva L.O.U., los alumnos cuentan con una serie de representantes oficiales en los distintos órganos de gobierno universitarios (Junta de Escuela, Consejo de Departamento y Claustro Universitario) a los que pueden y deben acudir para aportar su particular punto de vista sobre los asuntos que en ellos se traten y plantear las reivindicaciones que consideren oportunas.

Aparte de ello, también ejercen como delegados de los alumnos ante los profesores para la resolución de los pequeños problemas cotidianos que puedan ir surgiendo durante el curso, mantienen informados a sus compañeros mediante la colocación de carteles en los tablones de anuncios y a través del correo electrónico (disponen de una lista de distribución para aquellos alumnos que lo soliciten y de otra abierta, destinada a debatir temas de interés) y participan activamente en la organización de diversos actos, tales como las célebres fiestas patronales de San Isidoro, salidas formativas (asistencia a congresos, como el TOPCART), viajes de estudio, confección de orlas, etc.

También es reseñable su aportación a las Sectoriales de Ingeniería Técnica Topográfica (reuniones anuales en las que los representantes de alumnos de las nueve escuelas de España tratan asuntos que afectan al colectivo de estudiantes de esta Ingeniería), pues no sólo forman par-

Promoción	Miembros	Titulados					Abandonos	Permanencias
		Duración de los estudios (en años)						
		3	4	5	6	7		
1ª (1994/95)	104	10	10	16	10	3	31	24
2ª (1995/96)	103	3	11	13	8		33	35
3ª (1996/97)	100	1	12	11			26	50
4ª (1997/98)	110	2	10				29	69
5ª (1998/99)	102	1					21	80
6ª (1999/00)	114						17	97
7ª (2000/01)	99						0	99
8ª (2001/02)	108							

te en la actualidad de la Comisión Permanente, sino que además están preparando su candidatura para celebrar en Mieres el próximo año la XIII Sectorial de Ingenierías Técnicas en Topografía, coincidiendo con el estreno del nuevo edificio científico-tecnológico.

### INSTALACIONES Y DOTACIÓN

Como se ha comentado anteriormente, en este mismo año se realizará el traslado de la Escuela a su nueva ubicación, en el edificio científico-tecnológico del *Pozo Barredo*, en el que el Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, matriz principal de la Ingeniería Técnica Topográfica, esta previsto que disponga de las siguientes instalaciones:

Laboratorio	Superficie aproximada
Laboratorio de Fotogrametría (Sala de Restituidores)	120 m <sup>2</sup>
Laboratorio de Fotogrametría (Sala de Estereóscopos)	70 m <sup>2</sup>
Laboratorio de Topografía	120 m <sup>2</sup>
Laboratorio de Topografía Minera y Forestal	120 m <sup>2</sup>
Laboratorio de Cartografía	120 m <sup>2</sup>
Laboratorio de Fotografía	60 m <sup>2</sup>
Laboratorio de Topografía (Almacén de aparatos)	120 m <sup>2</sup>
Laboratorio de Geodesia	120 m <sup>2</sup>
Laboratorio de Teledetección y GIS	120 m <sup>2</sup>
Dos o tres Gabinetes de Investigación	
Sala Polivalente	
Dieciocho despachos individuales	

Por otra parte, y con el fin de cubrir sus fines educativos, la E.U.I.T. Minera y Topográfica de Mieres cuenta con el siguiente material:

INSTRUMENTACIÓN		
Teodolitos	Wild T-1	3
	Wild T-16	3
	Wild T-2	3
Brújulas Topográficas	Kern	1
Estaciones totales	Leica TC-500	3
	Leica TC-600	2
	Leica TC-800	2
	Leica TC-1010	1
	Topcon CTS-2	2
	Topcon DT-20	1
	Pentax PTS-II	1
Distanciómetros	Topcon DM-C3	1
Niveles	Wild NAK-0	1
	Wild NA-28	1
	Wild NK-2	1
	Leica NA-824	1
	Leica NA2	3
	Leica NA-3003	1
	Sokkisha C-3E	1
Equipos G.P.S.	Receptores monofrecuencia SR-9400	4
Restituidores	Wild B-8	2
	Wild A-9	1
	Leica DVP	1
Estereóscopos	Sokkisha (barra de paralaje)	15

PROGRAMAS INFORMÁTICOS	
Cálculos topográficos	Topcal
	Geored
	GPSred
	GeoGPS
	Ski (Leica)
Cálculos topográficos / Diseño de obra lineal	Cartomap
	Inroads
	Siteworks
Diseño asistido y Diseño gráfico	Microstation 95
	Autocad 14
	Corel 9
Sistemas de Información Geográfica	Idrisi
	AcadMap 2.0
	Geomedia
	MGE-PC

Además de ello, el Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría dispone de medios adicionales, obtenidos por medio de y para la realización de determinados proyectos de investigación, que con frecuencia se utilizan en la ejecución de los trabajos de fin de carrera de los alumnos de la Escuela. ■

# Novedades Técnicas

## SISTEMA DE CONTROL DE NIVELACIÓN 3D TOTALMENTE AUTOMÁTICO CON GPS DE TOPCON

Topcon ha combinado el sistema más conocido del mundo de control de maquinaria con la tecnología GPS más avanzada para crear el primer sistema totalmente automático para controlar maquinaria de nivelación (motoniveladoras y dozer) en 3D mediante satélites. El sistema se ha diseñado para aumentar significativamente la productividad, eliminando prácticamente la necesidad del estaquillado continuo, tan habitual en la ejecución y control de este tipo de nivelación con estas máquinas.

Mediante la combinación del seguimiento de señal GPS con los datos en formato digital del plano de la zona a ejecutar, el sistema Topcon 3D-GPS permite al conductor de la máquina nivelar o ejecutar cualquier superficie proyectada con una precisión de unos pocos centímetros. El programa tiene la capacidad de contener uno o varios ejes e incluye una función de modelo digital del terreno (MDT) que permite visualizar el proyecto a ejecutar en la misma cabina. La pantalla, instalada en la cabina, muestra la situación de la máquina en tiempo real en la zona de trabajo y sobre el modelo del terreno a nivelar, dando al conductor la información de la altura o cota de proyecto, el peralte a ejecutar, la inclinación actual de la cuchilla y la diferencia de altura o cota para alcanzar la proyectada, operando la máquina de modo tanto manual como automático.

El sistema Topcon 3D-GPS permite también al conductor que lo calibre rápidamente y que se sitúe en el lugar de trabajo sin necesidad de disponer de hardware adicional (estación total, etc.). Si se añaden unos pocos elementos accesorios se consigue que muchos de los componentes del sistema se puedan aprovechar para disponer de un sistema GPS in-



dependiente, para realizar levantamientos o replanteos topográficos en múltiples aplicaciones.

El sistema tiene como base una serie de sensores que forman el llamado *System Five* de Topcon y que consiguen un posicionamiento automático de la cuchilla que proporciona un acabado suave y preciso gracias al control hidráulico completamente proporcional y a los avanzados sensores de corrección del peralte transversal. Además el sistema es totalmente compatible con los equipos de control de nivelación de maquinaria 3D de alta precisión controlados con Estación Total (llamados LPS) o con los tradicionales sistemas, añadiendo un receptor láser o sensores de ultrasonidos.

Para mayor información, contactar con Topcon en cualquiera de sus oficinas, o consultar en [www.topcon.com](http://www.topcon.com)

## LEICA GEOSYSTEMS INTRODUCE UN NUEVO SOFTWARE PARA SIG

Leica Geosystems ha lanzado al mercado la versión 2.0 de su conocido software GIS DataPRO, el cual facilita las labores de toma, cálculo e intercambio de datos GPS de campo para SIG.

El GIS DataPRO es un software especialmente diseñado para soportar los equipos de toma de datos Leica GS50 GIS/GPS. Permite el flujo de datos de posición y atributos entre el campo y el gabinete. Utiliza como formato el estándar ESRI Shapefile, que permite la lectura directa de los datos de campo por software.

Entra las nuevas características de esta versión 2.0 están la gestión mejorada de puntos y líneas, incluidos la edición y el postprocesado, la importación ilimitada de elementos de un proyecto, la interpolación de datos en formato RINEX sobre datos importados en otro formato estándar, la visualización de las propiedades de cada nodo y mediciones de superficies, así como la posibilidad de deshacer con un solo paso operaciones previamente realizadas. La versión 2.0 facilita también la exporta-

ción de datos en tres dimensiones a formato CAD o ASCII, mejorando la gestión del sistema de coordenadas, la búsqueda automática de ficheros de referencia y la descarga de los datos en ellos contenidos.

El conjunto formado por la estación Leica GS50 junto con el software GIS DataPRO es una herramienta potente y flexible para la toma, cálculo y utilización de datos SIG/GPS en campo. El sistema está configurado para soportar una amplia gama de precisiones, que abarca desde la requerida para levantamientos de calidad, del orden del centímetro, hasta la necesaria para aplicaciones SIG, que es de orden submétrico. Las funciones del sistema ClearTrak y MaxTrak están pensadas para proporcionar datos fiables en zonas donde la señal de los satélites es atenuada por la densidad de la vegetación u otro tipo de obstáculos.

Para obtener más información, visitar la página web  
[www.leicageosystem.com](http://www.leicageosystem.com)

## *Nota de Prensa*

### **Anulación de AutoTCP Profesional**

La empresa TCP Informática y Topografía (TCP-IT) anuncia la cancelación del lanzamiento al mercado de su nuevo producto AutoTCP Profesional, anunciado en el anterior número de esta revista.

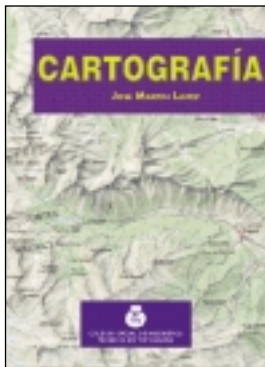
Las razones esgrimidas son el repentino cambio en la estrategia comercial de Autodesk con respecto a los desarrolladores, así como la introducción de nuevas e inaceptables condiciones que perjudicarían gravemente a su línea de productos y a sus usuarios registrados.

TCP-IT centrará sus esfuerzos en la comercialización de la Versión 4 de TCP – Modelo Digital del Terreno, que ofrece espectaculares mejoras en sus prestaciones, comparables en muchos casos a paquetes de ingeniería civil de gama alta.

La empresa pide sus más sinceras disculpas por las molestias que haya podido ocasionar, ofreciéndose a dar explicaciones detalladas a los clientes que lo soliciten.

Málaga, 20 de Mayo de 2002

# Libros Técnicos



Título: **Cartografía**  
Autor: José Martín López

33,10 € Ref. 701  
(24,10 € colegiados y alumnos E.U.I.T.T.)



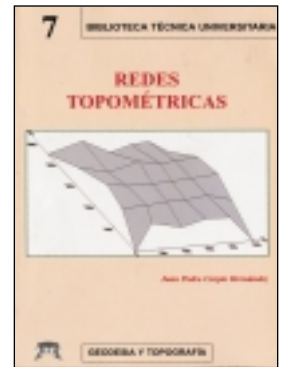
Título: **Las series del mapa topográfico de España a Escala 1:50.000**  
Autores: Luis Urteaga y Francesc Nadal

21,03 € Ref.: 038



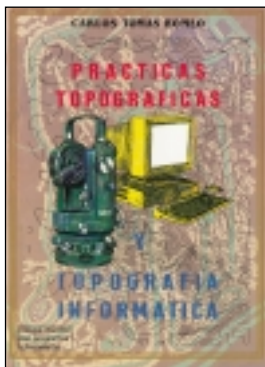
Título: **Cartógrafos Españoles**  
Autor: José Martín López

27,10 € Ref.: 021



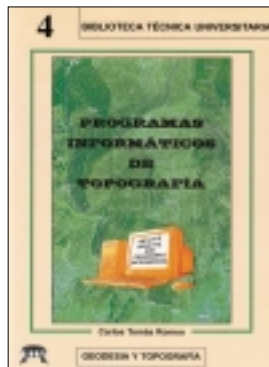
Título: **Redes Topométricas**  
Autor: Juan Pedro Carpio Hernández

22,83 € Ref. 6008



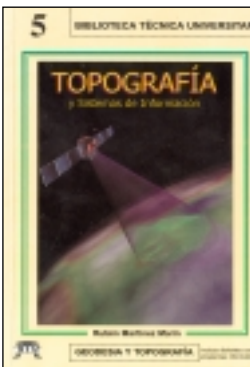
Título: **Prácticas Topográficas y Topografía Informática**  
Autor: Carlos Tomás Romeo

33,10 € Ref.: 6004



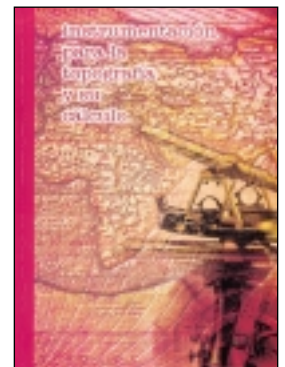
Título: **Programas Informáticos de Topografía**  
Autor: Carlos Tomás Romeo

21,10 € Ref. 6005



Título: **Topografía y Sistemas de Información**  
Autor: Rubén Martínez Marín

18,10 € Ref.: 6006



Título: **Instrumentación para la Topografía y su cálculo.** Autor: Ignacio de Paz

26,75 € (+CD por 33,70 €)  
Ref. 7001



Título: **Problemas de Fotogrametría I**  
Autor: José Lerma García

9,70 € Ref.: 5001



Título: **Problemas de Fotogrametría II**  
Autor: José Lerma García

11,10 € Ref. 5003



Título: **Problemas de Fotogrametría III**  
Autor: José Lerma García

8,50 € Ref.: 5002



Título: **Aerotriangulación: Cálculo y Compensación de un bloque fotogramétrico**  
Autor: José Lerma García

23 € Ref.: 5004



Título: **Geodesia (Geométrica, Física y por Satélites)**  
Autores: R. Cid Palacios y S. Ferrer Mtnuez.

24,10 € Ref.: 030



Título: **Geodesia y Cartografía Matemática**  
Autor: Fernando Martín Asín

32 € Ref. 205



Título: **Transformaciones de coordenadas**  
Autores: J. A. Pérez y J. A. Ballell

18 € Ref.: 6007



Título: **Catastro de Rústica**  
Autores: José Luis Berné Valero y Carmen Femenia Ribera

25,25 € Ref. 5005



Título: **Topografía subterránea**  
 Autor: **Ana Tapia Gómez**

**12,10 € Ref. 801**



Título: **Topografía de obras**  
 Autor: **Ignacio de Corral Manuel de Villena**

**24,10 € Ref. 802**



Título: **Fundamentos Teóricos de los Métodos Topográficos**  
 Autor: **Alonso Sánchez Ríos**

**15,70 € Ref. 6002**



Título: **Problemas de Métodos Topográficos (Planteados y Resueltos)**  
 Autor: **Alonso Sánchez Ríos**

**15,70 € Ref. 6003**



Título: **Introducción a las Ciencias que estudian la Geometría de la Superficie Terrestre**  
 Autores: **JJ. de San José, J. García y M. López**

**30,10 € Ref. 6001**



Título: **Tratado de Topografía 1**  
 Autores: **M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné**

**42,10 € (36,10 € coleg.) Ref. 2001**



Título: **Tratado de Topografía 2**  
 Autores: **M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné**

**51,10 € (42,10 € coleg.) Ref. 2002**



Título: **Tratado de Topografía 3**  
 Autores: **M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné**

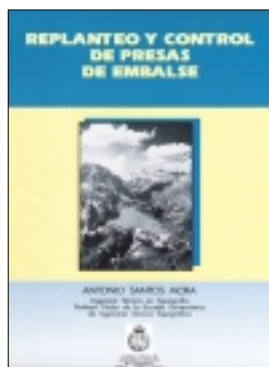
**36,10 € (30,10 € coleg.) Ref. 2003**

**Los tres volúmenes: 129,22 € (90,15 € colegiados)**



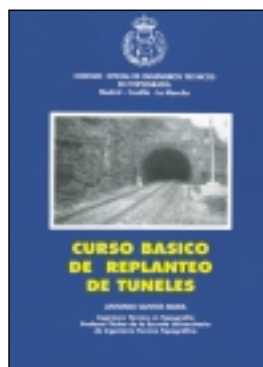
Título: **Topografía y Replanteo de Obras de Ingeniería**  
 Autor: **Antonio Santos Mora**

**33,10 € Ref. 301**



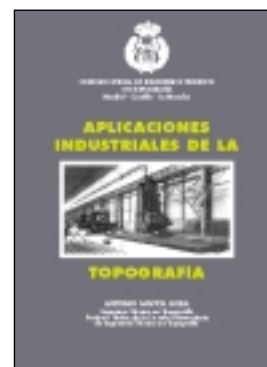
Título: **Replanteo y control de presas de embalse**  
 Autor: **Antonio Santos Mora**

**12,10 € Ref. 302**



Título: **Curso básico de replanteo de túneles**  
 Autor: **Antonio Santos Mora**

**9,10 € Ref. 303**



Título: **Aplicaciones Industriales de la Topografía**  
 Autor: **Antonio Santos Mora**

**19,25 € Ref. 305**

**Boletín de Pedido a la Revista TOPOGRAFIA y ARTOGRAFIA**

Avda. de la Reina Victoria, 66, 2.º C - 28003 Madrid  
 Teléfono: 91 533 89 65 - Fax: 91 533 46 32

N.º Ref.	Cantidad	Título	Precio unitario	Total

Gastos de envío (3 € Europa, para otros países consultar)

Nombre .....  
 Dirección ..... Tel. ....  
 Ciudad ..... Provincia ..... C.P. ....

Forma de pago:  talón nominativo  giro  transferencia  
 Remitir justificante de giro o transferencia.

**NOTA: Estos precios son con IVA incluido.**

# Bibliografía

## **Investigaciones sobre Temas de Geodesia Superior y Método de los Mínimos Cuadrados**

Carl Friedrich Gauss

Edición de J. Ibargüen Soler, M. Ruiz Bustos y M. Ruiz

Morales

IGN

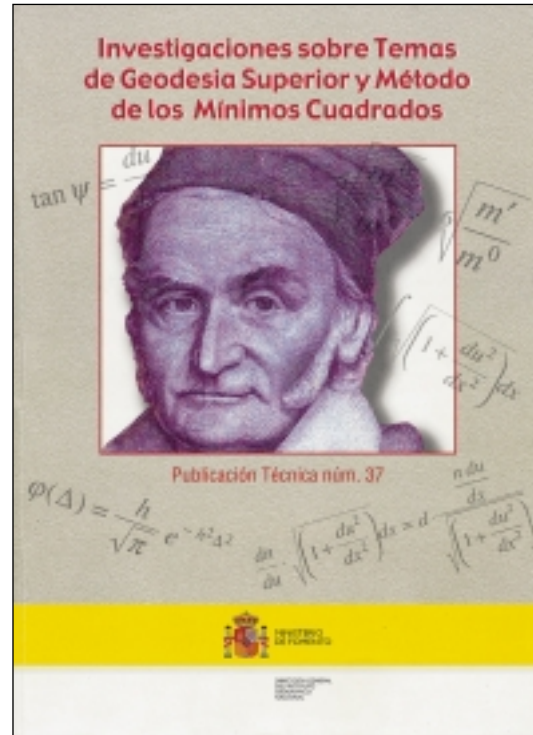
Madrid, 2002

238 págs. 18,00 € (IVA incluido)

Tanto la Geodesia como la Cartografía son partes esenciales de las Matemáticas y como tales ocuparon un lugar muy destacado dentro de la vasta producción científica de Carl Friedrich Gauss, el "Príncipe de las Matemáticas". Sin embargo, sus aportaciones a esas dos áreas de conocimiento han sido muy poco divulgadas, debido a la poca predisposición que mostraba el matemático alemán a dar a conocer sus trabajos y a las muy contadas ocasiones en que se ha reproducido su obra, escrita originalmente en latín o alemán, siendo más que probable que no se haya editado nunca en español ninguno de sus trabajos y cierto en el caso de las áreas ya citadas.

La publicación que nos ocupa está estructurada en dos capítulos, tratándose en ambos temas procedentes de las conocidas "Memorias de Göttingen", que el genial matemático presentó a la academia de dicha ciudad. El primero de ellos es una traducción del original "*Untersuchungen über Gegenstände der höhern Geodaesie*" (*Investigaciones sobre Temas de Geodesia Superior*) realizada por José Ibargüen Soler, que comprende las *Memorias* presentadas por Gauss entre 1844 y 1847. En él se aborda el clásico problema de la representación del elipsoide sobre la esfera así como el conocido problema geodésico directo e inverso, exponiendo de forma rigurosa la base teórica así como su proyección práctica a través de ejemplo referidos a varios triángulos geodésicos, ya que, no en vano, las *Memorias*, según indica Gauss en su introducción, fueron fruto de sus investigaciones relacionadas con la Red Geodésica de Hannover. El tiempo transcurrido desde su primera aparición se nota no sólo por la notación utilizada, tan peculiar y típica de Gauss, sino por la terminología empleada, denominando logaritmos hiperbólicos y de Briggs a los neperianos y decimales respectivamente. Sin embargo, su estudio sobre el elipsoide de revolución y concretamente su representación conforme sobre la esfera sigue siendo actual.

El segundo capítulo contiene la traducción al español de las *Memorias* que presentó Gauss en Göttingen entre 1821 y 1826 y que posteriormente publicó en francés J. Bertrand en 1855 con el título "*Método de*



los *Mínimos Cuadrados*", poco después del fallecimiento del genial matemático alemán. Dicha traducción del francés ha sido realizada por Mónica Ruiz Bustos y parte de ella fue publicada en TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA (Vol. XVII nº 98, mayo-junio 2000). Las memorias incluidas son las tituladas "*Método de los Mínimos Cuadrados*", que fue presentada el 15 de febrero de 1821, y "*Suplemento a la Teoría de la Combinación de Observaciones que expone los Errores Mínimos*", presentada el 16 de septiembre de 1826.

En el primer capítulo, y a modo de preámbulo, se incluyen unos comentarios de Mario Ruiz Morales sobre la importancia de las *Memorias* de Gauss y una breve reseña histórica de su vida científica y de sus otras obras, que igualmente contribuyeron de manera decisiva a la ampliación del conocimiento científico.

Es indudable que el interés fundamental de este libro es de índole histórica, pero sin embargo su publicación cumple dos objetivos importantes; traducir al español una parte importante de la producción científica de uno de los genios matemáticos de la historia de la ciencia, la cual hasta ahora sólo era accesible en otros idiomas, y contribuir a mitigar el desinterés generalizado que existe sobre la historia del conocimiento científico y su desarrollo.

# Vida Profesional

## JORNADA TÉCNICA GPS EN LA DELEGACIÓN PROVINCIAL EN JAÉN DEL COITT



**Asistentes a la Jornada Técnica GPS escuchando la exposición teórica**



**Sesión práctica de la Jornada Técnica GPS**

El pasado 12 de enero se celebró en Jaén, en las dependencias del Antiguo Hospital de San Juan de Dios, una Jornada Técnica sobre GPS, organizada por la Delegación Provincial en Jaén del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía e impartida por personal de la Delegación en Sevilla de TOPCON España.

Dicha Jornada Técnica, a la que asistieron numerosos Ingenieros Técnicos en Topografía de la Delegación de Jaén, se dividió en dos partes: una primera en la que se expuso de forma teórica el funcionamiento del sistema GPS y se mostraron las últimas novedades en este campo de la firma patrocinadora, y una segunda, en la que los participantes tuvieron la oportunidad de resolver casos prácticos con el instrumental puesto a su disposición por TOPCON España.

Además de su colaboración en esta Jornada Técnica GPS, la Delegación Provincial en Jaén del COITT y TOPCON España suscribieron un acuerdo de colaboración, gracias al cual los I.T. en Topografía colegiados pueden verse beneficiados de importantes descuentos tanto en la compra como en el alquiler de aparatos de esta firma comercial.

## IX JORNADA TÉCNICA SAN ISIDORO

Como ya es tradicional, el pasado 4 de mayo tuvo lugar en Santiago de Compostela, con motivo de la celebración de San Isidoro, patrón de los Ingenieros Técnicos en Topografía, la Jornada Técnica San Isidoro, que organiza la Delegación Territorial en Galicia del COITT, y que este año llegaba a su novena edición.

Los actos comenzaron con un desayuno de recepción que se sirvió en la cafetería del Centro Galego de Arte Contemporáneo de Santiago de Compostela, pasando a continuación los asistentes al salón de actos de dicho museo, donde tuvo lugar el ciclo de conferencias, que se inició con la titulada "Métodos de Auscultación de Presas", que impartió la I.T. en Topografía Dña. Laura Rodríguez Cid, la cual estaba basada en su Proyecto Fin de Carrera que, con el mismo título, obtuvo el Premio Extraordinario Fin de Carrera de la E.U. de I.T. Topográfica de Mérida. A continuación, Dña. Elena Navarro Díez, I.T. en Topografía del SITGA-SDC (Sistema de Información Territorial de Galicia-Servicio de Documentación Cartográfica), impartió la conferencia titulada "Fotogrametría Aérea Digital: Proceso de elaboración de ortofotomapas", en la que explicó el proceso seguido por el citado organismo de la Xunta de Galicia para la elaboración de productos cartográficos derivados de las fotografías aéreas. Por último, D. Carlos Barrueso Gómez, Contador-Bibliotecario de la Junta de Gobierno del COITT y Director de TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFIA, habló a los presentes sobre la historia del patronazgo de San Isidoro en la profesión de I.T. en



**D. Ángel Olmos haciendo entrega de la insignia del COITT a una nueva colegiada en presencia de D. Luis Mendoza, Delegado en Galicia del COITT**

Topografía en su conferencia titulada "San Isidoro: Historia de un Patronazgo".

A continuación, D. Ángel L. Olmos Sánchez, Tesorero General de la Junta de Gobierno del COITT, procedió a la entrega de insignias a los nuevos colegiados de la Delegación Territorial de Galicia, finalizando con unas palabras en las que felicitó a la Junta de Gobierno de dicha Delegación y a los colegiados de la misma por la buena organización de esta Jornada Técnica y por el alto número de asistentes, agradeciendo, en su nombre y en el del Contador-Bibliotecario, la invitación a la misma.

Acto seguido, los asistentes a estos actos procedieron a realizar una visita a las exposiciones que en ese momento albergaba el Centro



**Dña. Elena Navarro Díez dictando su conferencia**



**D. Manuel Gallego, Secretario de la Delegación en Galicia del COITT, haciendo entrega de un presente a Dña. Laura Rodríguez Cid**



**Asistentes a la IX Jornada Técnica San Isidoro participando en una cata de vinos**

Galego de Arte Moderno, dirigiéndose a continuación al restaurante Don Quijote de Santiago de Compostela, donde, tras una charla enológica y una cata de vinos, pudieron degustar unos muy buenos ejemplos de la gastronomía gallega en una comida de confraternidad, en la que, a los postres, se entregó un presente a cada uno de los conferenciantes y se brindó por el futuro de la profesión topográfica.

Felicitemos desde estas páginas a los responsables de la Delegación en Galicia del COITT, y en especial a su Delegado, D. Luis Mendoza Barros, y a su Secretario, D. Manuel Gallego, por la buena organización de estos actos que, debido a su permanencia en el tiempo, ya se han convertido en una tradición colegial.

## CICLO INTERNACIONAL DE CONFERENCIAS

El día 17 de junio se celebró, en la Escuela Universitaria de Ingeniería Topográfica de Madrid, la segunda conferencia del Ciclo Internacional de Conferencias, que organiza el Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía de la UPM.

La conferencia, titulada "*Proyecto Galileo: Contribución Europea a los Sistemas Globales de Posicionamiento por Satélite*" fue impartida por D. Francisco Amarillo, I.T. en Topografía e I. de Telecomunicaciones, quien actualmente trabaja para la Agencia Europea del Espacio en el Proyecto Galileo como Ingeniero de Posicionamiento por Satélite e Ingeniero de Sistemas.

El contenido de dicha conferencia puede ser consultada en la página Web: [http://redgeomatica.rediris.es/geociclo/htmls/Listado\\_conferencias.html](http://redgeomatica.rediris.es/geociclo/htmls/Listado_conferencias.html)

## ASAMBLEA GENERAL DEL CLGE

Durante los días 12 y 13 de abril se ha celebrado en Lausanne (Suiza) la Reunión de Primavera del Comité de la Unión de Topógrafos Europeos (CLGE), organizada por la Asociación Suiza de Topógrafos y presidida por el nuevo Presidente del CLGE, Klaus Rürup.

Tras la apertura de la reunión por parte del Presidente, se procedió a la presentación de la representación de la Asociación de Topógrafos de Malasia, quienes habían solicitado estar presentes en la misma, ya que en el sureste asiático parece que se están dando los primeros pasos para establecer una organización similar al CLGE.

Posteriormente, el Presidente, Sr. Rürup procedió a informar sobre las actividades desarrolladas desde su toma de posesión, que se produjo en la reunión de Málaga, y que pueden resumirse en:

- Visita a Malta para reunirse con Randolph Camillero, Presidente de la Asociación Maltesa, cuya incorporación al CLGE había solicitado.
- Reunión con los componentes del anterior equipo directivo para la transferencia de responsabilidades.
- Reunión con el *Standing Committee* en enero en Bruselas.
- Reunión en París con los representantes de GE (Geometres Europeens).
- Reunión, en Londres con el Presidente de la RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors), con quien existe una difícil situación debida a la política expansionista y de intromisión de esta Asociación en toda Europa, lesionando fuertemente a las Asociaciones Nacionales de Profesionales de la Topografía. Los puntos tratados fueron: El problema educativo existente en Europa; las relaciones con la RICS, tan difíciles en estos momentos; preparación de una reunión de la directiva de la RICS y del *Standing Committee* en los próximos meses para tratar de resolver los problemas existentes.
- Reunión con el *Standing Committee* saliente, el día 11 de abril, con quienes se preparó la reunión de esta Asamblea General.

El informe del Presidente concluyó con unas palabras de agradecimiento al delegado de Bélgica, Sr. Jean Jacques Derwael, por el trabajo realizado desde hace años en representación de la profesión.

Los informes del Vicepresidente, Secretaria General y Tesorero versaron sobre las actividades realizadas por ellos, y pueden resumirse en los siguientes puntos:

- No habrá cambios en las cuotas.
- Habrá nueva normativa para el abono de los costos de viaje.
- Se hará un homenaje a quienes abandonen su puesto de representación en el CLGE.
- Se está terminando de preparar la nueva página web del CLGE.

- Debido al beneficio obtenido en el 2001 (7628,68 euros) el capital actual del Comité asciende a 36395,20 euros. El informe del Tesorero fue precedido por la lectura del acta aprobatoria de las cuentas, realizada por los auditores nombrados para este fin.
- El tesorero, Sr. Horisberger, cesó en sus funciones, siendo nombrado para el cargo su compatriota, el suizo René Sonney.

A continuación se procedió a elegir el nuevo *Standing Committee*, que estará formado por: Martin Culson (UK), Seija Vanhanen (Finlandia), Bernard Bour (Francia), Rudolf Kolbe (Austria) y Pedro J. Caverio (España). Se decidió, así mismo, estudiar el papel del SC y su futuro en la reunión de otoño.

Respecto a las relaciones con otras instituciones profesionales europeas, se decidió permanecer fuera de la Asociación Europea de la Construcción (FECPC). En este punto se produjo, quizás, la información más interesante de toda la reunión, información proporcionada por el francés Bernard Bour, actual Presidente del CEPLIS. De acuerdo con sus palabras:

- Se va a establecer una NUEVA DIRECTIVA de la UE para reconocimiento mutuo, que será votada en el mes de septiembre.
- Va a existir, de ahora en adelante, una sola directiva y no varias como actualmente.
- Se tratará de equiparar titulaciones en distintas profesiones.
- Habrá distintos apéndices a la ley.
- El texto de la ley es ya inaccesible.
- No hay posibilidad de tener nuestro propio apéndice; por ello iremos junto con FEANI. El plan de FEANI es el de establecer una estructura de Bac+5+2 años de práctica. Habrá un apéndice para "Ingenieros Europeos y Topógrafos"; al acuerdo con FEANI ha de llegarse antes de septiembre.
- La habilitación se producirá en el país de origen y no en el de acogida, como hasta ahora.
- No habrá más directivas específicas.
- Nuestra única posibilidad es trabajar en el apéndice.
- Sería recomendable tener en cuenta el informe del Comité y de la FIG presentado en Delft.
- El próximo futuro parece ser el mercado abierto.
- Debemos tratar de acceder y trabajar en el apéndice correspondiente a nivel de Asociaciones Nacionales.

La Secretaria, Sra. Schennack, informó de la reunión celebrada en Innsbruck con los Secretarios Generales de las Asociaciones Profesionales Europeas con objeto de establecer una plataforma de discusión. No se va a establecer, por el momento, una cooperación formal con ellas, ya que las situaciones y previsiones de futuro son muy diferentes.

Se informó, a continuación, del estado de los trabajos en los distintos grupos. Respecto al Grupo de Trabajo nº 1, dedicado a Educación, se produjo una situación muy enojosa, debido a la incomprensible actitud del Presidente con el Sr. Enemark, a quien trató de amonestar por no tener nada de que informar, ya que el Grupo había terminado su trabajo con la publicación del informe de Delft; se produjo una unánime reacción contra el Presidente y en apoyo del Sr. Enemark; éste, como consecuencia del incidente, anunció su abandono del Comité, al menos mientras sigan los actuales responsables del mismo; es una verdadera pena, dado el enorme e inmensamente útil trabajo realizado por el Prof. Enemark. Con respecto al Grupo de Trabajo sobre "Propiedad", se informó que en Suiza un tercio de los ingresos de los profesionales de la Topografía proviene del mundo de la propiedad y del registro; los resultados de la reunión sobre Catastros Europeos, a celebrar en Granada, será importante para la redacción final del informe de este Grupo. El griego Emmanuel Ouranos, presidente del Grupo sobre "Mercado", informó sobre el estado del trabajo de este grupo, al que se unió el representante de Suecia. El Luxemburgués Félix Peckles informó que el trabajo del grupo que preside, "Calidad", ha terminado y presentará el documento final en la Reunión de Otoño de este año.

El expresidente, Paddy Prendergast, informó que las negociaciones con el GATS están progresando rápidamente; los resultados de las mismas se harán públicas en la página web del Comité.

Bernard Bour informó de su trabajo en el CEPLIS, sobre todo en lo relacionado con nuestra profesión; ante las injerencias del Presidente y de la Secretaria en la exposición del Sr. Bour y la actitud de ésta respecto a la distribución de la información proveniente del CEPLIS, se produjo otra situación extremadamente tensa, como consecuencia de la cual el presidente del CEPLIS abandonó la reunión, lo que, una vez más, dio pie a una airada protesta de los presentes ante la actuación de la mesa y, principalmente, de su presidente.

Eslovaquia informó de la próxima aparición de una nueva Ley en su país sobre Catastro y Topografía que proporciona mayores competencias a los titulados de BAC+3, en contra de la opinión de los titulados de BAC+5; de acuerdo con la nueva Ley, los titulados de tres años podrán ser miembros de las Asociaciones de Ingenieros, en contra de la opinión de los Ingenieros de cinco años.

El belga Jean Jacques Derwael pidió que el CLGE emita un informe que llegue a la Comisión Europea en Bruselas, en el que se mantenga la ineludible necesidad de que los estudios de Topografía en Europa sean de, al menos, BAC+5; se aprobó por unanimidad, salvo la actitud un tanto reticente de la mesa, sobre todo del Presidente, lo que provocó un nuevo descontento generalizado; habrá de hacerse un seguimiento cercano de esta propuesta para ver si se ha producido el documento pedido y su acogida en Comisión.

Se acordó solicitar al Prof. Enemark que, a pesar de su decisión de abandonar el CLGE, aceptara realizar un trabajo de investigación, con una beca de hasta 10.000 euros, sobre la propiedad y su transferencia en Europa, de primordial importancia para la profesión.

Finalmente se acordaron las fechas y lugares de las nuevas reuniones, que son:

- Reunión de Otoño 2002: 25 – 26 octubre, Venecia (Italia).
- Reunión de Primavera 2003: 11 – 12 abril, Wels (Austria).
- Reunión de Otoño 2003: Antes del 15 de septiembre, Cambridge (UK)
- Reunión de Primavera 2004: Hamburgo o Berlín (Alemania), sin fecha fija.

Tras estos acuerdos se clausuró la Asamblea General del CLGE.

Por la tarde del mismo día los asistentes fueron recibidos por el Alcalde de Lausanne en un edificio histórico de la ciudad y, posteriormente, fueron obsequiados con la habitual cena oficial.

El sábado por la mañana se celebró un seminario sobre "Contribución de los Topógrafos a la implantación y administración de la geoinformación, nuevos estándares y tendencias", celebrado en la Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. En la primera parte del mismo intervinieron representantes de la Asociación Suiza de Topógrafos, que explicaron la organización profesional en aquel país, su incardinación profunda en el mundo de la propiedad, tanto privada como pública (Catastro), el acceso a los geodatos, su infraestructura, nuevas tendencias tecnológicas y evolución de los programas universitarios. En la segunda parte del seminario se estableció un diálogo entre los ponentes y los asistentes. Es de resaltar la casi nula presencia de profesionales suizos, aparte de los ponentes.



# Índice Comercial de Firmas



**ALQUILER Y VENTA DE INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS**

SERVICIO TÉCNICO OFICIAL DE:




www.ai-top e-mail: ai-top@ai-top.com  
C/ Bofarull, 14, Bajos 08027 BARCELONA  
Tel. 93 340 05 73 Fax 93 351 95 18

**BATIMETRÍAS**

- Levantamientos hidrográficos: marítimos o fluviales. Perfiles. Control obra marítima.
- Posicionamiento de dragados o vertidos.
- Toma de muestras georreferenciadas.

*Embarcación propia, con GPS dif., Sonda y soft. de navegación*

**CB-TOP** Casanovas-Berge Asoc.  
C/ Trullols, 10 Ent. 2ª Barcelona (08035)  
Tel.: 93 418 66 02 Fax : 93 487 10 87  
Móviles: 629 34 16 26 / 630 02 47 01  
E-mail: rodolfo.berge@upcnet.es



**INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS Y GEODÉSICOS SERVICIO TÉCNICO**

Balmes, 6 08007 BARCELONA  
Tel. 93 301 80 49 Fax 93 302 57 89



**Trimble Ibérica, S.L.**  
Vía de las Dos Castillas, nº 33  
ATICA. Edif. 6, Planta 3ª  
28224 Pozuelo de Alarcón  
Madrid - Spain  
Tel 91 351 01 00 • Fax 91 351 34 43  
E-mail: ana\_santos@trimble.com  
<http://www.trimble.com>

**EDEF**

**Estudio de Fotogrametría**

Marqués de Lema, 7  
Tel. 91 554 42 67  
28003 MADRID

**LEICA GEOSYSTEMS, S.L.**

**Geodesia, Topografía, Fotogrametría y Sistemas**

Oficina y Asistencia Técnica  
Edificio Oasis  
C/. Gustavo Fernández Balbuena, 11  
28002 MADRID  
Tel. 91 744 07 40 - Fax 91 744 07 41  
C/. Nicaragua, 46, 5ª planta - 08029 BARCELONA  
Tel. 93 494 94 40 - Fax 93 494 94 42



**CENTRAL 902 19 01 22**  
**ANDALUCÍA 958 45 14 03**  
**LEVANTE 963 58 14 94**  
**GUIPÚZCOA 943 37 61 16**

<http://www.geocenter.es>




DISTRIBUIDOR OFICIAL  
VENTA Y ALQUILER

**Alvaro Molina Topografía-G.P.S.**

**Alquiler y Servicios Topográficos**

**Sistemas G.P.S.** 

*Centimétrico, Decimétrico, Submétrico, Métrico*

Tel. 670 248 852 • 670 243 059  
e-mail: almolina@infonegocio.com

**TOPCON ESPAÑA, S.A.**

**Instrumentos Topográficos**

Frederic Mompou, 5 - Ed. EURO-3  
08860 S. JUST DESVERN (Barcelona)  
Tel. 93 473 40 57 - Fax 93 473 39 32

Avenida de Burgos, 16 E, 1.º  
28036 MADRID  
Tel. 91 302 41 29 - Fax 91 383 38 90

**ATICSA**

----- Distribuidor Oficial -----



INTERGRAPH TCP-IT

**Venta y Alquiler de Material Topográfico**  
C/ Servando González Becerra, Local 25 (Plaza de las Américas)  
Tel. 924 23 13 11 - Fax 924 24 90 02 - www.aticsa.net 06011 BADAJOZ



**SANTIAGO & CINTRA**

**Distribuidor GPS** 

Calle José Echegaray, 4 - P.A.E. Casablanca B5  
28100 Alcobendas (Madrid)  
Tel. 902 12 08 70 - Fax 902 12 08 71  
e-mail: scintra@mad.servicom.es

**GRAFINTA, S.A.**

**Topografía, Geodesia, Dibujo**

Avda. Filipinas, 46 - 28003 MADRID  
Tel. 91 553 72 07 - Fax 91 533 62 82

**ACRE**

**Alquiler y venta G.P.S. Instrumentos Topográficos**

Autovía Madrid-Toledo  
925-490839 617 326454  
[www.acresl.com](http://www.acresl.com)




**DATUM**

**TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA, S.L.**  
ALQUILER Y VENTA DE GPS  
ESTACIONES TOTALES Y ACCESORIOS



Cristóbal Bordiú, 35  
Tel. 91 535 33 72  
Fax 91 535 33 84  
28003 Madrid  
datum@arrakis.es



**ALQUILER DE APARATOS DE TOPOGRAFÍA Y LÁSER**

José Echegaray, 4. P.A.E. Casablanca I B5  
28100 Alcobendas (Madrid)  
Tel. 902 103 930 • Fax 902 152 569  
e-mail: centro@laserrent.es • [www.laserrent.es](http://www.laserrent.es)