

Nuestra portada:

*Globo terrestre fabricado por
Gerard Valck (1652-1726),
de 30 cm de diámetro.*

**Vol. XX - N.º 118-119
Septiembre-Octubre-
Noviembre-Diciembre
2003**

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

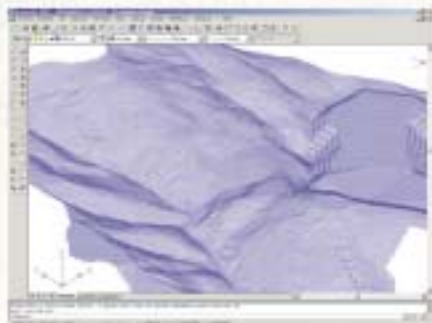
Sumario

Carta del Decano	3
Elementos auxiliares en Fotogrametría de Objeto Cercano José Manuel Valle Melón, Ane Lopetegui Galarraga, Amaia Mesanza Moraza y Álvaro Rodríguez Miranda	4
Nivelando sobre el puente de Öresund con precisión milimétrica Jean Marie Becker	10
Empleo de Imágenes Piramidales Benjamín Arias Pérez	15
Mapas Antiguos y Leyendas Modernas José Martín López	26
Método basado en la estadística χ^2 para comprobar que el ajuste de bordes de mapas y diagramas de zonas adyacentes sea satisfactorio Panos Lolonis	35
Un bólido en dos palabras Antonio Cepeda García	46
Los nuevos niveles digitales DNA03 y DNA10 de Leica Felix Schneider y David Nixon	48
Correcciones por Efecto de Marea de Observables Geodésicos y Gravimétricos de Alta Precisión A. Martín Furones, A. B. Anquela Julián y J. Padín Devesa	56
Nueva metodología para realizar el Alta Gráfica Catastral de Urbana de un Proyecto Fin de Obra Fernando Cruz Sánchez y Gaspar Mora Navarro	65
Bolonia ¿Y después de la titulación? Javier Gómez Lahoz	69
Nuevo método, basado en Redes Neuronales, para obtener la Altitud Normal a partir de la Altitud GPS Wusheng Hu, Yuedong Kong, Yongfeng Deng y Shanlong Luang	79
SIG de las Cuevas y Simas del Parque Natural del Garraf Carlos Matamala y Rafael Fibla	85
Estimación del Contenido Total de Electrones Ionosférico (TEC) mediante observaciones GPS bifrecuencia en el Suroeste de Europa A. Javier Raimundo Valdecantos	96
Novedades Técnicas	102
Bibliografía	108
TOP-CART 2004 VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía	109
Vida Profesional	110
Índices del Volumen XX, 2003	102
Índice Comercial	119

Soluciones para Topografía e Ingeniería Civil en AutoCAD®

TCP

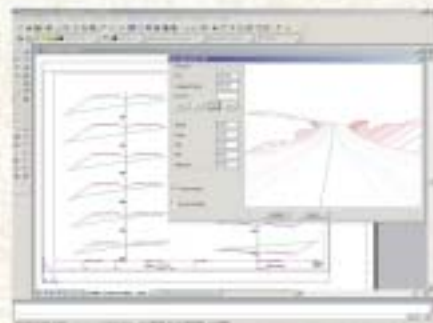
Modelo Digital del Terreno Versión 4



Mediciones de firme

Recorrido virtual

Puntos inteligentes

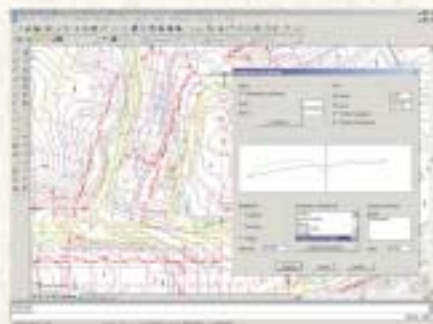


Cubicación rápida

Secciones de autovía

Parcelación

Gestor de proyectos
Múltiples superficies
Edición de cartografía



Programas para Pocket PC

Levantamientos

Toma de datos con GPS o estación total

Replanteo de puntos y secciones

Control de taludes

Control de posición



Túneles

Compatible con estaciones motorizadas

Obtención de perfiles

Replanteo de sección, frente o rodadura

Control de puntos



Le ayudamos a hacer
su trabajo más fácil

TCP Informática y Topografía

C/ Sumatra, 11
E-29190 Málaga (España)
Tel.: 952 43 97 71
Fax: 952 43 13 71
E-mail: tcp@tcpit.es
Web: www.tcpit.es

autodesk
authorized developer



Carta del Decano



Queridos compañeros y lectores:
Ha finalizado mi etapa de Decano del Colegio y he sido relevado por Pedro Cavero Abad y la nueva Junta de Gobierno que asume la plena dirección y administración como órgano rector ejecutivo del Colegio.

Esta etapa, como si de una carrera ciclista se tratase, ha contado con toda clase de terrenos; tramos suaves, otros de montaña, metas volantes, algún pinchazo, ráfagas de viento, etc., que ha requerido un esfuerzo de pedaleo cotinuado y un apoyo permanente del equipo ... de gobierno.

La satisfacción de alcanzar la meta, está en proporción directa con la dureza de la prueba. Os aseguro que me siento satisfecho.

El Colegio continua su andadura en un momento en el que se avecinan grandes modificaciones en la Ingeniería Española, excelente perspectiva de trabajo en el ejercicio de la profesión y una significativa consolidación de nuestra titulación como referente de la Topografía y la Cartografía.

Deseo los mejores logros y éxitos en estas tres líneas que a modo de trípode, son nuestro soporte profesional y por lo que debemos esforzarnos todos los colegiados en una entrega ilusionada y esperanzada, por nuestro propio bien y por el del Colegio.

En el momento de la despedida, tengo que expresar mi PROFUNDO AGRADECIMIENTO a cuantas personas han mantenido alguna relación con el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, a lo largo de estos últimos cuatro años y medio que he permanecido de Decano.

Con mayor relación a los miembros de la Junta de Gobierno.

A todos los compañeros que han participado en Juntas Delegadas Territoriales y Provinciales.

A la totalidad de colegiados que forman el Colegio.

Al personal técnico y administrativo que en Madrid y en las Delegaciones nos ayudan con entrega y profesionalidad a sacar adelante el trabajo nuestro de cada día.

Al Ministerio de Fomento como órgano de relación con la Administración General del Estado.

A las Instituciones y Asociaciones nacionales e internacionales de las que formamos parte para la defensa de los profesionales de la Ingeniería.

A todos reitero mi profundo agradecimiento y de una forma muy especial a mi mujer, Sara, y a mi familia que me han comprendido y animado durante todo es tiempo.

Los mejores deseos de éxito y progreso para nuestra profesión y para todos un fuerte abrazo.

Miguel Ángel Muñoz Gracia
DECANO DEL COITT

Elementos auxiliares en Fotogrametría de Objeto Cercano

José Manuel Valle Melón, Ane Lopetegui Galarraga, Amaia Mesanza Moraza y Álvaro Rodríguez Miranda

LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO

UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO

I. INTRODUCCIÓN

Son muchos los artículos técnicos que se pueden encontrar sobre la aplicación de la fotogrametría de objeto cercano a la documentación del patrimonio. También son muchos los catálogos y páginas web que se localizan sobre instrumentos necesarios en cada una de las fases del proyecto: estaciones totales, escáner láser, cámaras fotográficas, sistemas de iluminación, programas informáticos, etc. Por el contrario, un aspecto de la fotogrametría de objeto cercano del que no es fácil localizar referencias corresponde a los métodos e instrumentos necesarios para obtener la toma adecuada de las fotografías y, a su vez, realizar las tareas topográficas en las dispares circunstancias que el patrimonio requiere.

La especificidad metodológica que impone cada levantamiento fotogramétrico, debido a problemas de accesibilidad, alejamiento a zona, tránsito de vehículos, ocultaciones, etc., obligan a colocar la cámara y realizar el apoyo en posiciones muy distintas a las que las circunstancias teóricas muestran. Los yacimientos arqueológicos y elementos de disposición horizontal, tanto cenital como nadiral, suponen una buena muestra de ello, no existiendo muchos accesorios homologados para poder obtener este tipo de tomas.

A lo largo de este artículo se mostrarán algunas de las soluciones adoptadas por el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio, perteneciente al Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura de la UPV/EHU, a lo largo de los diez años en los que viene realizando su actividad de desarrollo y aplicación de métodos de medida y registro de elementos patrimoniales, fundamentalmente arquitectónicos y arqueológicos.

Algunas de las soluciones adoptadas fueron de gran utilidad en el momento de su diseño y construcción, habiendo sido superadas posteriormente por los nuevos instrumentos. Tal es el caso del dispositivo "pegadianas", desarrollado cuando las estaciones no disponían de la capacidad de medida sin prisma y era necesario preseñalar el apoyo para obtener una buena calidad geométrica en la orientación de los pares. Otros de los desarrollos son plenamente vigentes y están demostrando, o bien

un considerable ahorro de tiempo y recursos para la toma de imágenes en las condiciones precisadas por cada proyecto, o bien aumentando la precisión y versatilidad en otros casos.

2. ELEMENTOS DE SUSTENTACIÓN/SUSPENSIÓN DE CÁMARAS

De entre los elementos utilizados para la sustentación de la cámara fotográfica, son los instrumentos desarrollados para la captura de imágenes nadirales y cenitales los más complejos de concebir, construir y ubicar sobre las zonas a documentar. Todos los instrumentos desarrollados en el Laboratorio para este fin cumplen una característica común: realizan un desplazamiento lineal de la cámara, lo que facilita la práctica eliminación de los giros relativos (χ , φ , ω), así como de las componentes by y bz de la base, lo que supone una gran ventaja a la hora de la orientación de los pares obtenidos con estos instrumentos.

2.1. Sistema de suspensión vertical para UMK

El primero de los sistemas se desarrolló para la realización del levantamiento fotogramétrico de un yacimiento de huellas de dinosaurio. En él se tuvieron en cuenta la distancia a la que se realizarían las tomas, la base y la posibilidad de generar un plano horizontal, independientemente del buzamiento en el que se encontraba la lastra de piedra en la que se localizan las huellas.



Fig. 1. Detalle del dispositivo de sustentación para UMK

Este dispositivo está formado por una estructura de aluminio (S), sobre la que se ubica la cámara UMK, pudiendo realizar pares fotogramétricos con una base máxima de 70 cm. Esta estructura se soporta sobre tres tornillos (T), que permiten nivelar el conjunto y que van unidos de forma solidaria a una tabla (M), con tratamiento antihumedad, que dispone de un orificio en su zona central para permitir el paso del objetivo, en el caso de tomas nadirales. Finalmente, el conjunto se puede colocar sobre cualquier tipo de estructura o andamiaje e incluso grúa, pudiendo ser fijado a dichos soportes por medio de unos tirafondos.

En la figura 2 puede verse la estructura soportada por dos tabloncillos de obra, colocados sobre dos pequeños andamios. En este caso, tras determinar el eje de la rastrillada de huellas, se dispusieron los tabloncillos sobre los andamios en posición transversal a la misma, de manera que la cámara realizaba un par independiente en cada posición de los andamios.



Fig. 2. Dispositivo de sustentación con UMK nivelado sobre el yacimiento paleontológico

2.2. Soporte para la realización de tomas verticales y horizontales con cámaras de medio y pequeño formato

Este artefacto ha sido desarrollado atendiendo fundamentalmente a los requerimientos de las excavaciones arqueológicas, por tratarse éstas de áreas sometidas a continuos cambios y en las que los restos significativos pueden aparecer a varios metros de profundidad con respecto al nivel de partida, con irregularidades de la superficie más que notables, en ocasiones escabrosas, y teniendo en cuenta que, en los casos en los que es necesaria la documentación geométrica a partir de fotogrametría, debe situarse la cámara en condiciones adecuadas, que no siempre resultan abordables de forma inmediata. Por lo general han de ser paralelas al objeto a retratar, es decir, la cámara debe de estar colocada horizontalmente para objetos situados en el suelo (esqueletos, mosaicos, etc.) y verticalmente para objetos situados de forma vertical (lienzo de fachada, muros, pinturas, etc.).

Se conocen artefactos para suspensión de cámaras y en algunos casos se pueden utilizar grúas y andamios, pero en los casos de superficies de

excavación de dimensiones medias y grandes, donde no es posible el acceso de vehículos al interior y en los que tampoco resulta posible el andamiaje del conjunto, se hace necesario disponer de un instrumental ligero que permita suspender la cámara en condiciones de vuelo aéreo, teniendo en cuenta que la excavación no debe sufrir deterioros. Lo mismo puede decirse del caso en el que se deban realizar pares en paramentos elevados. Para ello, en las excavaciones arqueológicas

de los proyectos *Calagurris Iulia* y *Catedral Santa Maria de Vitoria*, se decidió construir una estructura específica que permitiera realizar tomas de hasta 4,5 m de altura sobre la superficie de sustentación y con una base de hasta 4 metros.

La estructura consiste en dos soportes verticales nivelables (1) en los que se apoya una barra horizontal (2), también nivelable, que sirve de carril a una pieza (3) en la que se alberga la cámara fotográfica, de tal forma que ésta puede deslizarse por el carril, permitiendo realizar pares estereoscópicos, tanto horizontales como verticales, con una sola cámara (figura 3).

Los soportes verticales y la barra horizontal son elementos individuales que, a su vez, se subdividen en tramos para facilitar el transporte tanto al yacimiento como dentro de él.

También son piezas independientes las basadas en las que se sustentan los pilares verticales, estando dotados de dos sistemas diferentes para conseguir la verticalidad de estos.



Fig. 3. Esquema general del soporte para cámaras de pequeño y mediano formato



Fig. 4. Primer modelo de base nivelante

Uno de los sistemas está formado por una base con tres apoyos puntia-gudos, a fin de que se puedan introducir en el suelo, en el caso de ma-teriales sueltos, pudiendo llevar acoplados unos protectores de plástico o goma cuando se utilizan sobre una superficie frá-gil. En la parte superior de este modelo de base se dispuso un mecanismo que actúa a modo de rótula, permitiendo verticalizar la estructura tubular telescópica. La presión suficiente para mantener el poste vertical se consigue con un conjunto de arandelas cóncavas y convexas colocadas de modo alterno, confiriendo al conjunto propiedades elásticas. Este dispositivo fue desa-rrrollado por D. Luis Lopetegui (figura 5).

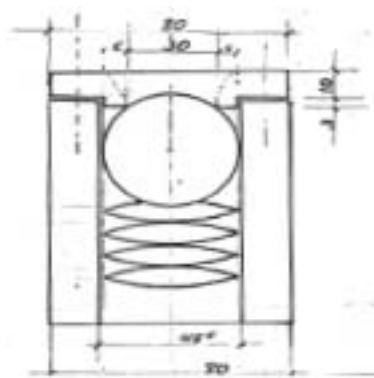


Fig. 5. Rótula a base de arandelas



Fig. 6. Segundo modelo de base nivelante

En el segundo de los modelos de base (figura 6), se sustituyó el sistema de verticalización por una plataforma con tres tornillos nivelantes, siste-ma mediante el que se consigue nivelar la base y, por tanto, verticalizar los soportes con independencia de lo accidentada que se encuentre la superficie sobre la que sea necesario estacionar.

La estructura tubular telescópica está constituida por tres tubos huecos que se introducen unos dentro de otros. Los dos tubos exteriores dis-ponen en su parte superior de orificios roscados, a fin de que median-te un tornillo se pueda fijar el tubo que se encuentra inmediatamente dentro del mismo.

La pieza de sujeción del carril horizontal consta de una estructura tubu-lar que corre por la estructura vertical telescópica y que se fija a ella me-diante un tornillo (en rojo en la figura 7). A esta forma tubular se en-

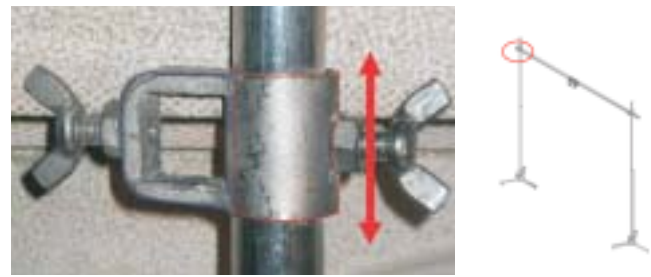


Fig. 7. Sistema de sustención del carril horizontal sobre la estructura vertical

cuentra soldada otra mordaza con la forma del perfil del carril horizon-tal (resaltada en azul) y que a su vez sujeta a éste mediante un tornillo.

Por este carril de sección cuadrada se desliza un soporte adecuado a cada modelo de cámara (figuras 8 y 9), que permite que ésta sea trans-portada en todo su recorrido, obteniendo las tomas fotográficas en los lugares adecuados para la generación de los pares.



Fig. 8 y 9. Modelos para el soporte y disparo remoto, adaptado a dos cámaras fotográficas diferentes

Esta estructura ha demostrado gran versatilidad y utilidad en espacios abiertos y muy irregulares, siendo capaz de salvar grandes obstáculos, zanjas y notables desniveles, como puede apreciarse en las figuras 10 y 11.



Fig. 10. Utilización sobre zonas de fuerte desnivel



Fig. 11. Utilización para la fotografía de zanjas

2.3. Soporte para el registro de las excavaciones de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz

Uno de los mayores retos con los que nos hemos encontrado en estos años es la documentación de las excavaciones del subsuelo de la Cate-dral de Santa María. Una de las bases de este proyecto consiste en el

High-Definition Surveying™ - por Leica Geosystems



Leica HDS: el sueño de captar la realidad en 3D

Leica Geosystems presenta su nueva tecnología para la captura rápida, precisa y completa de estructuras, instalaciones, etc.: High-Definition Surveying (Topografía de alta definición) o HDS™. Esta nueva familia, de hardware y software, HDS™ de Láseres escáner permite obtener en segundos una nube de millones de puntos con una precisión individual inferior a 6mm, que nos servirá para obtener un modelado final de la misma con una precisión de 2mm. De esta forma obtenemos de manera exacta la geometría de la realidad, permitiendo obtener los resultados finales que más nos convengan (exportaciones a ficheros CAD en 2 y 3D, nubes para diseño, etc.).

HDS™ puede ser usada por una sola persona, permitiéndole tomar medidas donde a priori era imposible, pudiéndose usar en todo tipo de condiciones luminosas, sin interferir en las actividades operativas cotidianas.

HDS™ consta de 3 productos de hardware que se adaptan a las necesidades de cada proyecto: HDS2500, HDS3000 y HDS4500. Además, este sistema viene completado por su paquete de software Cyclone™ que le permite una gran agilidad en la captura y procesado de los datos obtenidos. Estos productos de software crean resultados finales de manera más sencilla que nunca.

¡Bienvenido al Mundo HDS!



Cyclone & CloudWorx

Leica Geosystems S.L.
C/ Nicaragua, 46; 08029Barcelona
Te. 934 949 440, Fax: 934 949 442
www.cyra.com; Anton.Bravo@leica-geosystem

Leica
Geosystems

estudio histórico exhaustivo de todo el edificio, lo que incluye la excavación completa del interior y de la zona circundante. En el proyecto de actuación se optó por la documentación fotogramétrica de las excavaciones de manera prioritaria, por ser el método más exhaustivo de registro que, al posibilitar la formación de modelos estereoscópicos de las zonas fotografiadas, pallá, en parte, el carácter destructivo de la excavación.

Es evidente que un enfoque semejante requiere un método de obtención de fotografías que precise la menor intervención posible en el yacimiento. Por ello se decidió utilizar las estructuras que se instalaban para otros fines, y en concreto, aprovechando que la excavación del interior del templo exigía una estructura de refuerzo que permitiese excavar los cimientos con seguridad, y para lo cual se construyó un sistema de acodalamiento de los pilares de la catedral, constituido por pórticos de acero, bajo los cuales se han colocado tres pequeños puentes-grúa, uno en cada una de las naves longitudinales de la Catedral.

Disponiendo de los puentes-grúa situados a unos 4 metros de la cota de inicio de la excavación, se diseñó y construyó un soporte que, suspendido bajo ellos, permite situar la cámara fotográfica sobre cualquier punto de las naves central y laterales de la Catedral.



Fig. 12



Fig. 13

En la concepción de este dispositivo se tuvieron en cuenta las particularidades tanto de la excavación como del propio proceso fotogramétrico, es decir, se pretendía que el trabajo se realizase de forma ágil y cómoda, tanto la carga y retirada de carretes como la toma de fotografías o el propio desplazamiento de la cámara. Además, el sistema debía de ser lo más versátil posible, con el fin de poder servir para un amplio número de modelos de cámaras. En este proyecto se utilizó una cámara analógica Rollei 6006 para la toma de los pares fotogramétricos y una cámara digital Canon PowerShot G2 para la generación de mosaicos fotográficos del conjunto de la nave, en cada uno de los niveles de la excavación.

El siguiente paso consistió en determinar la posición adecuada que debería ocupar la cámara sobre la planta de la excavación, dependiendo directamente de factores tales como la altura de la cámara a cada uno de los citados niveles, el formato y la focal de las cámaras, así como los obs-

táculos que podían interponerse entre el yacimiento y la cámara, como los tirantes del sistema de apeos o las propias columnas de la Catedral.

La solución adoptada consistió en suspender un rail de 6 metros de longitud, bajo el cual circula colgado un soporte en el que se aloja la cámara. Con el fin de que este rail no sufriera pandeos, debido a que la zona de contacto con el puente-grúa en el que se sustenta es de tan solo un metro, se colocó entre ambos una estructura tubular a modo de cercha de tres metros de longitud, en cuyos extremos unos tensores evitan los pandeos y oscilaciones de las puntas.

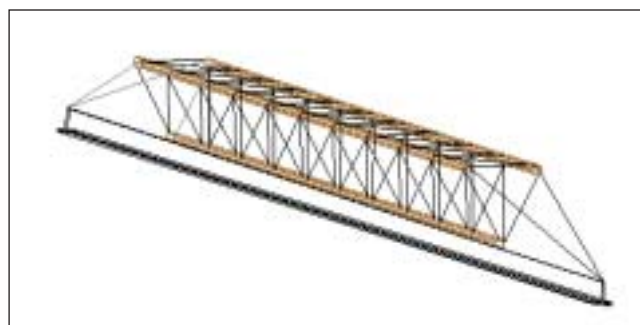


Fig. 14. Esquema de la estructura con la cercha el carril y los tensores

Para el diseño del soporte donde se alojan las cámaras se tuvo en cuenta las dimensiones de éstas, con el fin de posibilitar el cambio de carretes y conexión de dispositivos, pero dejando la posibilidad a la utilización de nuevos modelos. Para ello se dispuso que la parte donde van físicamente unidas las cámaras fuera intercambiable. En el caso concreto de la Catedral, cada una de las dos cámaras utilizadas se enganchó, mediante un tornillo, a uno de los lados del soporte, que fue troquelado de tal forma que quedasen libres los objetivos y fotómetros en ambas disposiciones.

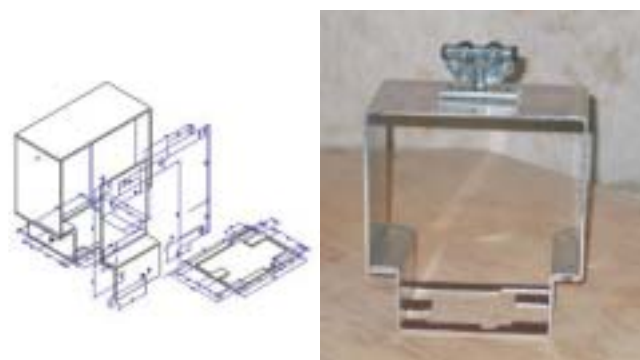


Fig.15 y 16. Diseño del despiece y modelo mecanizado del soporte que circula bajo el rail suspendido

3. INSTRUMENTO PARA LA FIJACIÓN DE SEÑALES DE PUNTERÍA

Como es sabido, con el fin de dotar al modelo fotogramétrico de escala, orientación y adecuada nivelación, es conveniente referenciarlo por

medio de apoyo topográfico. Los puntos a los que se dota de coordenadas topográficas deben ser fácilmente identificables por el operador de fotogrametría y al mismo tiempo deben poseer la precisión adecuada al tipo de trabajo que se está realizando.

En elementos patrimoniales donde existe una gran cantidad de detalles, el apoyo se puede realizar utilizando puntos característicos del propio elemento debidamente seleccionados. Pero en multitud de ocasiones la distancia a la que se obtiene el apoyo topográfico no es la misma a la que se obtienen los pares, motivo por el que el detalle que se observa por el antejo de la estación no es el mismo que el que se obtiene a la hora de restituir. Además, en el levantamiento de fachadas compuestas por sillares de morfología semejante o aparejos irregulares de sillarejo, la toma, identificación y croquización de estos puntos de apoyo resulta una tarea bastante tediosa e imprecisa.

La alternativa tradicional consiste en la preseñalización de los puntos de apoyo, que aunque resulta ligeramente más costosa en campo, facilita notablemente la orientación de los pares en la mayoría de los casos. El tipo de señalización utilizada por nuestro equipo está formado mayoritariamente por dos tipos señales de puntería: unas cuadradas con dos triángulos de color negro sobre fondo blanco (figura 17), cuyas dimensiones varían en función de la escala prevista de los fotogramas, y en las intersecciones de dos alzados, o donde los cambios de plano son muy patentes, se utilizan unas escuadras de aluminio, de 4 centímetros de lado, con una incisión en su parte central, y que cumplen la misión de ser vistas en los dos planos contiguos, de manera que permite que esos puntos sean utilizados de forma común en los dos paramentos.

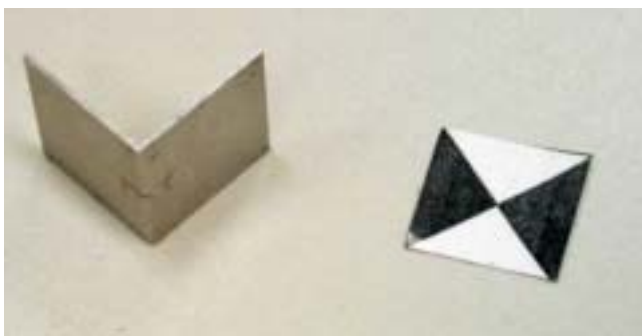


Fig. 17. Modelos de señales de puntería utilizadas

Con el fin de poder situar estas señales de puntería se ha confeccionado un elemento que permite adherirlas hasta unos 6 metros por encima o por debajo de donde está situado el operario que lo utiliza, opción ésta muy útil en puentes y en otros elementos visitables por su parte superior:

Este "pegadianas" está compuesto por tres tubos huecos de acero inoxidable de 1,5 metros de longitud cada uno, de diámetro creciente, de manera que permite alojar uno dentro de otro. La longitud necesaria se consigue por medio de la fijación entre ellos, a través de unos tornillos pasantes accionados por unas palomillas.

En la parte superior de los tubos se acoplan los dispositivos auxiliares donde colocar las dianas o las escuadras. Estos elementos van sujetos por medio de un tornillo, de tal forma que puedan cabecear para adaptarse a diferentes superficies

El dispositivo auxiliar para dianas posee varias ranuras, de forma que se puedan colocar dianas de diferentes tamaños o medidas.



Fig. 18. Dispositivo pegadianas

El proceso de fijado consiste en introducir las esquinas de las dianas en el soporte, de manera que quede la parte adhesiva hacia el operario. En ella se deposita una pequeña cantidad de material adherente y se procede a aproximar al lugar donde debe ir emplazada. La acción del adhesivo hace que se desprenda del soporte, del que únicamente estaba enganchado por sus esquinas.

El empleo combinado del "pegadianas" con andamios o grúas elevadoras hace que el problema de la preseñalización del apoyo topográfico quede resuelto en la mayor parte de las circunstancias en las que se precisa su empleo.

4. CONCLUSIONES

En la realización de levantamientos de elementos patrimoniales en los que interviene la fotogrametría resultan necesarios instrumentos auxiliares que no se encuentran en el mercado y que deben ser, al mismo tiempo, específicos para solucionar el levantamiento concreto, pero con la suficiente versatilidad y adaptabilidad para que no obliguen al continuo diseño y construcción de los mismos.

La utilidad de estos instrumentos auxiliares es evidente y está condicionada a su portabilidad, estabilidad y disponibilidad. La previsión de su utilización debe ser incluida dentro del proyecto del levantamiento, tanto por los costos materiales que acarrearán como por el tiempo invertido en su desarrollo y los plazos de su fabricación, montaje, chequeo y puesta en marcha.

Ejemplos de utilización de todos estos dispositivos, así como de proyectos realizados con ellos, pueden observarse en la página <http://www.vc.ehu.es/docarq>. ■

Nivelando sobre el Puente de Öresund con precisión milimétrica

Jean Marie Becker

Resumen

En este artículo se presentan las distintas conexiones sobre el puente de Öresund, entre la red de altimetría sueca de primer orden y su equivalente danesa, realizadas empleando diferentes técnicas de determinación de altitud, y en especial la más reciente del año 2000, que fue efectuada mediante técnicas de nivelación motorizada.

En primer lugar se describe el puente (de más de 8,5 km de largo) y el lugar de su emplazamiento, para a continuación hacer lo mismo con las técnicas empleadas en la nivelación. Por último, se presentan los resultados obtenidos bajo las distintas y duras condiciones medioambientales (vientos y frío). El trabajo fue realizado en abril del año 2000, como un "Proyecto Nórdico Conjunto", por dos equipos de nivelación, uno de cada país (Dinamarca y Suecia), bajo el liderazgo de Jean Marie Becker.

El resultado, con precisión milimétrica, confirma la alta eficacia y calidad que la nivelación motorizada aporta a proyectos en los que nunca competirían otras tecnologías. También en este artículo se incluyen algunas imágenes que ilustran la totalidad del trabajo

Abstract

In this paper we will present the different height connections between the Swedish 1st order Height Network and its similar in Denmark using different height determination techniques and especially the latest from year 2000 with Motorised Levelling techniques over the new constructed Öresund bridge.

Firstly we describe the bridge (more than 8,5 km) and its environment, thereafter the height determination techniques used to perform the levelling and finally we present the results obtained under various and difficult (wind and cold) environmental conditions. The work was done in April 2000 as a Nordic Joint Project by two levelling teams, one from each country Denmark and Sweden under the leadership of J-M Becker.

The result on the millimetre level confirms the high efficiency and quality given by the Motorised Technologies in projects where other techniques never could compete. The presentation includes also some pictures illustrating the whole work.

I. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El primer enlace entre los sistemas de altitudes danés y sueco fue realizado en 1896 y 1898 entre Helsingør y Helsingør. Las mediciones fueron hechas mediante observaciones recíprocas simultáneas sobre señales especiales erigidas a cada lado del canal y a una distancia de unos 5 km.

En 1939 se efectuó una nueva conexión, empleando la nivelación hidrostática, mediante un tubo sumergido relleno de agua, para poder transferir las altitudes a través de las superficies libres de los extremos del tubo. No se consideró aceptable la diferencia de 17 milímetros que ofrecieron los resultados.

En 1979, el Grupo Nórdico de Determinación de Altitudes decidió repetir la conexión entre Helsingør y Helsingør con nivelación óptica, en el mismo lugar y con la misma tecnología que en el siglo pasado. Existían varias razones para ello. En primer lugar, detectar los eventuales des-

plazamientos continentales en el estrecho y, en segundo, disponer de una conexión de altitudes más actualizada del bloque nórdico (Suecia-Noruega) con la parte continental de Europa, dentro de REUN (Reseau Europeen Unifie de Nivellement), y tal vez explicar, de paso, la discrepancia de los 17 milímetros.

En 1980 se efectuaron las mediciones entre Kronborg (Dinamarca) y Palsjö (Suecia). Los resultados estuvieron de acuerdo con los obtenidos en 1896-98 (dentro del margen de algunos milímetros, entre ± 2 mm y ± 5 mm). Parece como si no se hubieran registrado movimientos geológicos durante el periodo de 1898 a 1980. El fenómeno de elevación del terreno ha sido observado y documentado en Escandinavia a través de tres nivelaciones de precisión y es muy pequeño en la región de Öresund.

La construcción del puente de Öresund entre Dinamarca y Suecia, que conecta Escandinavia con Europa, fue realizada en la primavera del año 2000, lo que permitía, por vez primera, el viajar en coche desde Malmo



Figura 1

(Suecia) a Copenhague (Dinamarca), sobre el estrecho de Kattegatt. La conexión del Öresund se abrió al tráfico en junio del 2000. A través del puente recién construido se abrió la posibilidad, nueva y única, de realizar con mayor precisión una segunda conexión entre ambos países. Más aun, incluso se tuvo la posibilidad de cerrar un anillo que incluía líneas de nivelación de ambos países y toda la anterior nivelación a través del agua.

El NLS (Lantmateriet) de Suecia, junto con el KMS (Kort & Matrikelstyrelsen) de Dinamarca, decidieron realizar, en la primavera del año 2000, un nuevo enlace de nivelación entre Dinamarca y Suecia. Para ello se diseñó un Proyecto Nórdico Conjunto, coordinado por el Grupo de Trabajo para la Determinación de Altitudes del NKG (Comisión Nórdica de Geodesia) bajo el liderazgo de Jean Marie Becker.

En el mapa de la figura 1 se ilustran las distintas mediciones. En la parte Norte se puede ver la conexión entre Helsingør y Helsingør y en la parte Sur la conexión del Öresund, desde Malmö (Suecia) a Copenhague (Dinamarca), operativa a partir de junio del año 2000.

2. EL PUENTE Y LA CONEXIÓN DE ÖRESUND

2.1. La conexión de carretera y ferrocarril

La conexión combinada de Öresund, de carretera y ferrocarril, está integrada por distintas partes, incluyendo un túnel, una isla artificial y varios puentes, con una longitud total de unos 16 km.

2.2. El puente está compuesto por tres estructuras de puente diferentes

Los puentes de aproximación por el Este y por el Oeste se conectan, por un lado, con el Puente Alto y, por el otro, con la isla. El puente de aproximación por el Este está integrado por 27 tramos (24 de 140 m de largo y 4 de 120 m) y tiene una longitud total de 3.739 m. El del Oeste sólo tiene 3.014 m y dispone de 18 tramos de 140 m y 4 de 120. Hay un total de 51 zapatas sobre las que se asientan los tramos del puente.



Figura 2. El Puente Alto con las islas de Saltholm y Peberholm al fondo

2.3. El Puente Alto

Es el mayor puente de suspensión por cable del mundo para tráfico viario rodado y de ferrocarril. Se soporta mediante cuatro torres (de 205 m de altura cada una) descansando cada par de ellas sobre los mismos cimientos submarinos. El vano del puente está suspendido por 80 pares de cables, que se alojan en la torre y en los tramos a intervalos regulares de 12 m. El Puente Alto tiene una longitud de 1.092 m, con un vano principal de 490 m y una altura para la navegación de 55 m. La estructura de dos niveles del puente está hecha con acero y hormigón. Las vigas de acero soportan la cubierta superior, que acomoda a la autopista, y en el piso inferior discurre el ferrocarril.

2.4. La isla artificial de Peberholm

Al Sur de la existente isla de Saltholm, se ha construido una isla artificial, empleando 9 millones de metros cúbicos de piedra, arena y materiales de arrastre y con una longitud de 4 km.

2.5. El túnel

Se trata del túnel de tubo sumergido más largo (4 km) del mundo (cuatro tubos lado a lado). Permite el tráfico de trenes y vehículos convencionales entre la isla artificial de Peberholm y la península de Kastrup. El túnel está conectado con el puente de aproximación mediante un viaducto de 560 metros.

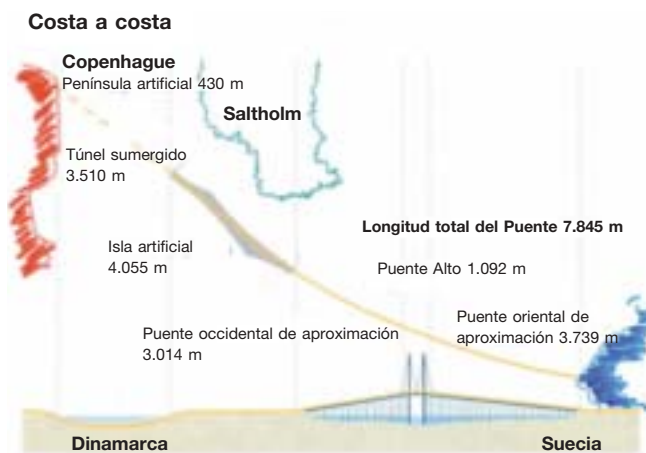


Figura 3

3. LAS CONEXIONES DE ALTIMETRÍA SOBRE EL PUENTE

La conexión de altimetría entre Dinamarca y Suecia por medio del puente de Öresund, ha demandado también de algunas conexiones con las líneas de nivelación de precisión existentes a lo largo de la costa en ambos países. Estas conexiones terrestres, con sus señales estables, representaron un suplemento adicional de algunos kilómetros de nivelación. La longitud total a nivelar en el proyecto fue de unos 22 kilómetros aproximadamente.

3.1. Señales y puntos de referencia

La Compañía del Puente y la Autopista de Öresund ha colocado, a intervalos predeterminados, señales de nivelación de diferentes tipos a lo largo de la totalidad de la conexión. Como ejemplo, las señales en el túnel eran del tipo de tornillo removible. En Peberholm se emplearon tornillos con tuercas sobre los cimientos cada 500 m. En ambos puentes de aproximación se emplearon tornillos y tuercas sobre los pilares del vano a intervalos de 280 m.

La parte más inestable y complicada de nivelar fue la del Puente Alto. A cada lado del Este y el Oeste de los pilotes se incluían algunos pilares de hasta 300 m y el vano principal era de 490 m. Las señales se situaron sobre los pilotes. Antes de los trabajos, se dio un número de identificación específico a cada señal y se señaló con colores.

3.2. Las diferentes soluciones para la determinación de alturas

La nivelación a través del Öresund es un proyecto de gran importancia que abarca más de 15 km.

Las diversas partes de esta línea de nivelación (túnel, isla artificial, puentes, etc.) entrañan una estabilidad distinta para las señales que se albergan en cada una de ellas. Sólo los puentes tienen más de 8 km y están integrados por más de 50 segmentos apoyados sobre pilares. Las cons-

trucciones de los pilares y los pilotes de hormigón armado son muy sensibles a las condiciones meteorológicas existentes y, en especial, a la variación de temperaturas a lo largo del día y de un día a otro. Las mismas deformaciones de altitud afectan al principal tramo de acero del puente alto. Además, se han producido importantes variaciones del viento la mayoría del tiempo.

Otros factores que causan problemas son las diversas actividades de la construcción del enlace (con máquinas, camiones, martillos y el propio ferrocarril creando vibraciones) y a lo largo del mismo. Para poder lograr una alta precisión en la nivelación bajo estas condiciones, se necesita tomar precauciones especiales y es fundamental que las mediciones de cada día comiencen con una comprobación de la estabilidad de la señal de partida, por lo que se vuelve a nivelar el último tramo del día anterior.

Si se analizan las distintas técnicas de nivelación existentes: nivelación tradicional a pie, nivelación motorizada y nivelación motorizada trigonométrica, se comprende rápidamente que el realizarlo de la forma clásica, a pie, era prácticamente imposible por diversos motivos.

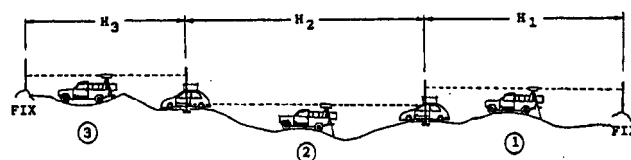


Figura 4

La técnica de la nivelación motorizada se hace mediante un coche con instrumental y otros dos coches de apoyo, que trabajan según se muestra en la figura 4. Los detalles técnicos se han publicado en muchas de las comunicaciones técnicas que se mencionan en las referencias.

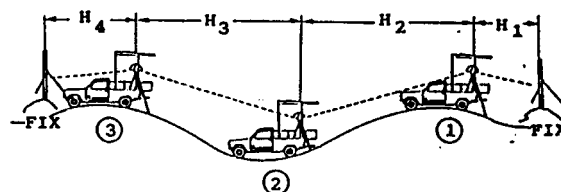


Figura 5

La técnica de la nivelación motorizada trigonométrica emplea tres coches con instrumental idéntico y que operan como se muestra en la figura 5. Para más detalles técnicos ver las comunicaciones técnicas que se mencionan en las referencias.

4. LOS RESULTADOS

En la tabla I se ha resumido, en primer lugar, todos los resultados suecos de los promedios de los tres trayectos dobles a través del Öresund. Estos resultados se han obtenido mediante nivelación motorizada con el equipo Zeiss de Jena NI 002a. Los resultados muestran la extremadamente alta precisión obtenida a través de una distancia de costa a costa superior a los 15 km. A lo largo de esta distancia, la dispersión máxima es de 2,4 mm y la incertidumbre promedio es de 1,6 mm.



NEBA Barcelona •
 elona@aneba.com
 (+34) 933 633 820
 (+34) 933 633 821

ANEBA Madrid •
 lrid@aneba.com
 (+34) 913 287 146
 (+34) 913 287 147

POCKET CARTOMAP 4

Pocket CARTOMAP ofrece una nueva dimensión para el trabajo en campo, proporcionando la información precisa y necesaria in situ para el desarrollo de las tareas de topografía, mejorando la velocidad e incrementando la calidad. Evita que se produzcan situaciones en las que las tomas de datos incompletas o con errores obliguen a posteriores trabajos adicionales y costosos.

Pocket CARTOMAP, para Windows CE y Pocket PC 2004, engloba todas las ventajas de las que dispone *CARTOMAP*, pudiendo conectarse a diferentes instrumentos (GPS, estaciones totales,...) ofreciendo la mejor solución en campo para Topografía, Ingeniería Civil y GIS, haciendo uso de la mejor interface de usuario para Pocket PC y Tablet PC.

Pocket CARTOMAP está avalado por los catorce años de experiencia de ANEBA, fabricantes de *CARTOMAP*, que cuenta con miles de usuarios en todo el mundo, lo que refleja su sencilla utilización y la disponibilidad de las funcionalidades más avanzadas del mercado.



Captura de datos
 Topografía analítica de campo
 Modelo Digital del Terreno
 Isolíneas
 CAD 2D/3D
 Croquis automático asociativo
 Perfiles longitudinales
 Perfiles transversales
 Rasantes
 Replanteo
 Control de calidad
 Secciones tipo
 Shapefiles & ODBC
 GIS
 y mucho más...



Tabla 1. De costa a costa sobre el puente de Öresund

Abril 2000

Parte	Distancia	BM	NR	m Media 1	m Media 2	m Media 3	Sueco Av media	Danés + Sueco
East Br.	3.750 m	500503	430261	47,5913 1,1 mm	47,5917 0,7 mm	47,5943 -1,9	47,5924	47,593
High Br.	1.092 m	430261	410261	0,0592	0,0601	0,0601	0,592	0,059 m
West Br.	3.012 m	410261	300511	51,5027 -0,1	-51,5041 -1,5	51,501 1,6 mm	-51,5026	-51,501
Isla Artificial	4.055 m	300511	300501	18,6856 1,8	-18,6821 -1,7	18,6836 -2,0	-18,6838	-18,682
Túnel	3.514 m	300501	100501	1,2515 -2,1	1,2488 0,6	1,2478 1,6 mm	1,2494	1,25
Total	15,4 km	500503	100501	21,2863 1,5 mm	21,2856 0,8 mm	21,2824 -2,4	21,2848 1,6 mm	21,281

La última columna muestra los resultados de todo tipo de mediciones (sin rechazo de ningún tipo) por nivelación motorizada y por nivelación motorizada trigonométrica, tanto suecos como daneses. Aquí, de nuevo, la dispersión es solamente de unos pocos milímetros.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de los enlaces altimétricos entre Suecia y Dinamarca a lo largo del puente de Öresund han confirmado que la técnica de nivelación motorizada:

- Es la técnica de nivelación más eficaz para este tipo de casos
- Consigue una precisión milimétrica a lo largo de una distancia de más de 15 km (incluidos los puentes de 8 km)
- Es capaz de efectuar una nivelación de alta precisión bajo condiciones ambientales muy difíciles (viento y temperaturas muy bajas) en las que no se pueden emplear otras técnicas.

Recomendamos esta técnica para proyectos similares

REFERENCIAS

- Andersen Ob. & Al (1986): *Water Crossing Levelling between Denmark and Sweden 1980-1981*, Köpenhavn, Geodetisk Institut, Skrift 3, Bind XLV- 1986.
- Becker J-M (1990): *Comparisons between different height determination techniques: Workshop on Heights*, Hanover October 1990.
- Becker J-M & Al (1988): *Experience with Motorised Trigonometric Levelling*, LMV-Rapport 1988:23.
- Becker J-M (1997): *Rikswägningensarbeten i Sverige under perioden 1974-1995*, LMV-Rapport 1997:2, ISSN 0280-5731.
- Becker J-M (2001): *The Height Connection between Denmark and Sweden over Öresund*, 5 th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, Vienna Oct. 1-4-2001.
- Breumsö S.E ((2001): *Deformation measurement on Bridge and Tunnel of the fixed link between Sweden and Denmark*, The 10 th FIG International Symposium on Deformation Measurements, 19-22 March 2001, Orange California, USA.
- Eriksson P.O. (2001): *The Danish-Swedish Precise levelling Across the Öresund Connection*, Workshop on height determinations, Akranes Iceland June 2001.
- Kasser M. & J-M Becker: *Error sources in High Precise Levelling- How to minimise their effects on the heights*, FIG seminar in Gävle, Mars 15-17th 1999.

NOTA BIOGRÁFICA

Jean Marie Becker es el presidente de la Comisión 5 de la FIG (Posicionamiento y Mediciones), presidente del Grupo de Trabajo de Determinación de Altitudes de la NKG y miembro del grupo de normas ISO/TC172/SC6 para Instrumentos Geodésicos y Topográficos.

Ha sido anteriormente jefe de la División de Producción Geodésica del NLS de Suecia y ha desarrollado técnicas para nivelación motorizada y nivelación motorizada trigonométrica. Fue responsable de la ejecución de la red de altimetría sueca. Ha sido profesor de Levantamientos Topográficos para la Ingeniería en el Instituto Real de Tecnología (BMG) de Gavle y Estocolmo. En la actualidad está jubilado, pero sigue trabajando en cuestiones internacionales. ■



Figura 6. Los equipos sueco y danés de nivelación motorizada sobre el Puente Alto



Figura 7. Esta imagen muestra la inauguración del Proyecto Conjunto Nórdico por el Dr. Joakim Ollen ("NLS"- Suecia) y el Dr. Niel Andersen ("KMS"- Dinamarca)

Empleo de Imágenes Piramidales

Benjamín Arias Pérez

INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

INGENIERO EN GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

Resumen

En el presente artículo se expone un análisis acerca de la gestión y uso de imágenes piramidales. Para ello se define un formato de imagen propio, Mapa de Bits Jerárquico, y asociado al mismo se desarrollan dos controles ActiveX: uno para la creación de las imágenes con el nuevo formato y otro para la explotación fotogramétrica de dichas imágenes.

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo abarca parte de los conocimientos adquiridos y aplicados durante la realización del Proyecto Fin de Carrera de Ingeniería en Geodesia y Cartografía titulado *Desarrollo de Software para Fotogrametría Digital*, presentado en la Escuela Politécnica Superior de Ávila (Universidad de Salamanca).

El gran impedimento a la hora de trabajar en Fotogrametría Digital y la implementación de algoritmos aplicados, está derivado, por un lado, de la necesidad de empleo de imágenes que ocupan mucho espacio de almacenamiento y, por otro, del manejo en memoria de estas imágenes.

Sobre cualquier lenguaje de programación pensado para desarrollo de software sobre Windows, si se abre una imagen de un gran tamaño con los métodos que se ponen a disposición del usuario, el proceso puede llegar a ralentizarse tanto que es posible que se termine bloqueando el ordenador. Entonces, el interés está en cómo manejar estas imágenes en el caso de que ocupen tanto en memoria que al ordenador le cueste "mover" la imagen en pantalla. Por ello, se decidió la creación de un nuevo formato, un formato propio, o si se quiere interno, para con él manejar grandes archivos de imagen.

I.1. Objetivos

Los objetivos que se pretenden con la definición de un nuevo formato de imagen son:

- *Acceso rápido a la imagen:* Que se pueda abrir de forma rápida (o al menos que al usuario no le parezca una eternidad).
- *Navegabilidad:* Que se pueda realizar *roaming* con la imagen.

- *Imagen índice:* Que haya una imagen que nos muestre en todo momento qué parte de la imagen completa es la que se está visualizando en pantalla (*overview*).
- *Acceso fotogramétrico:* Esto implica que se puedan conseguir aspectos necesarios en el manejo de una imagen dentro de la disciplina de la Fotogrametría. Se refiere, por ejemplo, al posible acceso a las coordenadas píxel del puntero del ratón en un determinado momento, cómo obtener el valor del nivel de gris, etc. También hace referencia a la posibilidad de manejar dos imágenes a la vez, para ayudar a conseguir la visión estereoscópica, o tener más de dos imágenes abiertas en caso de aerotriangulación.
- *Acceso al usuario:* El posible usuario de este nuevo formato de imagen debe tener acceso fácil a la imagen, su percepción del código debe ser totalmente opaca y debe limitarse a utilizar el formato como una herramienta fotogramétrica más. Ello no excluye la posibilidad de que ciertos usuarios puedan utilizar de forma un poco más cercana este formato propio de imagen, incluyéndolo en sus posibles aplicaciones, utilizando el código ya generado, creando algoritmos alrededor de él, es decir, que haya una interacción entre el programa a generar por el usuario y el nuevo formato de imagen, pero sin que aquel pueda modificar el contenido de éste, limitándose a utilizarlo. Esta última alternativa se ha empleado con éxito en dos proyectos fin de carrera.

2. DEFINICIÓN DEL NUEVO FORMATO DE IMAGEN

El formato de imagen que se describe a continuación consiste, en lo que se refiere a la representación interna de la imagen, en el formato de mapa de bits de Windows. Este proceder se sustenta en el hecho de

que generalmente se trabaja con sistemas operativos Windows y estos sistemas tienen dicho formato gráfico. Por lo tanto, Windows proporciona un juego de funciones gráficas para emplear con su formato de imagen BMP, que hacen posible manejar las imágenes de una manera eficiente, aunque no por ello sencilla.

El nuevo formato de imagen creado contiene varios mapas de bits, que son copias de la imagen original a diferente tamaño, y, por último, un *bitmap* que servirá de *overview*. Por lo tanto, se trata de una pirámide de imágenes y por ello este formato propio de imágenes recibe el nombre de **Mapa de Bits Jerárquico** y sus archivos llevarán la extensión **BMJ**. Además, se implementa sólo bajo una profundidad de color de 8 bits, es decir, 256 colores, por lo tanto se emplea una paleta de colores para su visualización en pantalla.

Luego el formato BMJ está formado por las siguientes partes:

- *La imagen original*: Se copia la imagen original al nuevo archivo tal cual, con la información de cabecera de archivo, cabecera de *bitmap* y paleta de colores, y el mapa de bits.
- *Estructura BMJ*: Datos acerca de la estructura de este archivo, como pueden ser el número de imágenes en la pirámide, posición en el archivo de las mismas, etc. Es una pieza fundamental dentro de este archivo.
- *Las sucesivas imágenes a diferente tamaño*: Son copias a distinto tamaño de la imagen original, dividiendo sucesivamente su alto y su ancho entre 2, hasta llegar a un tamaño mínimo especificado en el código. Estas imágenes se almacenan en el archivo con la información de cabecera de archivo, cabecera de *bitmap* y paleta y luego el *bitmap*, tal y como si se tratara de un archivo de mapa de bits independiente. De esta manera, el algoritmo que se encargue de la visualización tiene los datos a su disposición y no necesita del cálculo de sus datos, aspecto éste esencial porque ahorra tiempo de cálculo en la visualización.
- *Imagen índice*: Es una imagen que servirá de *overview*; de apoyo en la navegación por la imagen. También se incluyen en el archivo BMJ la cabecera, paleta y el correspondiente *bitmap*.
- Al final del archivo se pueden incluir datos acerca de la imagen tales como los de la Orientación Interna o de la Orientación Externa.

Lo más lógico es que la información de la estructura BMJ estuviera al inicio del archivo, así el código que se encargara de la visualización de la imagen empezaría por leerla y actuaría en consecuencia. Esto no es así debido a dos causas:

- A la implementación del código para realizar el nuevo formato a partir de un mapa de bits, pues existen una serie de inconvenientes prácticos para colocar primero la estructura BMJ y luego la imagen original tal cual.
- Por una causa de carácter práctico, pues si al archivo generado con extensión BMJ se le cambia dicha extensión por BMP se podrá visualizar la imagen original, aunque el archivo contenga más bytes. Esto

ocurre porque para visualizar un mapa de bits el programa que se encarga de hacerlo lee la cabecera del archivo y la cabecera del *bitmap*, donde trae información acerca del tamaño, resolución, profundidad de color, etc., luego carga el *bitmap* en memoria y posteriormente se produce la visualización del archivo en pantalla. Luego, con el resto de la información del archivo BMJ, como no se hace referencia en la cabecera del *bitmap* a ellos, porque no pertenece al mapa de bits original, el programa no los lee ni sabe que están ahí.

El formato creado se especifica para operaciones de lectura/escritura en binario y la estructura se puede resumir en el siguiente gráfico:

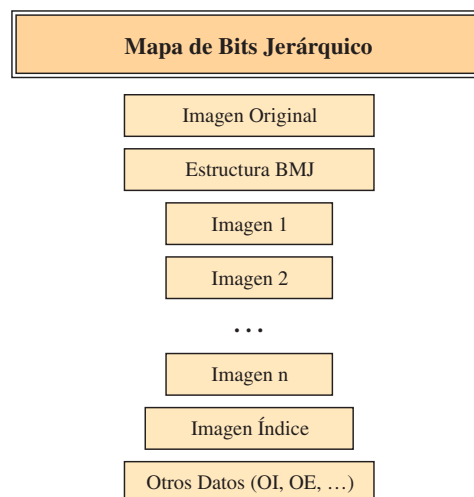


Figura 1. Estructura de archivo Mapa de Bits Jerárquico

La imagen original, sus correspondientes imágenes piramidales y la imagen índice tienen cada una la estructura de archivo de mapa de bits.

3. ESCRITURA DEL FORMATO MAPA DE BITS JERÁRQUICO

3.1. Desarrollo del código de escritura

Para la escritura de archivos en el formato diseñado se crea un control *ActiveX*, que se corresponde con la creación de una *clase*, a modo de *objeto*, que recibe el nombre de *Convierte*. Esta *clase*, u *objeto*, tiene un miembro o función externa principal, *Carga*, que es la única relación que existe entre el control y el hipotético usuario. También existen otra serie de funciones y procedimientos, pero éstos son de carácter interno y son de uso exclusivo del control *Convierte*, por lo que el usuario de este control no tiene acceso a ellos.

La función *Carga* de la clase *Convierte* tiene tan sólo un parámetro y además de carácter opcional. El funcionamiento externo de esta función es bastante sencillo y tan sólo debe especificarse un parámetro, si se desea, o ninguno. Este parámetro simplemente es el nombre del archivo, directorio o camino (*path*) inclusive, que se desea convertir al formato *Mapa de Bits Jerárquico*.



Presentamos MicroStation V8

Descúbralo

Mejore el rendimiento de su proyecto con MicroStation® V8 de Bentley®. La última versión del producto de diseño más potente del mercado incluye en su arquitectura un conjunto de cambios sin precedentes, permitiendo a cualquier persona involucrada en un proyecto saber quién, cómo y cuando realizó alguna modificación. Los usuarios pueden editar y referenciar ficheros DWG –sin necesidad de traducciones–, trabajar sin límites prefijados tanto en el número de niveles como en el tamaño de los ficheros y aprovechar las ventajas de Microsoft® Visual Basic® for Applications, Oracle9i™ así como otras funcionalidades que incluyen: histórico de ficheros, estilos de texto y acotación, modelos, etc. Si no es todavía usuario de nuestro programa SELECTSM, éste es el momento de contratarlo: MicroStation V8. Descúbralo.



Para más información:
Bentley Systems Ibérica, S.A.
Centro Empresarial El Plantío
C/ Ochandiano, 8
28023 Madrid
Tfno: 91.372.89.75
Fax: 91.307. 62.85
www.bentley.es

Luego el código de escritura del formato de imagen *Mapa de Bits Jerárquico* consta de las siguientes partes:

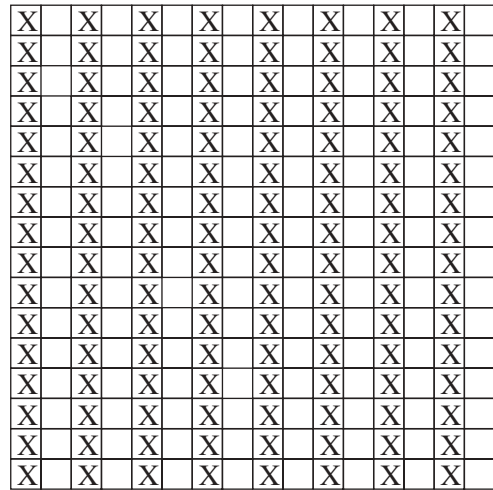
1. Gestión de archivos, tanto del archivo de entrada o lectura como del archivo de salida o escritura.
2. Lectura del archivo de mapa de bits que se desea transformar a BMJ. En concreto se lee la cabecera de archivo y la cabecera del mapa de bits.
3. Chequeo del tipo de mapa de bits, de la profundidad de color y de que no se trate de una imagen comprimida. Esto es así porque sólo se trabaja con un determinado tipo de BMP.
4. Obtención de información de la memoria disponible del ordenador, para actuar en consecuencia.
5. Escritura del archivo BMJ de forma simultánea a la lectura del archivo BMP.
6. Visualización de un indicador del avance en la escritura del archivo BMJ.

3.2. Alternativas

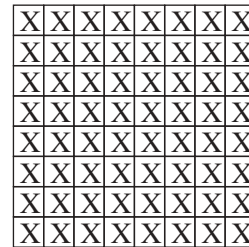
Para la selección de píxeles se estudiaron varias alternativas con el fin de ahorrar tiempo o, si se quiere, para disminuir el número de operaciones a realizar. En concreto, fueron las tres siguientes:

- 1º. Lectura del valor del píxel en la imagen original, uno a uno, y escritura de dichos valores en el mapa de bits correspondiente a la imagen n-ésima.
- 2º. Lectura de ciertas filas completas de la imagen original, escritura de dichas líneas en el mapa de bits correspondiente a la imagen n-ésima. Se completa esta técnica con la visualización escalada de estas líneas.
- 3º. Lectura de ciertas filas completas de la imagen original y escritura seleccionada de píxeles en el mapa de bits correspondiente a la imagen n-ésima.

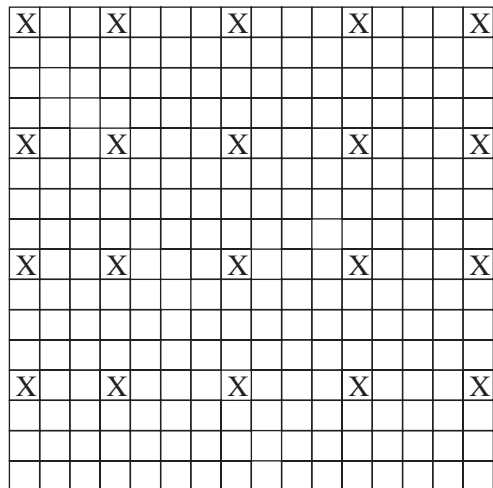
La primera alternativa es la opción intuitiva, la más lógica. Se trata simplemente de ir leyendo en el mapa de bits de la imagen original los valores de los píxeles que se deseen y su posterior escritura en el mapa de bits de la imagen n-ésima. La cadencia en la lectura viene determinada por la división n-ésima de la imagen original. De esta forma, la primera imagen se genera con uno de cada dos píxeles de la imagen original en la primera línea, luego salta a la tercera línea para coger una de cada dos líneas, etc. De forma generalizada, se toma un píxel de cada 2ⁿ píxeles de la imagen original en el n-esimo escalón de la pirámide. A continuación se muestra un ejemplo de forma gráfica. Se supone la imagen original formada por 16x16 píxeles, es decir, 256 píxeles.



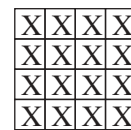
La primera imagen de la pirámide se forma tomando un píxel de cada dos que, como se puede ver en la imagen superior, son los píxeles marcados con X. La imagen así formada es:



que tiene 8x8 píxeles, es decir, 64 píxeles. La siguiente imagen de la pirámide se forma a partir de la original tomando un píxel de cada 4:



luego la imagen resultante es:



con 4x4 píxeles, es decir, 16 píxeles.

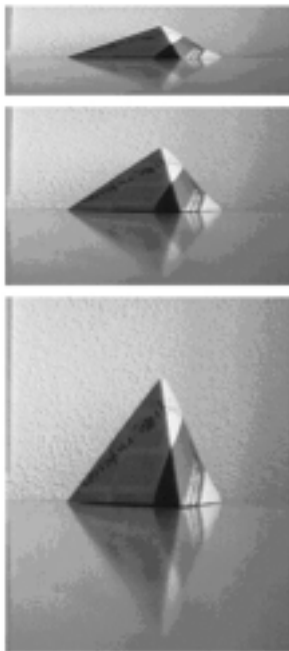


Figura 3. Ejemplo de imagen piramidal según la segunda alternativa

Debido a este inconveniente se rechazó esta alternativa, porque no ofrece garantías en la visualización debido a la función de escalado, aunque tiene un reducido coste temporal.

Por lo tanto, se pensó en una tercera alternativa, que en realidad es un híbrido de las otras dos anteriores, tomando de cada una ellas sus aspectos más positivos. En primer lugar, se lee cada fila completa en una sola operación de lectura y queda cargada en una matriz. Esto ofrece ya una cierta mejora con respecto a la primera alternativa al ahorrar operaciones de lectura. La escritura en el archivo no se realiza con la fila completa, sino un píxel de cada 2ⁿ píxeles. No se reduce el número de operaciones de escritura, pero se consigue una ventaja, porque se obtienen las imágenes piramidales correctas y no es necesario un escalado posterior de la imagen.

Utilizando el mismo ejemplo que se ha usado en las otras dos alternativas, se explica a continuación esta tercera y definitiva. En primer lugar, se



Figura 4. Efecto de huecos debidos a la función de escalado

parte de la imagen original, y para crear la primera imagen de la pirámide se leen una de cada dos filas de forma completa:

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

De cada fila leída, y que está cargada en una matriz unidimensional, se seleccionan uno de cada dos píxeles para escribirlo en el mapa de bits de la primera imagen original

X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

y la imagen generada es la siguiente, de 8x8 píxeles.

X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X

La siguiente imagen piramidal se hace leyendo cada fila de forma completa, una de cada 4 filas, y para la escritura se selecciona uno de cada 4 píxeles

X				X				X				X				X			
---	--	--	--	---	--	--	--	---	--	--	--	---	--	--	--	---	--	--	--

con lo que la imagen resultante es de 4x4 píxeles:

X	X	X	X
X	X	X	X
X	X	X	X
X	X	X	X

Esta es la alternativa implementada en el control *Convierte*.

A continuación se muestra un estudio de los tiempos y tamaños obtenidos para poder hacer una comparación entre alternativas. Los tiempos indicados corresponden a un ordenador Pentium a 166 MHz, con 64 MB de RAM, que si bien se puede considerar hoy día como desfasado, precisamente por ello resulta más adecuado para este tipo de estudios, pues acentúa las diferencias entre alternativas.

Nombre Imagen	1ª Alternativa (segundos)	2ª Alternativa (segundos)	3ª Alternativa (segundos)	% (1ª/2ª)	% (1ª/3ª)
<i>Edif.bmp</i>	17	0,6	7	2.733,33	142,86
<i>tetraedro_d.bmp</i>	44	1,5	18	2.833,33	144,44
<i>Fot209.bmp</i>	162	6	64	2.600,00	153,13
<i>Catast188208.bmp</i>	1.875	136	723	1.278,68	159,34

Como se puede observar, hay un gran rendimiento temporal con la segunda alternativa. Aún cuando con la imagen más grande de todas, *Catast188208.bmp*, baja el rendimiento, sigue siendo una mejora espectacular. Con la alternativa definitiva, la tercera, se reduce el tiempo en más de la mitad, e incluso la relación mejora con el tamaño de la imagen. Los tamaños van de menor tamaño, *Edif.bmp*, a mayor tamaño, *Catast188208.bmp*. La figura 6 ayuda a ver las diferencias temporales, en la que los números se corresponden con la numeración de la siguiente forma:

- *Edif.bmp*: se corresponde con 1.
- *tetraedro_d.bmp*: se corresponde con 2.
- *Foto209.bmp*: se corresponde con 3.
- *Catast188208.bmp*: se corresponde con 4.

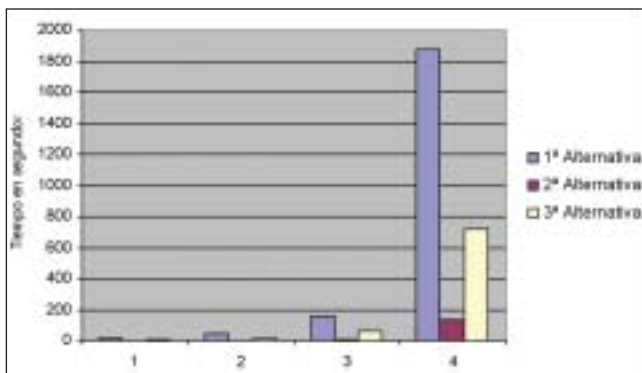


Figura 6. Diagrama de barras con estudio comparativo de tiempos

Una vez elegida la alternativa, se hizo un estudio de tamaños entre las imágenes originales y los archivos BMJ obtenidos. Los datos se muestran en la siguiente tabla:

Nombre Imagen	Tamaño Imagen BMP (Bytes)	Tamaño Imagen BMJ (Bytes)	% Aumento
<i>Edif.bmp</i>	692.224	958.464	38,46
<i>tetraedro_d.bmp</i>	2.109.440	2.801.664	32,82
<i>Fot209.bmp</i>	7.114.752	9.486.336	33,33
<i>Catast188208.bmp</i>	108.234.752	144.324.608	33,34

Como se puede observar, la relación de aumento entre ambos archivos se mantiene en torno a un 33-34%, excepto el primero, que es de 38,46%.

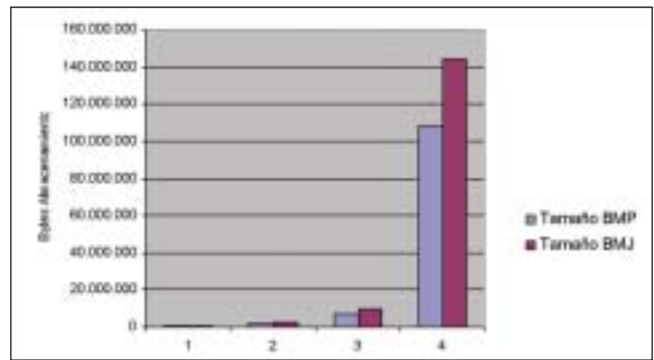


Figura 8. Diagrama de barras con estudio comparativo de tamaños

4. DESARROLLO DEL CÓDIGO DE LECTURA

El código de lectura se implementa sobre un control *ActiveX*, en forma de control de usuario, y que recibe el nombre de *Imagen*. Por lo tanto, las características iniciales son similares al control *Convierte*, que es el control generado para la escritura del formato BMJ. Sin embargo, el control *Imagen* presenta más propiedades, métodos y elementos que el control *Convierte*.

4.1. Gestión de archivos

La función del control *Imagen* para visualizar los archivos BMJ recibe el nombre de *Carga* y se puede llamar de forma externa al control *Imagen*. Esta función puede recibir dos parámetros:

- *nImagen*: Un número identificador de la imagen. Se define como de tipo *Byte*, luego su rango de valores se encuentra entre 0 y 255 en números enteros.
- *NombreArchivo*: El nombre del archivo que contiene el archivo BMJ. Este parámetro es opcional, por lo que su omisión ocasiona que aparezca una ventana para que el usuario elija el archivo BMJ que desea visualizar.

El parámetro *nImagen* es el que sirve de identificador en todo el código, por lo tanto es un elemento indispensable dentro del código del control *Imagen*. Tanto es así que todas las propiedades, métodos y elementos hacen referencia a este identificador, por lo que la primera operación en aquellos es obtener el identificador de la imagen.

El parámetro *NombreArchivo* es el nombre del archivo más la ruta de directorios donde se encuentra. Es opcional, por lo que su omisión genera la presentación en pantalla de una ventana a modo de cuadro de diálogo, donde el usuario puede elegir el archivo de tipo *Mapa de Bits Jerárquico* que desea abrir. En el caso de que el usuario pulse *Cancelar* en esta ventana, se muestra un mensaje indicando que el usuario ha decidido *Cancelar la acción*, por lo que no se abrirá ninguna imagen.

La función *Carga* del control *Imagen* devuelve una variable booleana, y de esta forma se puede controlar si se ha producido un error en la visualización de la imagen. Si la función devuelve *Verdadero* se considera que no se ha producido ningún error en la visualización de la imagen. En cambio, si la función, una vez ejecutada, devuelve *Falso*, significa que ha habido algún error en la visualización.

4.2. Lectura del archivo BMJ

Se pueden distinguir dos tipos de lecturas del archivo BMJ, dependiendo de cuándo se realice la misma:

- *Lectura inicial*: Se realiza mediante la función *Carga*, de forma externa al control *Imagen*. Esta lectura está gestionada por dicha función.
- *Lectura en tiempo de ejecución*: Se realiza de forma interna desde el control *Convierte*, en respuesta a los eventos que pueda generar el usuario. Esta lectura no está gestionada por la función *Carga*.

La lectura inicial, gestionada por la función *Carga*, sigue los siguientes pasos:

1. Lectura de la cabecera del archivo y de la cabecera del mapa de bits
2. Redimensionamiento de una matriz que almacenará los valores del mapa de bits que se van a cargar
3. Almacenamiento del mapa de bits en la matriz redimensionada
4. Preparación de las estructuras adecuadas para que puedan ser admitidas por las funciones de visualización
5. Envío de las estructuras a las funciones de visualización.

Como ya se ha explicado anteriormente, el formato de archivo BMJ se fundamenta en el formato BMP y éste está pensado para facilitar su visualización en Windows. Es por ello que las funciones que se utilizan para mostrar una imagen en pantalla admiten como parámetros las estructuras que existen dentro del formato BMP. Éstas están contenidas en el archivo del formato BMP y también están contenidas dentro del archivo de extensión BMJ.

Por lo tanto, en la lectura de un archivo BMJ se puede hablar de dos tipos de acciones, independientemente de si se trata de la lectura inicial o de la lectura en tiempo de ejecución:

- *Lectura propiamente dicha*: Se leen los valores correspondientes al formato y se almacenan en las variables adecuadas.
- *Preparación de la visualización*: Para ello se cargan los valores necesarios en variables que sean acordes con:
 - las estructuras admitidas por las funciones de visualización
 - la parte de la imagen que se desea mostrar
 - la imagen que corresponda dentro de la pirámide de imágenes.

Las estructuras adecuadas para la visualización son la cabecera de mapa de bits (BITMAPINFOHEADER), la paleta de colores (RGBQUAD) y el mapa de bits propiamente dicho.

4.3. Pasos para mostrar un mapa de bits

Los pasos que hay que realizar para poder presentar un mapa de bits en pantalla, o si se quiere en cualquier otro dispositivo, son los siguientes:

1. Obtención del *bitmap*
2. Creación de un contexto de dispositivo de memoria
3. Selección del *bitmap* en este último contexto de dispositivo
4. Copia desde dicho contexto al dispositivo que se vaya a utilizar para su visualización
5. Eliminación del contexto de dispositivo creado en el paso 2
6. Eliminación del mapa de bits cuando se haya finalizado con él.

4.4. Visualización de una parte de la imagen

La zona de la imagen que se desea mostrar está determinada en todo momento por las acciones que el usuario considere conveniente realizar; por lo que la navegación por la imagen es controlada por el usuario. La zona de la imagen que se desea mostrar corresponde entonces con:

- Las coordenadas X, Y, del origen de la zona de la imagen
- El ancho y el alto de la ventana de visualización
- La imagen correspondiente dentro de la pirámide de imágenes
- El identificador de la imagen BMJ.

Estos valores son los que determinan qué zona de la imagen se visualiza y son determinados en todo momento.

Conviene recordar la estructura del archivo BMJ, que, por este orden, tiene los siguientes elementos:

- Imagen Original
- Estructura BMJ
- Pirámide de imágenes
- Imagen Índice
- Datos relativos a Orientaciones.

También conviene recordar la forma de un archivo BMP, que, por orden, está formado por:

- Cabecera de archivo
- Cabecera del mapa de bits
- Paleta de colores
- Mapa de bits.

Por último, conviene recordar los conceptos de *scan line*, número de bytes necesario para representar una línea, y del mapa de bits completo. Y, sobre todo, es interesante refrescar ahora la estructura secuencial del mapa de bits.

La pregunta ahora es ¿Cómo se visualiza una zona de la imagen? La respuesta a esta cuestión es la pieza clave dentro de este Proyecto Fin de Carrera. La visualización de una zona de la imagen tiene varios pasos, y éstos son los siguientes:

1. En primer lugar, mediante el identificador de la imagen BMJ, se accede a la imagen BMJ correspondiente de las varias que es posible tener abiertas.
2. Después, se accede a la imagen n-ésima dentro de la pirámide.
3. Con las coordenadas X, Y del origen de la zona de la imagen, se accede, dentro del mapa de bits correspondiente, al primer píxel.
4. Mediante el ancho y el alto de la zona a visualizar, se leen los valores del mapa de bits correspondientes.
5. Se siguen los pasos necesarios para mostrar un mapa de bits en pantalla.

Los tres primeros pasos son de gestión de archivos. El primer paso trata de saber sobre qué archivo hay que efectuar la lectura. El segundo y tercer paso acceden al primer píxel a visualizar, teniendo para ello en cuenta los valores almacenados en la estructura BMJ y las coordenadas del origen.

La estructura BMJ es:

```
Public Type BitMapJerarquico
    Tipo As Byte
    nBitmap As Byte
    posBitmap() As Long
    posDatos As Long
End Type
```

El miembro *posBitmap(n)* permite, dentro del archivo BMJ, acceder a la posición de inicio de la imagen n-ésima. A continuación, se accede al inicio del mapa de bits de dicha imagen mediante el miembro *bfOffBits* de la estructura BITMAPFILEHEADER.

La siguiente acción será acceder al píxel de inicio de la zona a visualizar mediante las coordenadas del origen. Sin embargo, debido a la configuración *bottom-up* del mapa de bits, por la que la imagen aparece invertida en el orden de sus filas, realmente se accede a la esquina inferior izquierda, en lugar de a la esquina superior izquierda, donde es norma común colocar el origen de coordenadas en una imagen digital.

Una vez que se accede a la esquina inferior izquierda, se lee por filas sólo el ancho a visualizar, con lo que la imagen que se carga en memoria es exclusivamente la que se desea visualizar, pues la estrategia se basa en que se carga en memoria sólo la zona de la imagen a visualizar y no toda la imagen.

Para visualizar una zona de la pantalla se deben asignar valores a las estructuras del formato BMP para poder pasarlas a las funciones de visualización. Por lo tanto, para cada zona de la imagen que se presente en pantalla es necesario modificar los siguientes miembros de la estructura BITMAPINFOHEADER:

- *biWidth*: Es el ancho de la zona a mostrar.
- *biHeight*: Es el alto de la zona a mostrar.
- *biSizeImage*: Tamaño del mapa de bits en bytes.

5. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONALIDADES

En este apartado se describen, de forma breve, algunas de las funcionalidades del control *Imagen*, entendidas como propiedades, métodos y elementos que articulan las acciones del usuario hacia el control *Imagen* en tiempo de ejecución

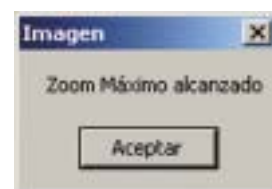
Junto con la ventana que muestra la visualización en pantalla de la imagen, también se han diseñado las siguientes ventanas:

- *Imagen Índice*
- *Zoom*
- *Factor de Zoom*
- *Paleta*
- *Histograma*.

A continuación se describen estas ventanas, para qué sirven y cómo se implementan. Sin embargo, antes se detallarán las funciones de la ventana de *Visualización*.

Las opciones que se permiten son las siguientes:

- *Imagen Índice*: Visualiza la Imagen Índice.
- *Zoom +*: Si en el momento de ejecutar este comando la zona de la imagen mostrada corresponde a la imagen n-ésima de la pirámide, visualiza la zona de la imagen correspondiente a la imagen inmediatamente superior en cuanto a tamaño, es decir, la imagen (n-1)-ésima. Si no hay imagen superior se muestra el siguiente mensaje, y para seguir aumentando en tamaño es necesario hacer uso del comando *Hacer Zoom*.



- *Zoom -*: Si en el momento de ejecutar este comando la zona de la imagen mostrada corresponde a la imagen n-ésima, visualiza la zona de la imagen correspondiente a la imagen inmediatamente inferior en cuanto a tamaño, es decir, la imagen (n+1)-ésima de la pirámide. Si no hay imagen inferior se muestra el siguiente mensaje:



- *Hacer Zoom*: Permite realizar un Zoom de la imagen
 - *Paleta*: Permite modificar la tabla de colores.
 - *Anaglifo*: Permite mostrar el anaglifo de dos imágenes.
 - *Roaming*: Permite realizar el denominado *roaming* de dos formas, bien por medio de movimientos del ratón o bien por acción de la rueda superior del ratón.
 - *Visión Estereoscópica*: Se consigue con la ayuda de un estereoscopio. Además, permite visualizar las marcas flotantes, moverlas de forma conjunta o independiente y otras aplicaciones fotogramétricas.
 - *Coordenadas Píxel*: Permite ver las Coordenadas Instrumentales en tiempo real. Se visualizan al lado del puntero del ratón, como se puede ver:
- *Fotocoordenadas*: Permite ver las fotocoordenadas en tiempo real. Se visualizan al lado del puntero del ratón.
 - *Nivel Digital*: Permite ver el nivel digital del píxel sobre el que se sitúa el puntero del ratón.
 - *Histograma*: Permite visualizar el histograma de la imagen
 - *Orientación Interna*: Permite ver, introducir y modificar los parámetros de Orientación Interna de la imagen.

Supere los límites

Trévase a comparar

Compare las especificaciones para ver cuánto más lejos puede llegar con los sistemas de edición electrónica de distancias (MED) de reflexión directa de Trimble.

Hay momentos en los que sencillamente tenemos que llegar un poco más lejos y un poco más rápido, tanto en el sitio de la obra como durante el tiempo de ocio. Para el sitio de la obra le recomendamos las **Estaciones Totales de reflexión directa (DR)** de Trimble, que fijan el registro en cuanto a distancia, precisión, velocidad y seguridad. ¿Y para el ocio? Pues bien... Usted podrá fijar los límites.

100+ 3600 LÁSER DE PULSO	El rendimiento de la DR Estándar de Trimble es comparable con otras MEDs sin prismas (reflectores) con desplazamiento de fase
100+ 3600 LÁSER DE PULSO	600m a una tarjeta Kodak Gray (con un nivel de reflexión del 18% en el lado gris) • Con un alcance superior al doble de la DR con desplazamiento de fase • La precisión es de 3 mm + 3ppm incluso en distancias grandes
100+ 3600 LÁSER DE PULSO	600m a una tarjeta Kodak (con un nivel de reflexión del 90% en el lado blanco) • Obtenga una precisión de 3 mm + 3ppm incluso en las distancias más grandes hasta 800 m sobre una tarjeta Kodak (con un nivel de reflexión del 90% en el lado blanco) • La precisión es de 3mm + 3ppm incluso en las distancias más grandes
100+ 3600 LÁSER DE PULSO	600m a una tarjeta Kodak Gray (con un nivel de reflexión del 18% en el lado gris) • Realice mediciones extremas sin comprometer la velocidad o la precisión • La precisión es de 3mm + 3ppm incluso en distancias grandes

- *Orientación Externa:* Permite ver, introducir y modificar los parámetros de Orientación Externa de la imagen.
- *Focal cámara:* Permite ver, introducir y modificar la distancia focal de la cámara con la que se ha obtenido la imagen.

6. CONCLUSIONES

Las ventajas del desarrollo de un formato propio de imagen, para poder así manejar la misma, se pueden determinar como las siguientes:

- Acceso a la imagen en varias de sus vertientes: Acceso directo a los píxeles que forman la imagen, a nivel de posición (geométrico) y a nivel de colores (radiométrico). También acceso a su tamaño, a su resolución, etc.
- Manejabilidad de la imagen: Si se puede mostrar en pantalla sólo partes de la imagen, si se puede hacer roaming con ella, etc..

Los inconvenientes de desarrollar un formato propio de imagen se podría decir que son los menos, pero no por ello carecen de importancia:

- Desarrollo de software específico para poder manejar el formato de imagen a crear.
- Desarrollo propio del formato y de su implementación algorítmica.

- Se deberá incorporar un paso previo en las aplicaciones que utilicen este formato para poder realizar una transformación del formato original al formato que se pretende realizar.
- Otro formato gráfico más. Esto enlaza con la idea de caos que se puede percibir en el mundo de la informática gráfica, donde cada nuevo programa tiene su propio formato.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Charte, F.; Clavijo, J.A.; de Antonio, A.; Pascual, J.; Segarra, M.J. *Programación avanzada en Windows 2000*, Ed. McGraw-Hill, 2000, Madrid.
- González, R.; Woods, R. *Digital image processing*, Addison-Wesley Publishing Company, 1992. (Edición en castellano).
- Kraus, K. *Photogrammetry*, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn.
Volumen I: *Fundamentals and Standard Processes*, 4ª ed., 1993.
Volumen II: *Advanced Methods and Applications*, 4ª ed., 1997.
- Richter, J. *Programación avanzada en Windows*, Ed. McGraw-Hill, 1997, Madrid.
- Wolf, P. R. *Elements of Photogrammetry, with air photo interpretation and remote sensing*, 2ª ed., McGraw-Hill, 1983, New York. ■

MÁXIMO ALCANCE DR



Sólo Trimble le permite realizar mediciones extremas de hasta 800 m sin un prisma. Pero no nos tome la palabra, nos gustaría que usted mismo pusiera a prueba una de nuestras estaciones totales DR.

EXTREMADAMENTE RÁPIDO, EXTREMADAMENTE PRECISO



Sólo Trimble ofrece una MED con capacidad DR con una precisión de 1mm +1ppm a un prisma. Las opciones DR200+ y DR300+ de largo alcance de Trimble fijan los estándares en cuanto a precisión, rapidez y seguridad para su vista en las mediciones DR.

MÁS OPCIONES



Sólo Trimble le permite seleccionar entre las opciones DR Estándar con desplazamiento fase o DR de láser de impulsos de largo alcance: prube ambas y decida por sí mismo. La DR Estándar está disponible en las Estaciones Totales 3300, 3600y 5600. Las opciones DR200+ y DR300+ de largo alcance están disponibles en las Estaciones Totales 5600 con servocontrol.

Contacte con el distribuidor de Trimble hoy mismo o visite nuestro sitio web www.trimble.com/extreme para ver por sí mismo nuestras mediciones extremas de distancia, rápidos tiempos de medición y la alta precisión.

Trimble Navigation Iberica S.L. · Vía de las Dos Castillas No. 33 · ATICA. Edificio 6. Despacho B-2
28224 Pozuelo de Alarcon, Madrid · Tel. +34 91 351 01 00 · Fax +34 91 351 3443
© 2003, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Todas las marcas son propiedad de sus respectivos titulares. SUR-046

WWW.TRIMBLE.COM



• Láser Clase 1 seguro para su vista

• El tiempo de medición por lo general no se reduce con la distancia Realice mediciones extremas de
• Estándar de seguridad: láser Clase 1 • El tiempo de medición es de tan solo unos segundos incluso en estas distancias extremas

• Láser Clase 1 seguro para su vista

NUEVO

Mapas Antiguos y Leyendas Modernas

José Martín López

I. T. EN TOPOGRAFÍA

PROFESOR EMÉRITO DE LA UPM

Los tres mapas que vamos a examinar no tienen en común otra cosa que una cierta relación con Colón y con América, aunque probablemente el descubridor no vio ninguno de ellos.

Aparte su interés histórico, los tres se han hecho célebres por las leyendas que han surgido en torno a ellos, unas más plausibles que otras, pero todas llenas de intriga, fantasía y misterio. Son el Mapa de Vinlandia, la carta atribuida a Cristóbal Colón y el Mapa del Atlántico de Piri Reis. De los tres se ha escrito mucho, pero no sólo por estudiosos de la cartografía antigua, sino sobre todo por periodistas disfrazados de arqueólogos y entusiastas del sensacionalismo. Fantasías aparte y limitándonos a los aspectos serios, de los tres hay mucho que hablar y procuraremos contar lo más notable y lo más seguro.

Los tres son mapas de gran interés, si se pretende estudiarlos de verdad, pero a estos asuntos serios no se les presta tanta atención como a las fantasías musicales.

Y es que hay muchos que en vez de estudiar un mapa real, tienen preferencia por imaginar posibilidades esotéricas, sin más fundamento que plantear el escándalo y la desautorización de la "ciencia oficial", a la que siempre se acusa de negar todo lo que no encaja con sus menguados conocimientos y rechazar los descubrimientos mágicos, que son los buenos, o por lo menos, los económicamente rentables. En una sociedad dominada por el capitalismo, no cabe duda de que éste es un gran argumento.

La verdad es que la única obra segura de Colón es un croquis del NW de la Hispaniola, hecho a finales de 1492, que se conserva en la biblioteca de la Casa de Alba, interesante por ser de quien es, pero elemental y sin pretensiones cartográficas. Ni siquiera tiene una sencilla rosa náutica, ni por supuesto paralelos, que buena falta hubieran hecho, y podría haber situado, porque tomar latitudes sí sabía hacerlo, aunque lo hacía bastante mal.

VINLAND

Su descubrimiento se anunció a bombo y platillo el 11 de octubre de 1965, con toda premeditación, para reventar la fiesta del *Columbus Day* a los italianos de New York; para más efecto su aparición coincidió también por casualidad con la publicación por la Yale University Press de *The Vinland Map and Tartar Relation*, cuyos autores son R.A. Skelton, T.E. Marston y G.D. Painter.

Su aparición llenó de alegría a los americanos más reaccionarios, esos que llaman WASP (White Anglo Saxon Protestant), convencidos de la superioridad nórdica. El presidente Johnson, estaba encantado de que América hubiera sido descubierta por los piratas vikingos, rubios y altos; en vez de por una pandilla de andaluces y cántabros mandados por un genovés, gente toda morena, bajita y alborotadora, o sea de segunda categoría.

El mapa es pequeño, mide 11" x 16" (28 x 40 cm), está dibujado sobre dos piezas de pergamino fino, plegado para encartar en un librito llamado *Relación Tártara*, y nadie había reparado en él durante varios siglos, a lo mejor porque no estaba allí. El pergamino tiene ocho agujeros de esos que hacen los parásitos que viven entre los libros, cuando disponen de tiempo suficiente. La tinta del dibujo es negra y ha dado mucho que hablar.

A primera ojeada, todos los que no eran Wasp, y algunos que lo eran, descubrieron su falsedad, que ha sido luego demostrada por análisis indiscutibles.

Pronto se advirtió su semejanza de figura con el mapa de Andrea Bianco, con adiciones no caprichosas, sino interesadas en llevar el agua a su molino. Naturalmente ha sido muy estudiado y a estas horas hasta se sospecha quién hizo la falsificación, cuándo y los medios que empleó; pero da igual, porque sigue y seguirá dando que hablar y teniendo partidarios de su autenticidad.



Mapa de Andrea Bianco (1436)

Es lástima que no sea auténtico, porque no se conoce un sólo mapa vikingo, y el más antiguo de los hechos por escandinavos es del siglo XVI, o sea muy tardío para anunciar descubrimientos, porque los normandos rozaban el Ártico desde 700 años antes. Es raro que no hayan dejado mapas, ni siquiera su recuerdo, porque los europeos del Norte, británicos, flamencos, germanos, escandinavos y bálticos, habían constituido una poderosa Liga Marítima, la Hansa, que mantenía relaciones comerciales muy estrechas entre los puertos del Mar del Norte y del Báltico, y que usaban también las rutas terrestres con el Sur de Europa. Los escandinavos, marinos muy expertos, cruzaban el Golfo de Vizcaya y el Mar del Norte, alcanzando y colonizando las Shetland y Feroe, e incluso llegaron a Islandia, Groenlandia y Terranova; pero nadie más tuvo noticia de estos últimos descubrimientos, de los que no hicieron cartografía, y que fueron olvidados y sus rutas abandonadas.

Si el mapa de Vinland fuera auténtico vendría a rellenar este vacío, pero huele a falso de lejos. No es una carta náutica, porque no tiene rosas de vientos, ni líneas de rumbo, que ya serían difíciles de representar en latitudes tan altas como las que allí aparecen. Al igual que su probable modelo, el de Andrea Bianco, es un mapa circular, de los llamados discarios, heredero de los medievales T en O; está escrito en latín y rotulado en gótico, del fácil de leer; tiene 62 topónimos y siete leyendas, o sea que está bastante vacío, como si fuera una minuta incompleta. La leyenda más próxima a Vinland dice que lo descubrieron "*byarnus y leiphis erissonius*," que hay que interpretar como Bjarn Herlofsson y Leif Eriksson,

mencionados en las Sagas escandinavas.

Ni es una carta plana, ni se adivina un sistema de proyección; con una cosa así no se puede navegar, de modo que el problema de la carta náutica vikinga tampoco quedaría resuelto; sólo podría considerarse como un *mapa mundi* académico, desde luego en borrador; porque carece de intentos estéticos, no tiene ornamentación, ni dibujos, ni colores, ni rotulación de fantasía. Sería en ese caso el comienzo de una obra mentalmente tan avanzada como los mapas de Andrea Bianco de 1436, o de Fra Mauro de 1459, obras que sólo pueden producirse en un medio cultural muy desarrollado, como fue en el que surgieron estos, y que poco tiene que ver con la sociedad nórdica de esa época.

La *Relación Tártara* y su mapa escondido fueron comprados por un benefactor de la Universidad de Yale, llamado Paul Mellan, y donados a la Beinecke Rare Book and Manuscript Library, en 1957, por 3.500 US\$, poca cosa, porque sólo el mapa ha sido luego asegurado en 25.000.000 de US\$. Después de eso, aunque la falsedad se demuestre por triángulos semejantes, hay ya demasiado interés en que sea auténtico y siempre habrá quien lo defienda, aunque no sea más que

para no dejar en ridículo a la famosa Universidad.

Parece que el mapa apareció en 1957, que lo lanzó al mercado un profesional de estas cosas llamado Laurence C. Witten, de New Haven (Connecticut); él pudo adquirirlo de un librero italiano de Barcelona, Enzo Ferrajoli, que en 1957 ofreció la *Relación Tártara* en Londres, París y Génova. El italiano quizá lo consiguió de un anciano coleccionista español, llamado D. Luis Fortuny. Estas últimas noticias las ha aportado Hellen Wallis, sucesora de Skelton en el puesto de Superintendente del Map Room del British Museum, que conoce el asunto desde sus comienzos, pero nadie ha tratado de ir más allá, de buscar a Don Luis y de preguntarle de dónde lo había sacado él. Claro que si ya era muy anciano hace 50 años, lo más probable es que se haya muerto. Se trata de un misterio cultivado y mantenido, muy cuidado para que crezca. A estas horas, todos los que participaron en el enredo han fallecido, de manera que no hay modo de desenredarlo.

La *Relación* es un manuscrito que cuenta la misión del fraile franciscano Giovanni de Piano Carpini, que entre 1245 y 1247 viajó a Extremo Oriente. No se sabía que el mapa estuviese dentro, y quizá no estaba, porque los mal pensados creen que alguien lo ha hecho hace pocos años y lo ha metido luego.

Todavía hay otro manuscrito que interfiere en este misterio; se trata del *Speculum Historiale*, de Vincent de Beauvais, un ejemplar del mismo tamaño que el mapa, y con agujeros de parásitos que coinciden con los





de aquel, como si el mapa hubiera estado allí mucho tiempo, aguantando a los xilófagos, o como si se hubiera dibujado en hojas en blanco finales del libro, ya agujereadas, que es más fácil. Pero entonces podría ser una falsificación, antigua o moderna hecha sobre papel antiguo.

Las falsificaciones se hacen siempre con un propósito, el más frecuente de los cuales es el de ganar dinero, algo que se ha conseguido con ésta, aunque se sospecha que la intención pudo ser otra. Hay quien cree haber dado incluso con el autor de la falsificación, y se lo atribuyen al jesuita Joseph Fischer (1858-1944), un destacado estudioso de la cartografía antigua, aduciendo la semejanza entre su rotulación cursiva y los manuscritos de este autor, suponiendo que lo hizo hacia 1930 con el propósito de burlarse de los apóstoles nazis y anticatólicos de la raza aria, haciéndolos picar con un cebo que no podía dejar de entusiasmarlos en su manía de superioridad racial. Otros atribuyen el fraude a un profesor yugoslavo llamado Luka Jelic, fallecido en 1922, que tenía la obsesión de demostrar que hubo una jerarquía cristiana establecida en Vinland.

En cuanto a los análisis antes aludidos fueron hechos sobre el papel, que según la datación es efectivamente antiguo, y sobre la tinta, que según unos prestigiosos laboratorios de Chicago contiene dióxido de titanio, un compuesto que la industria no produjo hasta 1917 y sólo fue comercializado en 1920. Claro que los partidarios de la autenticidad objetan que el óxido pudo producirse espontáneamente sobre una tinta antigua, con lo que no perdería nada de credibilidad. La discusión continúa a estas horas y puede que quede para rato.

PIRI REIS

La leyenda de esta carta es especialmente fantástica. Se trata de un mapa del que hay mucho que decir, porque es muy interesante sin necesidad de inventos, pero los fabricantes de leyendas rentables lo han cogido por su cuenta, montando un monumento de embelecos impresionante.

El asunto lo inició el novelista francés Bergier en su conocida obra *El retorno de los brujos*, y lo hizo con suma habilidad. El párrafo origen del equívoco dice así:

"Piri Reis, oficial de marina turco del siglo XIX, regala a la Library of the Congress un paquete de mapas descubierto en Oriente, del siglo I al XVI. En 1952 Arlington H. Mallery, gran especialista, los estudia. No pueden tener proyección, porque la geometría proyectiva data de Monge. Mallery pasa a Walteri, y en el año geofísico, en 1955, pasa al jesuita Daniel Lincham, del Observatorio de Weston, responsable de cartografía marina de los Estados Unidos. Comprueba que todo es perfecto, hasta el relieve de la Antártida bajo el hielo".

Obsérvese que el Piri Reis de Bergier es un oficial de marina del siglo XIX. No conozco nada del idioma turco, pero me han jurado que la palabra Reis no es un apellido, sino un título, o mejor dicho un tratamiento o un grado equivalente al de Almirante, que no creo siga usándose, lo que haría del personaje de Bergier un imposible. Puede que Bergier no supiera eso, pero sí sabía que el nombre de su misterioso oficial coincide casualmente con el de un almirante del siglo XVI y que así daba pie a que el lector erudito se confundiera con el auténtico Piri Reis, del que nadie se acordaba. Bergier no lo había dicho, él se refirió a un oficial turco del siglo XIX, pero ahí queda la igualdad de nombre y todos cayeron en la trampa.

Lo grave es que el citado mapa del Atlántico sí existe y su autor es el Piri Reis del XVI, con lo que el embrollo está servido. La ocasión se ha aprovechado para buscarle varios pies al gato, con la apariencia de la mayor seriedad.

Por si lo de Bergier fuera poco, un estudioso de los mapas antiguos llamado A.H. Mallery sugirió que la parte sur del continente americano se prolongaba hacia el Sur, tal como lo hace la plataforma continental hacia la Antártida, es decir, como seña quitando el hielo y bajando el nivel del mar. Ahora bien, para que baje el nivel del mar, lo que hace falta es una glaciación que convierta el agua en hielo, con lo que el casquete antártico aumentaría. Otro estudioso, Charles H. Hapgood, propuso una explicación: el mapa podía ser copia de uno mucho más antiguo, fruto de alguna civilización desconocida, apuntando a los míticos atlantes. Lo dejó ahí, sin decir cómo tenía que ser de antiguo para no tener hielo la Antártida, que por lo que parece lleva cubierta desde mucho antes de las glaciaciones europeas. Eso no tiene importancia para los atlantes míticos, que ya estaban avanzadísimos antes de los neanderthal históricos.

Para complicarlo aún más aparece en el juego el conocido farsante suizo Erich van Daniken, especializado en explicaciones extraterrestres. Para Daniken, la extraordinaria precisión del mapa sólo se explica si ha sido hecho desde el aire, es decir si es una imagen de satélite, necesariamente extraterrestre, porque los turcos del siglo XVI no hacían esas cosas. Por lo visto, para Daniken la cartografía es imposible sin satélites, pero lo bueno del caso es que al cabo del tiempo, en una conferencia Daniken declaró tranquilamente que no había visto el mapa y sólo lo conocía por referencias, lo que no tenía importancia para formular hipótesis llenas de osadía.

Se ha dicho que el mapa muestra con extraordinaria coincidencia la costa de la Antártida, que tiene una representación de los fondos submarinos y otro montón de maravillas, que naturalmente no podían hacer los turcos, ni nadie en el siglo XVI. La tendencia a aceptar elucubraciones fantásticas, ayudada por la ignorancia en temas cartográficos, ha hecho que estas historias sigan adelante y hasta den lugar a documentales tele-

vivos de apariencia científica. A nadie se le ocurre pensar que la coincidencia de figura por superposición entre dos mapas sólo es posible si ambos están no sólo a la misma escala, sino en la misma proyección cartográfica, y que proyecciones calculadas hay más de cuatrocientas, con lo que manejándolas con habilidad se puede conseguir cualquier cosa. Pero el mapa de Piri Reis, no está dibujado en ninguna y no llega a ser ni una carta plana, porque no tiene meridianos ni paralelos, sino tan sólo líneas de rumbo

Los que no creemos en la magia extraterrestre, no podemos por menos de recordar el teorema del "Guerra", aquel que afirma que lo que no puede ser, no puede ser y además es imposible. Bueno será recordar que la costa de la Antártida no se llegó a pisar hasta comienzos del siglo XIX, y no por falta de ganas, sino porque las dificultades seguían resultando insuperables pasados trescientos años de la muerte del almirante cartógrafo turco. Por supuesto, que si los autores del mapa mágico han superado las posibilidades humanas, tienen que ser extraterrestres, que por alguna desconocida razón prefirieron transmitir a los hombres sus conocimientos secretos sobre el Atlántico Sur, en vez de explorar el Atlántico Central, que en el mapa está bastante mal, tan mal que hay dos ríos posibles Amazonas, Cuba está confundida con la Española, las islas Vírgenes están muy desplazadas, y algunas otras cosas, que no es menester detallar, porque no se trata de atacar a Piri Reis, que nos es muy simpático, sino a Bergier, Mallery, Hapgood y Daniken, que son unos liosos.

Parece que la ciencia extraterrestre sólo es apta para latitudes altas y se desentiende de las medias. Es curioso que antes las ayudas de civilizaciones superiores benéficas y ajenas siempre procedían de los atlantes, de quienes nadie se acuerda desde que hizo su aparición la Dorsal Centroatlántica y se olvidó lo de los puentes continentales y los continentes hundidos; pero ahora han sido sustituidos con ventaja por los extraterrestres, mucho más poderosos.

Lo raro del caso es que el Piri Reis de verdad tiene una bien merecida fama por su obra cartográfica, muy extensa y de alta calidad, pero está siendo suplantada por estas leyendas organizadas. La verdad es menos fantástica que el rumor, pero mucho más interesante.

El auténtico Piri ibn Haji Muhyiddin, llamado Piri Reis, es decir Almirante Piri, nació en Gelibolu (Gallípoli) hacia 1465; era de origen griego y sobrino del almirante Kemal Reis, con quien navegó desde los doce años. Con base en la isla de Djerba, acompañó a su tío en muchos viajes a España para evacuar moros huidos de la guerra de Granada, en la que participó desde la mar, porque en 1487 su escuadra bombardeó Málaga.

Estuvo en la guerra contra Venecia (1499-1502), y a la muerte de su tío en 1511 volvió a Gallípoli, donde comenzó a preparar sus obras cartográficas. En 1517 tomó el mando de siete naves en la campaña contra los mamelucos de Egipto y Rodas (1523). Entre 1528 y 1540 permaneció en tierra, dirigiendo el arsenal de Stambul. Navegó luego por el Mar Rojo, el Indico y el Golfo Pérsico y en 1547 fue nombrado Almirante de la Flota de Egipto, con la misión de controlar los movimientos de los portugueses por el Mar Rojo y el Indico. En 1552 mandó una expedición contra los portugueses en Hormuz, pero levantó el sitio de la plaza y sus enemigos le acusaron de haber aceptado un soborno. La acusación no pasó desapercibida, fue llamado a El Cairo para explicar su conducta, no pudo justificarla y le decapitaron en 1554.

Una vida larga y agitada, sorprendente en un navegante y hombre de acción que fue a la par un hombre de gran cultura, que además de ser un experto cartógrafo, tenía conocimientos de astronomía, hablaba turco, griego, italiano, español, portugués y árabe.

Su obra maestra es un atlas náutico del Mediterráneo, titulado *Kitab-i Bahriye* (Libro del Mar) y está compuesto hacia 1525-1526; sus dimensiones son 35 x 46 cm, y contiene 840 páginas, de las que 224 corresponden a cartas manuscritas e iluminadas, detallando todas las costas mediterráneas. El libro fue dedicado a Solimán el Magnífico. Se conservan 32 ejemplares del *Libro del Mar*, correspondientes a dos ediciones, una de ellas utilitaria y la otra de lujo, uno de éstos en la Biblioteca Nacional de París. Comprende 23 capítulos, en los que cuenta la vida de Kemal Reis, los instrumentos de navegación, la astronomía, los sistemas de representación cartográfica, describe el Océano Atlántico, el Indico y el Golfo Pérsico, los descubrimientos de los portugueses y los de Colón. El *Libro del Mar* ha sido traducido recientemente al español por Miguel Ángel de Bunes Ibarra, de la Universidad Autónoma de Madrid.

En cuanto al mapa del Atlántico de Piri Reis, origen de todo el problema, está fechado en 1513, mide 90 x 65 cm y fue encontrado en 1929 al formarse el Museo Topkapi Sarayi, de Stambul. Tiene 117 topónimos y 30 leyendas en turco, idioma de sus posibles lectores, más otra en árabe, idioma de la gente culta de Oriente, como el latín lo era en Occidente. En ésta es donde aparece el nombre del mapa, fecha y autor; también dice que en su confección se utilizaron ocho mapas de Ptolomeo, cuatro cartas portuguesas, una árabe del SE de Asia y un mapa del Nuevo Mundo, con informes obtenidos de un español esclavo suyo, que había navegado con Colón.

Como en la carta conservada no hay nada de Asia, ni del Mediterráneo, cabe pensar que no está completa, y que debió formar parte de un mapa mundial en cuatro hojas, de la que ésta sería la inferior izquierda. Si todas eran iguales, hubiera medido 180 x 130 cm.



Hemos revolucionado el mercado español gracias a la confianza de nuestros clientes que nos han dado la oportunidad de escucharles. De esta forma respondemos a sus necesidades, con los mejores productos y servicios en construcción, topografía, láser, control de maquinaria y agricultura.

GRUPO EMPRESARIAL

.Eland



INTRAC
LÁSER, AGRICULTURA Y CONTROL DE MAQUINARIA



ISSA
Isidoro Sánchez S.A.
SOLUCIONES TOPOGRÁFICAS



GEOTRACK
GESTIÓN DE FLOTAS - GIS



LASER RENT
CONSTRUCCIÓN, EXCAVACIONES E INTERIORISMO

www.inland.es



JOSÉ ECHEGARAY, 4. CASABLANCA I B5 • 28100 ALCOBENDAS. MADRID • TEL: 902 103

NO SE PIERDA LA SECCIÓN  "DE SU INTERÉS" DEL CLUB INLA

Esta carta, pudiera ser una copia de un original del propio Colón, hecha después de 1492, porque está América, pero no mucho después, porque sigue teniendo las islas falsas (Antilia, San Bandrán, etc.), que ya no pone Juan de la Cosa en 1500. Con todo es un mapa interesantísimo, sin necesidad de buscarle extraterrestres, ni antecedentes remotos. Con su antigüedad tiene suficiente y su autor dejó bien claro de dónde lo había sacado, sin intentar engañar a nadie.

EL MAPA ATRIBUIDO A CRISTOBAL COLÓN

Es sabido que el descubridor de América se dedicó durante su estancia en Portugal al dibujo y venta de mapas, aunque no se conserva ninguno hecho por él con seguridad.

En varias ocasiones, Colón se manifiesta en sus escritos como autor de cartas náuticas. En la nota inicial de su diario del primer viaje, dice: *"ten-go propósito de hacer carta nueva de navegar, en la cual situaré toda la mar e tierras del mar Océano en sus propios lugares, debaxo de su viento, y más componer un libro y poner todo por el semejante por pintura, por latitud del equinocial y longitud de occidente"*, todo lo que parece ser una descripción de la técnica de los portulanos. En el *Libro Copiador de Cristóbal Colón*, a propósito de un mapa que dice haber hecho en el segundo viaje, explica que *"las rraias que ban en largo amuestran la ystancia de oriente a occidente, las otras questan de través amuestran la ystancia de setentrion en ahustro"*, que puede interpretarse como la descripción de una carta plana cuadrada, al estilo que se supone pudo tener la de Toscanelli. En los *Pleitos*, a propósito del tercer viaje, manifestó Bernardo de Ibarra que el Almirante dibujó y envió a los Reyes *"... una carta de marear con los rumbos e vientos por donde había llegado a Paria ... , e por ellas avyan venydo Pero Alonso Niño e Hojeda e otros ..."*.

Basándose en estos antecedentes, desde 1924 se le viene atribuyendo un portulano de la Biblioteca Nacional de París (C 12536 Mv. Gen. 203), hasta entonces considerado como *"carta portuguesa del siglo XVI"*. La atribución fue idea del conservador de la sección de mapas de la BNP, Mr. Charles de La Ronciere, y suscitó una larga controversia con otros especialistas de la época, porque no convenció a nadie. La principal razón aducida fue la semejanza entre un texto del mapa relativo a Islandia

y una afirmación de Colón, anotada por su hijo Fernando en la biografía de su padre. El argumento parece muy pobre, y la idea adicional de haber sido hecho como regalo a los Reyes durante la estancia en Santa Fe, no está apoyado en nada.

En la actualidad se sigue mencionando la carta como *"atribuida a Colón"* sin convicción alguna y más como recuerdo de aquella cuestión. Se trata de una carta en pergamino, de 680 x 1.100 mm, con cuatro rosas de los vientos, de cada una de las cuales parte una radiación de 36 líneas de rumbo. Las costas representadas son las de Europa y África. Las ciudades europeas están adornadas con banderas, pero las figuras más destacadas son dos negros gigantes situados en Nigeria, uno de los cuales lleva un escudo muy parecido a una adarga europea, como si se defendiera de la flecha que el otro tiende en su arco. El Mar Rojo está en este color, y el Báltico en verde. Los contornos de este último, así como de las Islas Británicas, son muy malos. La figura de los Montes Atlas no responde a la típica pata de ave de los portulanos de Mallorca, porque las ramas laterales están muy curvadas; además la cadena montañosa se prolonga hasta llegar a Egipto en vez de detenerse en Túnez. La decoración incluye uso abundante del oro. El estilo es claramente portugués y el detalle de la representación de la costa de África, muy detallada hasta llegar al Congo, refuerza esta impresión. Hay cuatro párrafos de fina rotulación en el campo del mapa y otros dos en el cuello, junto a un esquema del sistema solar al estilo geocéntrico, rodeando un mapa de igual contenido que el principal, pero más pequeño. El idioma empleado es el latín, de construcción muy sencilla, pero correcta y es de notar que Colón no lo dominaba más que el español, o sea poco; de modo que más bien excede a su capacidad.

El mapa se limita al viejo mundo, sin ninguna alusión a otras tierras, por lo que más parece obra del siglo XV que del XVI y resulta extraño que Colón hubiera renunciado a hacer alguna referencia a su obsesión, porque con él como guía todo induce a creer que el mundo ya está completo y que no falta nada por descubrir. No era una buena propaganda para sus ideas, lo que descarta la posibilidad de que lo hiciera durante los días de Santa Fe, cuando precisamente trataba de convencer a los Reyes de que financiaran su proyecto. ■

Método basado en la estadística χ^2 para comprobar que el ajuste de bordes de mapas y diagramas de zonas adyacentes sea satisfactorio

Dr. Panos Lolonis
KTIMATOLOGIO S.A. (CATASTRO DE GRECIA)

Resumen

Este artículo describe un método estadístico que se puede emplear para determinar si dos o más mapas, que se han hecho en levantamientos distintos e independientes y que cubren a áreas adyacentes, ajustan satisfactoriamente entre sí. A menudo, esta situación se presenta cuando áreas adyacentes son cartografiadas por topógrafos diferentes, o en momentos distintos o empleando distintos conjuntos de mediciones para el control geodésico. El método estadístico se basa en la comparación de las diferencias de coordenadas de algunos puntos que se pueden identificar bien en los pares de mapas (o diagramas) adyacentes. Estas diferencias se emplean para calcular una estadística que sea adecuada para determinar si el conjunto de las diferencias observadas en las coordenadas puede o no atribuirse a errores aleatorios. Se demuestra que la estadística sigue una distribución χ^2 y es, por tanto, susceptible de ser tratada por los métodos estadísticos estándar. Se demuestra también el uso del método en la práctica, mediante algunos ejemplos ilustrativos del Proyecto de Catastro Griego.

En el procedimiento de control de la calidad del Proyecto de Catastro Griego se comprueba el satisfactorio ajuste de bordes de ortofotomapas a escala 1:5.000 que han sido producidos por empresas diferentes y que se basan en distintos cálculos del control geodésico. Los resultados de este procedimiento se describen y se discuten para un caso de estudio en la isla de Chios, en Grecia.

Abstract

This paper describes a statistical method that can be used to determine whether two or more maps produced by independent surveys and cover adjacent areas match each other satisfactorily. This situation often arises when adjacent areas are mapped by different surveyors or at different times, using different sets of geodetic control measurements. The method is based on comparing differences in the coordinates of points that are well identified on pairs of adjacent maps (or diagrams). These differences are used to calculate a statistic that is suitable to determine whether the joint observed differences in the coordinates could be attributed to random error or not. It is shown that the statistic follows the χ^2 distribution and, therefore, it is amenable to treatment by the standard statistical methods.

The use of the method in practice is demonstrated through indicative examples from Hellenic Cadastre Project. Indeed, within the context of the Quality Control procedure of the Hellenic Cadastre Project, the 1:5000 scale orthophotomaps, which are produced by different contractors and are based on different sets of geodetic control computations, are checked for satisfactory edge matching. The results of the procedure are described and discussed for a case study at the island of Chios, Greece.

I. INTRODUCCIÓN

En las aplicaciones cartográficas sucede a menudo que los mapas de dos o más áreas adyacentes deben ajustarse para formar un nuevo mapa que recubra toda la zona. Puede también suceder que cada uno de esos mapas haya sido compilado independientemente y se base en conjuntos distintos de mediciones topográficas. Dado que estas mediciones contienen errores, es probable que, cuando se compruebe el ajuste de bordes, los mapas o diagramas

no ajusten entre sí exactamente. Este problema tiene especial importancia en las aplicaciones topográficas, fotográficas o catastrales, en las que los requisitos de precisión de los mapas y diagramas sean más estrictas que en otros contextos.

En el pasado, cuando sólo existían los mapas en forma analógica, éste no era un problema tan aparente, debido a la imposibilidad de que el ojo humano distinguiera las discrepancias más allá de un nivel dado y también a que los mapas analógicos no se procesaban tan directamente. Los

mapas se hacían para recubrir completamente hojas de mapas convencionales y, por tanto, este problema sólo surgía cuando había que ajustar las hojas de mapas adyacentes, con el fin de formar un todo continuo unificado. Sin embargo, con el advenimiento de los sistemas digitales este problema se hace más evidente, ya que en un medio digital la capacidad de cambios de escala es ilimitada y, en consecuencia, algunas discrepancias que no son evidentes a una determinada escala pueden serlo a otra.

Más importante es el que las conexiones topológicas entre los elementos cartográficos, que se ven en los mapas analógicos a simple vista, no pueden hacerse por defecto en el contexto digital. En su lugar, deben realizarse mediante el procesamiento explícito de los datos, para asegurar que se realizan las conexiones correctas y que se almacenan en bases de datos digitales.

Los problemas de ajuste de bordes de mapas y diagramas de áreas adyacentes tienen también un particular interés en aquellos casos en los que las agencias cartográficas subcontratan proyectos a distintas empresas y que deben, al final, unificar las entregas. En este caso, debe determinarse si los mapas y diagramas hechos por una empresa encajan satisfactoriamente con los realizados por otra. Cualquier discrepancia que se observe debe atribuirse únicamente al error especificado en las mediciones fotogramétricas o en las topográficas, y no a ninguna otra fuente de errores (sesgos o errores sistemáticos). Conviene señalar que dichos errores son inherentes y que están presentes en todos los casos, con independencia de los métodos empleados, ya sean fotogramétricos o topográficos.

La mayoría de la literatura (por ejemplo, FGDC, 1998; Greenfeld, 2001) se centra más en establecer que cada mapa cumpla individualmente determinados criterios de precisión que en comprobar directamente si dos mapas, que representan zonas adyacentes, ajustan entre sí satisfactoriamente. Así pues, en los métodos tradicionales se seleccionan algunos elementos bien identificados que aparecen sobre el mapa y se contrastan sus coordenadas, medidas sobre el mapa, con las correspondientes coordenadas de dichos puntos obtenidas a partir de otras fuentes de mayor precisión (por ejemplo de mediciones de campo). Normalmente se emplean índices tales como el error medio cuadrático para cuantificar la precisión y compararla con una ya preestablecida o normalizada. Una vez que el mapa supera las pruebas establecidas, se considera que es aceptable.

En este artículo se analiza el problema del ajuste satisfactorio de bordes de mapas de zonas adyacentes, y se presenta un método estadístico para comprobar si existe o no un ajuste satisfactorio. Este método estadístico tiene la ventaja de que no necesita usar datos de campo. El método se verifica empleando datos reales, que proceden de mapas y diagramas compilados dentro del ámbito del Desarrollo del Catastro Griego (Lolonis, 1997; Potsiu y al., 2001; Zentelis y Dimopolou, 2001).

El artículo consta de seis secciones. En la primera se define el problema formalmente. En la tercera sección se presenta el método y se desarro-

lla la estadística que se va a emplear para la comprobación del ajuste satisfactorio de bordes. En la sección cuarta se ilustra el método, empleando datos del mundo real obtenidos en dos estudios de levantamientos catastrales que se están efectuando en la isla de Chios, Grecia. En la sección quinta se describen las técnicas que deben emplearse para asegurar que se cumplen los prerrequisitos establecidos del método estadístico. En la sección sexta se discuten brevemente algunos aspectos especiales del método. Finalmente, en la última sección se resumen las conclusiones.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Asumamos que se dispone de dos mapas que representan dos regiones adyacentes: la región 1 y la región 2 (figura 1). Asumamos también que dichas regiones están separadas por una línea de borde que consiste en n puntos bien identificados ($1, 2, \dots, i, \dots, n$). Dejemos que el conjunto

$$C = \{(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_i, Y_i), \dots, (X_n, Y_n)\} \quad (1)$$

sea el conjunto de las verdaderas, aunque desconocidas, coordenadas de estos puntos límite. Las correspondientes coordenadas de dichos puntos sobre el mapa de la Región 1 serían:

$$C' = \{(X'_1, Y'_1), (X'_2, Y'_2), \dots, (X'_i, Y'_i), \dots, (X'_n, Y'_n)\} \quad (2)$$

y sobre el mapa de la Región 2:

$$C'' = \{(X''_1, Y''_1), (X''_2, Y''_2), \dots, (X''_i, Y''_i), \dots, (X''_n, Y''_n)\} \quad (3)$$

Si no hubiese habido errores en el proceso de hacer ambos mapas entonces:

$$X'_i = X''_i = X_i \quad (4) \quad \text{y} \quad Y'_i = Y''_i = Y_i \quad (5)$$

para $i = 1, \dots, n$.

En general, sin embargo, no se darán estas condiciones y las coordenadas correspondientes diferirán entre sí. Entonces, la cuestión es si las diferencias observadas son aceptables o no, basándose en los errores que se asocian a las coordenadas.

Para responder a esta cuestión se asumirá, en primer lugar, que las coordenadas de los puntos, medidas sobre los dos mapas, son independientes y responden a una distribución normal, cuya media es el correspondiente valor verdadero de la coordenada, y la varianza es σ^2 . En notación matemática, esta afirmación se expresa de la siguiente manera:

$$X'_i \sim N(X_i, \sigma^2) \wedge Y'_i \sim N(Y_i, \sigma^2) \wedge X''_i \sim N(X_i, \sigma^2) \wedge Y''_i \sim N(Y_i, \sigma^2) \quad (6)$$

para $i = 1, \dots, n$.

INTERGRAPH tiene todas las piezas para su proyecto GIS

BRINGING
IT TOGETHER.

¡ Llámenos y pida una versión **gratuita** de evaluación de nuestro software, o analice su proyecto con nuestros especialistas !

Hace más de **30 años** que mantenemos el liderazgo en **soluciones de Cartografía Digital y Sistemas de Información Geográfica –GIS–**, abarcando todos los componentes típicos del flujo de trabajo:

- Aerofotogrametría con cámaras aéreas de última generación, incluyendo la cámara digital más innovadora del mercado. (RMK TOP, DMC)
- Scanners y equipos de restitución digital (PhotoScan, SSK Pro, ImageStation)
- Sistemas de gestión y distribución de imágenes de alta resolución (TerraShare)
- Sistemas GIS cliente-servidor fáciles de usar, abiertos y programables según estándares (GeoMedia, GeoMedia Professional, GeoMedia Grid)
- Sistemas GIS via web, incluyendo modificación/edición de información gráfica, segmentación dinámica, optimización de rutas, etc. (GeoMedia Web)
- Soluciones para gestión de fuerza de trabajo móvil, incluyendo actualización on-line y off-line (IntelliWhere OnDemand y TrackForce)
- Soluciones específicas por industrias: Transporte, Carreteras, Catastro, Agua, Electricidad, Telecomunicaciones, Gas, etc.

Además, a fin de asegurar el éxito de su proyecto, ponemos a su disposición la experiencia profesional de nuestros más de mil empleados, mediante servicios de consultoría e implementación.

INTERGRAPH es la única empresa que puede ofrecerle soluciones integradas en todas las fases de su flujo de trabajo.

¡¡ Conozca la empresa con mas experiencia e implementaciones de Mapping y GIS en el mundo !!



www.intergraph.com/gis / www.intelliwhere.com / www.ziimaging.com

INTERGRAPH (España) S.A. • C/ Gobelos. 47 - 49 • (La Florida) 28023 MADRID • Tel.: 91 708 88 00 • Fax: 91 372 80 21

Esta hipótesis, aunque restrictiva, es adoptada frecuentemente en las aplicaciones en las que las coordenadas de los puntos, se obtienen a partir de levantamientos topográficos de campo o de mediciones fotogramétricas. En este artículo se adopta como una primera aproximación para abordar el problema.

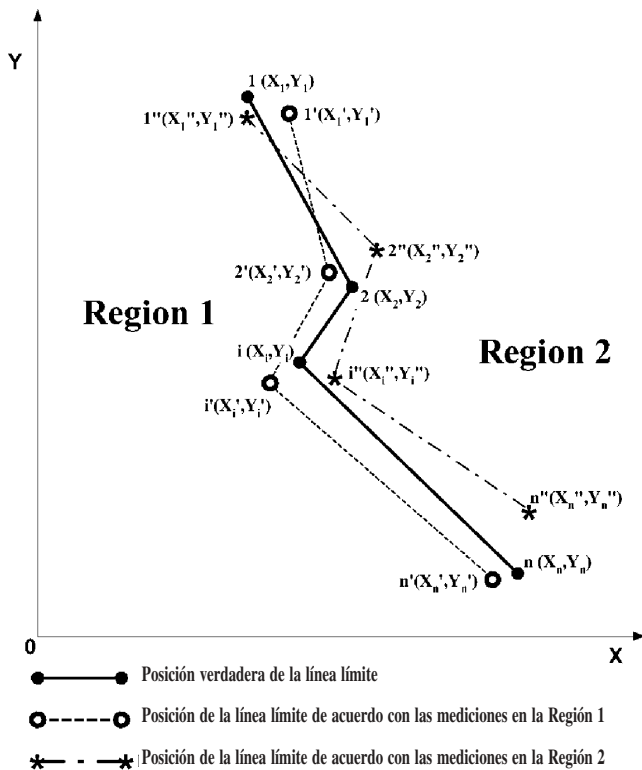


Figura 1. Representación esquemática de la posición de una línea límite de dos regiones adyacentes, de acuerdo con las mediciones realizadas en el mapa de cada región.

3. PLANTEAMIENTO PARA RESOLVER EL PROBLEMA

Con el fin de solventar la cuestión expuesta, se debe, en primer lugar, desarrollar una metodología estadística que mida el conjunto de desajuste entre ambos mapas. A continuación, se debe determinar la distribución de dicha estadística. Finalmente, se puede aplicar la estadística a cada conjunto particular de datos y obtener la solución.

3.1. Desarrollo del método estadístico que mide el desajuste entre áreas adyacentes

Si no existiesen errores en las coordenadas de los puntos representados en los dos mapas y los mapas ajustaran exactamente entre sí, se tendría entonces para cada punto i de la zona de la línea límite:

$$\begin{aligned} X'_i &= X''_i = X_i \wedge Y'_i = Y''_i = Y_i \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow X'_i - X''_i &= X_i - X''_i = 0 \wedge Y'_i - Y''_i = Y_i - Y''_i = 0 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow (X'_i - X''_i)^2 &= 0 \wedge (Y'_i - Y''_i)^2 = 0 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow (X'_i - X''_i)^2 + (Y'_i - Y''_i)^2 &= 0 \end{aligned}$$

haciendo que

$$d_i^2 = (X'_i - X''_i)^2 + (Y'_i - Y''_i)^2$$

obtendríamos

$$d_i^2 = (X'_i - X''_i)^2 + (Y'_i - Y''_i)^2 = 0 \quad (7)$$

Esta ecuación expresa el hecho de que cuando los mapas de dos áreas adyacentes ajustan exactamente entre sí, la distancia euclídea, elevada al cuadrado, entre cada punto i' , que define un elemento en particular i sobre el primer mapa, y el punto i'' , que define dicho elemento sobre el segundo, debe de ser cero.

Lo inverso de la aserción anterior también es cierto: es decir, que cuando la condición (7) es cierta, las coordenadas de un elemento medidas sobre los dos mapas coincidirán. Así pues:

$$\begin{aligned} d_i^2 = (X'_i - X''_i)^2 + (Y'_i - Y''_i)^2 = 0 &\Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow (X'_i - X''_i)^2 = 0 \wedge (Y'_i - Y''_i)^2 = 0 &\Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow X'_i = X''_i \wedge Y'_i = Y''_i & \end{aligned} \quad (8)$$

Dado que las ecuaciones (7) y (8) se aplican a todos los puntos para $i=1, \dots, n$, podemos concluir que:

$$Sd^2 = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n [(X'_i - X''_i)^2 + (Y'_i - Y''_i)^2] = 0 \quad (9)$$

Dividiendo ambos lados de la ecuación (9) por la cantidad positiva $2\sigma^2$, en donde σ^2 es la varianza de las coordenadas (ecuación 6), obtenemos:

$$D^2 = \frac{Sd^2}{2\sigma^2} = \frac{1}{2\sigma^2} \left[\sum_{i=1}^n d_i^2 \right] = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(X'_i - X''_i)^2}{2\sigma^2} + \frac{(Y'_i - Y''_i)^2}{2\sigma^2} \right] = 0 \Leftrightarrow \quad (10)$$

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{X'_i - X''_i}{\sqrt{2}\sigma} \right)^2 + \left(\frac{Y'_i - Y''_i}{\sqrt{2}\sigma} \right)^2 \right] = 0$$

La variable D^2 es una medida del grado de desajuste que pueda existir entre los dos mapas. Así pues, si los mapas ajustaran perfectamente entre sí, la variable anterior sería cero. Y si no, tomaría un valor positivo. De hecho, cuanto mayor sea el desajuste mayor será el valor de D^2 . En consecuencia, podemos emplear D^2 como un valor estadístico adecuado para medir y comprobar el desajuste entre dos áreas adyacentes representadas en dos mapas distintos.

3.2. Distribución estadística de D^2

Dado que hemos asumido que:

$$\begin{aligned} X'_i \sim N(X_i, 2\sigma^2) \wedge X''_i \sim N(X_i, 2\sigma^2) &\Leftrightarrow \Delta x_i = \\ = X'_i - X''_i \sim N(0, 2\sigma^2) & \end{aligned} \quad (11)$$

Esto es cierto debido a que Δx_i es la combinación lineal de dos varia-

bles independientes y normalmente distribuidas (Gnedenko 1976, pag. 146). El valor esperado de la variable Δx_i es:

$$E[\Delta x_i] = E[X'_i - X''_i] = E[X'_i] - E[X''_i] = X_i - X_i = 0$$

La varianza de Δx_i es:

$$\begin{aligned} \text{Var } \Delta x_i &= E[\Delta x_i - E[\Delta x_i]]^2 = E[(\Delta x_i)^2 - 2(\Delta x_i)E[\Delta x_i] + (E[\Delta x_i])^2] \\ &= E[(X'_i - X''_i)^2 - 2(X'_i - X''_i) \cdot 0 + 0^2] = E[(X'_i - X''_i)^2] \\ &= E(X'^2_i) - 2E[X'_i X''_i] + E(X''^2_i) \\ &= E(X'^2_i) + E(X''^2_i) = \text{var } X'_i + \text{var } X''_i \quad (\text{debido a la covarianza cero entre } X'_i \text{ y } X''_i) \\ &= \sigma^2 + \sigma^2 \quad (\text{asumiendo que las varianzas de } X'_i \text{ y } X''_i \text{ son iguales}) \\ &\Leftrightarrow \text{var } \Delta x_i = 2\sigma^2 \end{aligned}$$

A partir de la ecuación (11) podemos inferir que la variable:

$$Z_{x_i} = \frac{X'_i - X''_i}{\sqrt{2\sigma}}$$

sería una variable estandarizada normal y, en consecuencia, su cuadrado será una variable χ^2 con un grado de libertad (Hoel, 1984, pag. 136). En notación matemática este hecho se representa de la siguiente manera:

$$d^2_{x_i} = \left(\frac{X'_i - X''_i}{\sqrt{2\sigma}} \right)^2 \sim \chi^2(1) \quad (12)$$

Igualmente,

$$\Delta y_i = Y'_i - Y''_i \sim N(0, 2\sigma^2)$$

y por tanto, la variable

$$d^2_{y_i} = \left(\frac{Y'_i - Y''_i}{\sqrt{2\sigma}} \right)^2 \sim \chi^2(1) \quad (13)$$

Puesto que $d^2_{x_i}$ y $d^2_{y_i}$ son variables χ^2 , podemos inferir que su suma también será una variable χ^2 . Los grados de libertad de esta nueva variable serán la suma de los grados de libertad de las variables sumandos (Hoel, 1984, pag. 135). Así pues, la variable:

$$\left(\frac{d_i}{\sqrt{2\sigma}} \right)^2 = \left(\frac{X'_i - X''_i}{\sqrt{2\sigma}} \right)^2 + \left(\frac{Y'_i - Y''_i}{\sqrt{2\sigma}} \right)^2 \sim \chi^2(2) \quad (14)$$

Igualmente, si extendemos el concepto anterior a los n puntos de la muestra:

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{\sqrt{2\sigma}} \right)^2 = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{X'_i - X''_i}{\sqrt{2\sigma}} \right)^2 + \left(\frac{Y'_i - Y''_i}{\sqrt{2\sigma}} \right)^2 \right] \sim \chi^2(2n) \quad (15)$$

Por tanto, la variable estadística D^2 , que mide el desajuste global entre los dos mapas, sigue una distribución χ^2 con $2n$ grados de libertad.

3.3. El uso de D^2 en un supuesto estadístico

La condición necesaria y suficiente para que los dos mapas ajusten perfectamente entre sí es que $D^2 = 0$.

Así pues, en orden a comprobar el ajuste satisfactorio de los bordes de los mapas, en aquellos casos en los que existan errores aleatorios en las coordenadas de los puntos, basta con comprobar la hipótesis:

$$H_0 : D^2 = 0 \quad \text{en contra de la alternativa} \quad H_0 : D^2 > 0$$

Si obtenemos $D^2 \leq \chi^2_p(2n)$ para un conjunto particular de datos aleatorios, con un nivel de confianza p , aceptaremos la hipótesis H_0 de que los dos mapas ajustan satisfactoriamente entre sí. En caso contrario, rechazamos H_0 y concluiremos que el ajuste no es satisfactorio.

Debe señalarse que, aunque se describe el método presuponiendo que los puntos usados para calcular las estadísticas caen en el límite de las dos regiones adyacentes, no es obligatorio que esta restricción se cumpla. Un cuidadoso examen de la ecuación revela que la única restricción que existe es la de que los puntos deben de verse en los dos mapas, como sucede siempre que los mapas tienen una zona en común.

4. ILUSTRACIÓN DEL MÉTODO

4.1. Datos de los estudios del levantamiento catastral de la isla de Chios, Grecia

El método presentado, se ilustra a continuación empleando datos de dos levantamientos catastrales que se están efectuando en la isla de Chios, Grecia. Específicamente, el primero tiene como finalidad el desarrollo de una base catastral de datos digitales para el municipio de Chios y el segundo para el municipio adyacente de Campochoron (figura 2). Los contratistas que se van a encargar de desarrollar la base catastral de datos digitales, han compilado inicialmente los ortofotomapas de la zona a escala 1:5.000 (figura 3), con el fin de delinear las parcelas sobre ellos y, a continuación, asociar la información geométrica con los datos de propiedad a través del código de identificación de cada parcela. Dado que estos proyectos de levantamientos catastrales discurren más o menos en paralelo, los ortofotomapas que son compilados por un contratista no ajustan necesariamente con los ortofotomapas compilados por



Figura 2. Área en estudio. Isla de Chios, Grecia

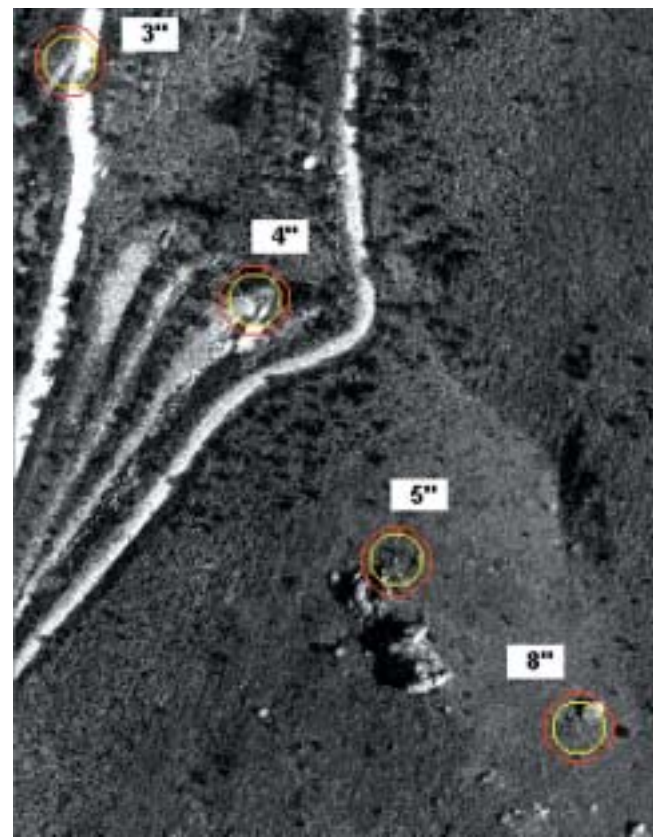
el otro. La cuestión a la que la División de Control de Calidad de Ktimatologio S.A. (Catastro Griego) debe de responder es si los dos conjuntos de mapas que se les va a entregar por parte de los contratistas cumplen las especificaciones de precisión, en términos de un ajuste de bordes satisfactorio.

Empleando el método estadístico descrito en la sección 3, se ha seleccionado al azar un conjunto de 25 puntos bien identificados, que aparecen en las áreas de superposición y a lo largo de la línea límite de los dos municipios adyacentes. A continuación se han medido las coordenadas X, Y de estos puntos sobre cada mapa (tabla I, columnas 3-6). Estas coordenadas están en metros y se expresan en el Sistema Griego de Referencia Geodésica 1987 (HEMCO, 1987). Luego, con $\sigma = 0,78$ m se han calculado los términos $(X' - X'') / \sqrt{2}\sigma$ y $(Y' - Y'') / \sqrt{2}\sigma$ de la ecuación (10) para cada punto de observación (tabla I, columnas 7-8). Consecuentemente, se han añadido los cuadrados de los anteriores términos para crear los sumandos de la ecuación (10) (tabla I, columna 9). La suma de estos valores da el valor de D^2 para este ejemplo en particular, que es $D^2 = 32,7167$.

Debe señalarse que el valor del error estándar de las mediciones que hemos empleado aquí ($\sigma = 0,78$ m) proviene de las especificaciones



Mapa 1 Estudio catastral de Campochoron. Los elementos medidos sobre este mapa están en el centro de los círculos rojos.



Mapa 2 Estudio catastral de Chios. Los elementos medidos sobre este mapa están en el centro de los círculos rojos.

Figura 3. Ortofotomapas de la zona de estudio e indicación de los puntos observados

S/ N	Descripción	X' (m)	Y' (m)	X'' (m)	Y'' (m)	Ndx = (X'-X'')/√2σ	Ndy = (Y'-Y'')/√2σ	D ² = Ndx ² +Ndy ²
1	Centro de matorral	683.807,42	4.249.029,40	683.806,10	4.249.027,58	1,1966	1,6499	4,1542
2	Centro de árbol	683.740,48	4.248.856,50	683.739,48	4.248.853,53	0,9065	2,6924	8,0711
3	Esquina de intersección de carreteras	683.800,80	4.248.710,43	683.800,13	4.248.709,77	0,6074	0,5983	0,7269
4	Centro de matorral	683.853,16	4.248.641,53	683.852,83	4.248.641,53	0,2992	0,0000	0,0895
5	Centro de roca	683.893,43	4.248.566,84	683.893,43	4.248.566,51	0,0000	0,2992	0,0895
6	Esquina de intersección de carreteras	683.943,93	4.249.246,77	683.943,63	4.249.246,02	0,2720	0,6799	0,5362
7	Centro de matorral	683.536,42	4.248.804,73	683.535,76	4.248.803,08	0,5983	1,4958	2,5954
8	Centro de roca	683.944,91	4.248.519,03	683.945,26	4.248.518,36	-0,3173	0,6074	0,4696
9	Centro de roca	683.881,66	4.248.307,27	683.881,55	4.248.307,13	0,0997	0,1269	0,0261
10	Punto sobre valla de piedra	683.864,00	4.248.307,24	683.863,74	4.248.306,89	0,2357	0,3173	0,1562
11	Centro de matorral	683.543,07	4.248.539,67	683.543,86	4.248.541,70	-0,7162	-1,8403	3,8996
12	Centro de matorral	683.548,42	4.248.541,66	683.547,88	4.248.539,67	0,4895	1,8040	3,4942
13	Esquina de edificio	683.662,10	4.248.233,76	683.662,12	4.248.231,52	-0,0181	2,0307	4,1239
14	Centro de roca	683.677,51	4.248.286,05	683.676,93	4.248.284,91	0,5258	1,0335	1,3445
15	Centro de roca	683.869,38	4.248.130,42	683.869,47	4.248.130,42	-0,0816	0,0000	0,0067
16	Centro de roca	683.912,82	4.248.032,61	683.912,80	4.248.032,53	0,0181	0,0725	0,0056
17	Centro de matorral	683.789,15	4.247.774,97	683.788,04	4.247.775,30	1,0063	-0,2992	1,1021
18	Centro de matorral	683.798,36	4.247.774,31	683.798,17	4.247.774,88	0,1722	-0,5167	0,2967
19	Centro de roca	683.938,66	4.247.489,15	683.938,32	4.247.489,65	0,3082	-0,4533	0,3005
20	Centro de matorral	683.636,48	4.247.393,10	683.636,15	4.247.393,11	0,292	-0,0091	0,0896
21	Centro de matorral	683.544,50	4.247.284,58	683.544,67	4.247.284,42	-0,1541	0,1450	0,0448
22	Centro de matorral	683.603,22	4.247.086,57	683.602,78	4.247.086,78	0,3989	-0,1904	0,1953
23	Punto blanco en arbusto	683.693,64	4.246.958,63	683.693,43	4.246.958,68	0,1904	-0,0453	0,0383
24	Unión de vallas de piedra	683.889,13	4.246.116,98	683.888,90	4.246.116,62	0,2085	0,3264	0,1500
25	Centro de matorral	683.577,14	4.249.054,06	683.577,93	4.249.054,55	-0,7162	-0,4442	0,7102
	D²							32,7167

En donde $\sigma = 0,78$ m. Este valor corresponde al error estándar de los ortofotomapas a escala 1:5.000 compilados en los levantamientos catastrales de Grecia

Tabla 1. Observaciones realizadas sobre los ortofotomapas de los dos estudios de la isla de Chios Grecia

técnicas del catastro griego, que dicen que el valor de la tolerancia para los mapas a escala 1:5.000, con un nivel de confianza del 99%, es de dos metros (Ktimatología 1997, capítulo 4, artículo 8 párrafo 8.2).

Dado el hecho de que el número de puntos en la muestra es 25, de la ecuación (15) deducimos que la variable estadística $D^2 = 32,7167$, que hemos calculado, se corresponde con el valor χ^2 con $n' = 2 \cdot n = 50$ grados de libertad. Dado que los grados de libertad exceden de 30 y que, en consecuencia, el valor correspondiente de la distribución χ^2 no se lista en las tablas estadísticas normalizadas (por ejemplo Hoel, 1984), calcularemos, en su lugar, la desviación normal:

$$z_D = \sqrt{2D^2} - \sqrt{2n'} - 1 \tag{16}$$

para determinar si el valor de D^2 cae dentro de la región crítica con un nivel de confianza dado, digamos del 95%.

Así pues, sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación (16) obtenemos:

$$z_D = \sqrt{2D^2} - \sqrt{2(2n)} - 1 = \sqrt{2} \cdot 32,7167 - \sqrt{2} \cdot (2 \cdot 25) - 1 = 1,86 < 1,645 = z_{p < 0,95}$$

De ello, se concluye que D^2 no cae en la región crítica y, por tanto, se acepta, en este caso, la hipótesis H_0 de que los dos mapas ajustan satisfactoriamente entre sí. Si el valor de z_D fuese mayor que 1,645 se rechazaría la hipótesis H_0 y se concluiría que los dos mapas no ajustan satisfactoriamente entre sí.

5. TEST PARA QUE SE CUMPLAN LOS POSTULADOS ASUMIDOS

El método descrito en la sección 3 se basa en que se asume que los errores observados son aleatorios y que no hay ningún patrón sistemático en ellos. Sin embargo, en muchos casos es posible que existan estos patrones sistemáticos en las desviaciones de X' , X'' , Y' , Y'' . Esto puede suceder, por ejemplo, cuando uno de los dos mapas en cuestión se traslada, rota o escala, en relación con el otro. En esta sección se demuestra cómo se puede detectar y solventar este problema. A efectos de simplicidad, se examinará el caso en el que los patrones sistemáticos

de las desviaciones de X' , X'' , Y' , Y'' están originados sólo por traslaciones y rotaciones y no por alteraciones de escala¹.

Las ecuaciones que relacionan los dos conjuntos de coordenadas que han sido sometidos a transformaciones por traslaciones y rotaciones son:

$$X'' = X_0 + X' \cos \theta + Y' \sin \theta \quad (17)$$

$$Y'' = Y_0 + X' (-\sin \theta) + Y' \cos \theta \quad (18)$$

donde X_0 e Y_0 representan el desplazamiento relativo de los dos conjuntos de coordenadas, y θ representa el correspondiente ángulo de rotación. Las variables X' , X'' , Y' , Y'' son conocidas, ya que se miden sobre los mapas. Los parámetros X_0 , Y_0 y θ son desconocidos y deben de determinarse. La determinación de estos valores puede hacerse empleando análisis de regresión con variables múltiples.

Si no hay traslaciones y rotaciones en el conjunto de datos, los parámetros tomarían los valores de $X_0 = 0$, $Y_0 = 0$ y $\theta = 0$. Sin embargo, si los hay, al menos uno de ellos sería diferente de cero y la regresión total sería significativa para un valor crítico predeterminado (Johnston 1984, pag. 186). Esto permite una forma de examinar y comprobar si existen traslaciones y rotaciones estadísticamente significativas en el conjunto de datos.

Si, para simplificar, hacemos que $X_0 = a$, $Y_0 = b$, $\cos \theta = 1 - c$ y $\sin \theta = d$ y sustituimos estos valores en las ecuaciones (17) y (18), obtenemos:

$$X'' = 1 * a + 0 * b + X' * (1-c) + Y' * d \Leftrightarrow X'' - X' = 1 * a + 0 * b + (-X') * c + Y' * d \quad (19)$$

$$Y'' = 0 * a + 1 * b + Y' * (1-c) + (-X') * d \Leftrightarrow Y'' - Y' = 0 * a + 1 * b + (-Y') * c + (-X') * d \quad (20)$$

Las ecuaciones (19) y (20) son las ecuaciones de observación del análisis de regresión y pueden emplearse para estimar los parámetros a , b ,

¹ Cuando, además de traslaciones y rotaciones, existen diferencias de escala entre dos mapas, el problema puede abordarse ampliando las ecuaciones correspondientes a Series de Taylor y aplicando a las ecuaciones resultantes procedimientos de mínimos cuadrados.

c , y d del modelo². Usando como entrada los datos de la tabla 1, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 2.

Estos resultados muestran que el valor *F-estadístico* del total de la regresión es de 1,37 y que es insignificante a un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se puede concluir que no existe presencia significativa de traslaciones y rotaciones en el conjunto de datos de la tabla 1.

6. DISCUSIÓN

El método presentado en la sección 3 debe emplearse en conjunción con el análisis de regresión descrito en la sección 5. Esta práctica salvaguardaría contra las tendencias espaciales sistemáticas de los conjuntos de datos. Es concebible que existan ligeras traslaciones y rotaciones en los datos y que pueden detectarse por análisis de regresión, pero no por el test χ^2 . Recíprocamente, el patrón espacial de las discrepancias debe ser disperso, de forma que la regresión sea insignificante y el test estadístico de χ^2 sea significativo. Desde luego, ambas técnicas no pueden garantizar que no haya existencia simultánea de alguna traslación, rotación y escalado en ambas áreas, con respecto a un sistema absoluto de referencia. Para comprobar esta posibilidad se necesitaría disponer de datos exógenos.

7. CONCLUSIONES

En este artículo se ha descrito un método que puede emplearse para comprobar si dos mapas que han sido compilados de forma independiente y que representan a zonas adyacentes, ajustan entre sí satisfactoriamente. Este método estadístico se basa en un valor estadístico que

² Debe señalarse que teniendo sólo tres parámetros se podía haber especificado un modelo de regresión más eficiente. Sin embargo, esto hubiera precisado la linealización de las ecuaciones empleando series de Taylor y procesamientos iterativos para efectuar el análisis de regresión. Esta técnica, más detallada y formal, va más allá del propósito ilustrativo de esta sección del artículo.

Cuadrado	664	Ajustado R ²	0,026469599	Error estándar	0,961412315	Obs : 50
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significancia F</i>	
Regresión	4	5,066972592	1,266743148	1,370468955	0,25924335	
Residuos	46	42,51842742	0,924313639			
Total	50	47,58540001				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error estándar</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
a = X0	-756,8442719	1113,201485	-0,67988076	0,499987369	-2997,600499	1483,911955
b = Y0	-2221,167186	1113,201483	-1,995296647	0,051953206	-4461,923409	19,58903639
c = 1-cos θ	-0,00053774	0,000258715	-2,078502483	0,043268688	-0,001058506	-1,6974E-05
d = sin θ	9,16716E-05	0,000258715	0,354334366	0,724707524	-0,000429094	0,000612437

Tabla 2. Resultados del análisis de regresión

mide el desajuste global entre los dos mapas y que es función de las mediciones directas realizadas sobre los mismos, y del error estándar de dichas mediciones. Se demuestra que la estadística sigue la distribución χ^2 con $2 \cdot n$ grados de libertad, en donde n es el número de puntos medidos sobre los mapas. El método se ilustra usando datos procedentes de los ortofotomapas a escala 1:5.000 compilados, dentro de los trabajos del Catastro de Grecia, en dos municipios adyacentes de la isla de Chios. Este método puede ser aplicado en situaciones semejantes, siempre que se pretenda comprobar que el ajuste de los bordes de mapas, hechos independientemente en áreas adyacentes, es satisfactorio.

AGRADECIMIENTOS

El autor desearía agradecer a Mr. J. Kavadis y Mrs. A. Konstantara de Ktimatologio S.A. por el conjunto de datos empleados para ilustrar el método. También desearía agradecer al Dr. M. Gianniu y a Ms. M. Sehioti de Ktimatologio S.A. por las discusiones que con ellos mantuvo en las etapas iniciales del trabajo. Finalmente, también le gustaría agradecer a Mr. M. Papoutsakis por su ayuda al hacer los mapas. La responsabilidad de los puntos de vista aquí expuestos es únicamente del autor, siendo personales del mismo y no representan necesariamente los puntos de vista oficiales de Ktimatologio S.A.

REFERENCIAS

- FGDC, 1998. *Geospatial Positioning Accuracy Standards. Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy*, FGDC-STD-007.3-1998, <http://www.fgdc.gov/standards/documents/standards/accuracy/chapter3.pdf>.
- Gnedenko B. V., 1976, *The Theory of Probability*, MIR Publishers, Moscow (English translation by G. Yankovsky).
- Greenfeld J., 2001, *Evaluating the accuracy of Digital Orthophoto Quadrangles (DOQ) in the context of parcel-based GIS*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 67, No 2 pp. 199-205.
- HEMCO, 1987, *The Hellenic Geodetic Reference System*, Hellenic Cadastral and Mapping Organization, Tim. Vassou 11-13, Athens, Greece (in Greek).
- Hoel P. G., 1984, *Introduction to Mathematical Statistics*, 5th Edition, Wiley&Sons, New York.
- Johnston J., 1984, *Econometric Methods*, 3rd Edition, McGraw-Hill, New York.
- Ktimatologio, 1997, *Technical Specifications, Bulletin A*, Edition 2.3b, Ktimatologio SA, 288 Mesogion Ave, GR-15562, Holargos-Athens, Greece (in Greek).
- Lolonis P., 1997, *The Hellenic Cadastre: Progress and developments*, Proceedings International Seminar on G.I.S. / L.I.S. (FIG, Commission 3, Thessaloniki,GREECE) 9-23.
- Potsiou C., Volakakis M., Doublidis P., 2001, *Hellenic cadastre: state of the art experience, proposals and future strategies*, Computers, Environment and Urban Systems Vol. 25, pp. 445-476.
- Zentelis P., Dimopoulou E., 2001, *The Hellenic Cadastre in progress: a preliminary evaluation*, Computers, Environment and Urban Systems Vol. 25, pp. 477-491.

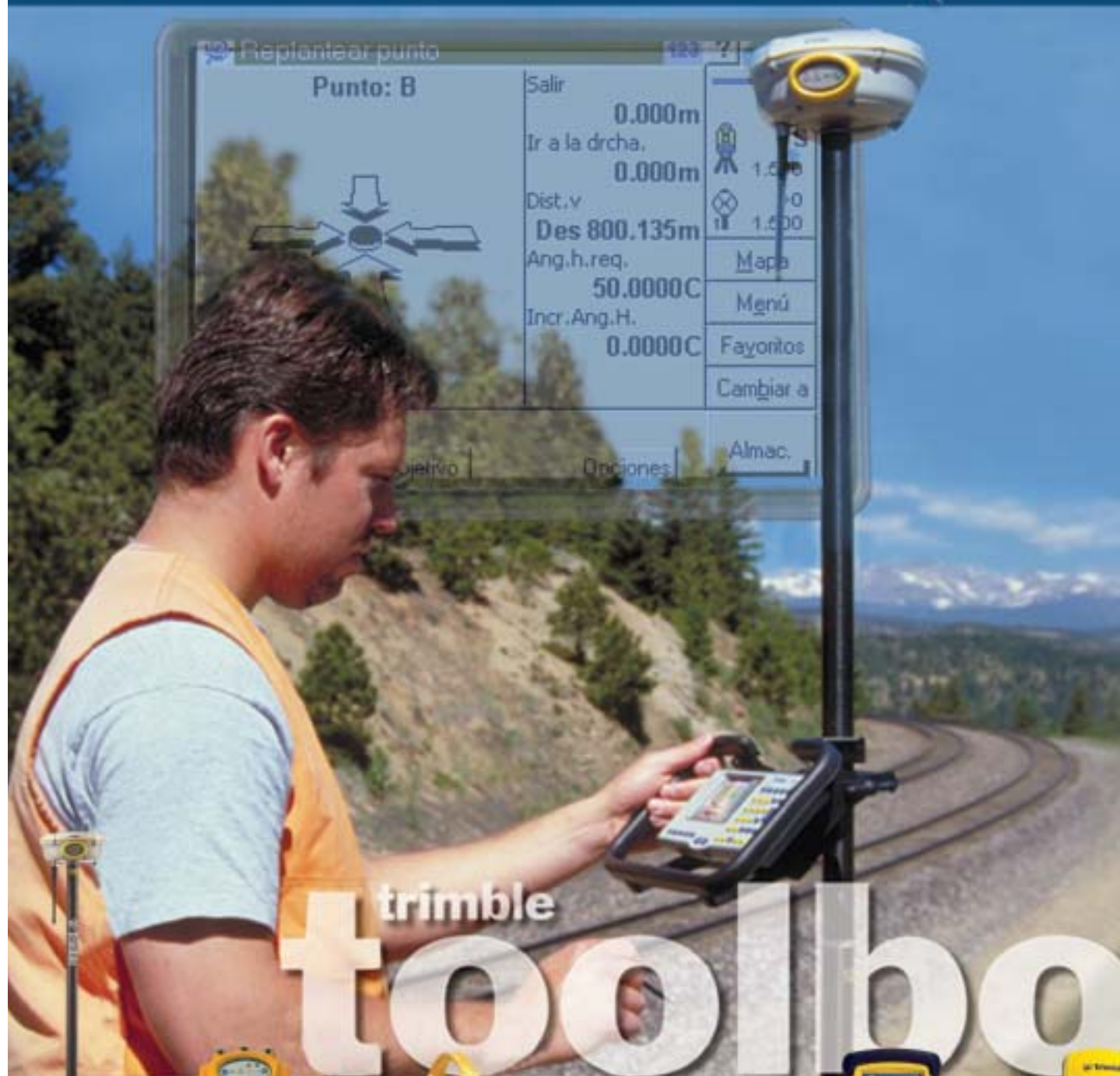
NOTAS BIOGRÁFICAS

El Dr. Lolonis es Director de la División de Planificación, Investigación y Desarrollo y Coordinador del Departamento de Planificación y Control de Calidad de Ktimatologio S.A. (Catastro Griego). Está diplomado en Ingeniería Rural y Topografía por la Universidad Técnica Nacional de Atenas y es Master en Artes y Doctor en Geografía por la Universidad de Iowa (EE.UU. de América).

Está especializado en Catastro, Sistemas de Información Geográfica, Cartografía y Análisis Espacial. Ha trabajado en áreas tales como sistemas de apoyo para decisiones espaciales, estadísticas espaciales, diseño de bases de datos espacio-temporales y precisiones de las bases de datos espaciales.

Ha publicado, sólo o en colaboración con otros autores, más de 15 artículos de investigación en revistas internacionales y presentaciones en numerosos congresos. Por su trabajo y actividad académica ha recibido numerosos galardones de varias organizaciones, tanto griegas como internacionales, tales como el Instituto Griego de Enseñanza Estatal, la Universidad Técnica Nacional de Atenas, la Universidad de Iowa, la Asociación Americana de Geógrafos y el Departamento de Salud Pública de Iowa. Es miembro de la Academia Técnica de Grecia, la Asociación Americana de Geógrafos, la Asociación Griega de Ingenieros Rurales y Topógrafos, la Sociedad Griega de Fotogrametría y la Sociedad Griega de Sistemas de Información Geográfica, de la que es miembro fundador. ■

SISTEMAS AVANZADOS DE TOPOGRAFÍA



trimble
topolabo



5800 RTK
ROVER



ESTACIÓN TOTAL
GPS 5700



NIVEL DIGITAL
DINI



CONTROLADOR
ACU



TERMINAL
RECON



GEDEXPLOR
XM/XT



Santiago & Cintra Ibérica, S. A.
Calle José Echegaray, nº 4
P.A.E. Casablanca B5
28100 Alcobendas Madrid (España)
Tel. +34 902 12 08 70 - Fax. +34 902 12 08 71

Delegaciones:

Cataluña: 669 59 65 48
Comunidad Valenciana: 669 56 05 20
País Vasco: 669 59 46 49

A Y CARTOGRAFÍA



ESTACIÓN TOTAL
NIKON DTM 522



ESTACIÓN TOTAL
NIKON DTM 332



ESTACIÓN TOTAL
SERVO 5503



ESTACIÓN TOTAL
ROBOTIZADA 5600 DR



ESCANER LASER 3D
CALLIDUS



Un bólido en dos palabras

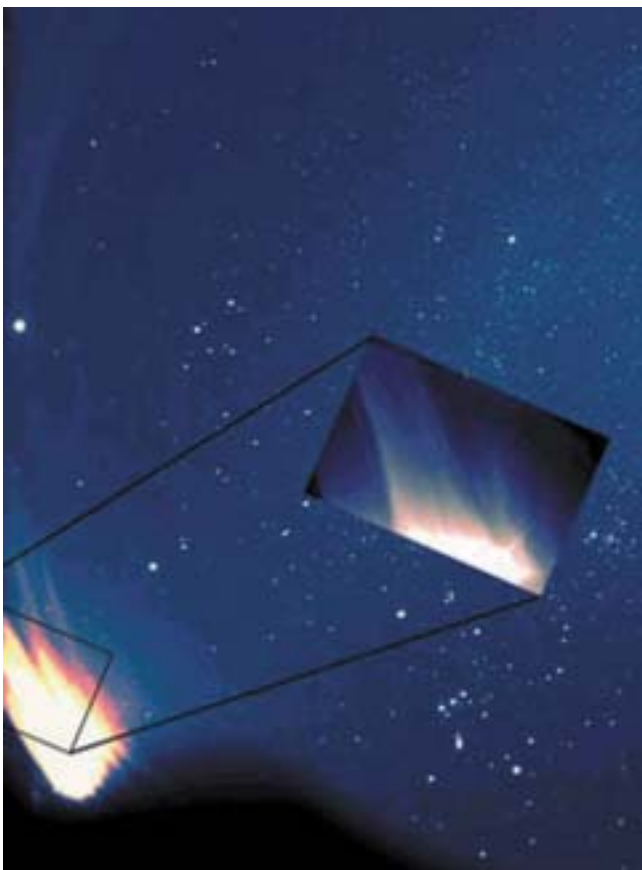
Antonio Cepeda García

INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

ASOCIACIÓN ASTRONÓMICA ALBIREO

Los profanos a la Astronomía pueden llegar a pensar que el observar el cielo da sensación de tranquilidad y quietud, un inmenso vacío que se adueña de nuestro ser. Comprendiendo la vida tal como la entendemos desde nuestra "mota" del Universo.

Conforme avanzamos en el conocimiento de esta materia, visto desde el interior de la esfera de atmósfera que nos protege, comprendemos que lo que nos parece inmóvil se transforma en una maraña de objetos y elementos de muy diferentes composiciones que se mueven a velocidades sorprendentes y en un "orden" fascinante.



La imagen del bólido del 27 de enero de 2003, recogida por la cámara ASM de todo el cielo del observatorio robótico BOOTES-1, en el Centro de Experimentación del Arenosillo del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial en Mazagón (Huelva). En el recuadro, la imagen obtenida de manera fortuita por una segunda cámara con 16 x 11 grados de campo. (BOOTES, INTA-CSIC)

Cuando algunos de los fenómenos que se producen son visibles desde nuestra posición, como meteoros en lluvia o aislados, eclipses, bólidos, auroras, etc., es cuando nos surge la duda sobre la pasividad del firmamento. Podría apostar, sin reserva alguna, que todo aquel ser humano que ha podido contemplar cualquiera de los espectáculos que nos brinda el cielo sería incapaz de olvidarlo; siempre quedará en la memoria, y anclado por innumerables preguntas, aquel fantástico fenómeno. Los aficionados nos conformamos con disfrutar del espectáculo y registrar todos aquellos datos de posición, hora, magnitud, cuantía, etc., que posteriormente se centralizarán, para que los profesionales puedan sacar provecho de lo que hemos percibido en las pacientes noches.

El pasado mes de enero de 2003 un amigo me prestó su mimado telescopio, un refractor Vixen de 96 mm, con el que yo estaba completamente seguro de que iba a disfrutar como nunca, pues era de las primeras veces que iba a poder alcanzar a ver objetos de determinada magnitud. Durante las pocas noches que pude subir a la azotea de mi casa en Lora del Río (Sevilla), donde después de recorrer la azotea de un lado hacia otro, opté por colocar el instrumento cerca del pretil que daba acceso al patio interior de la vivienda. Era el lugar donde más luces podía esquivar, excepto la del patio de mi casa, pero sí podía avisar para que no la encendieran.

El segundo día que subí con el telescopio, lunes 27 de enero de 2003, tenía previsto observar primero los objetos más cercanos al oeste para que, con el paso del tiempo, no me entraran en la zona afectada de esa densa, turbia y odiada contaminación lumínica. Elegí comenzar por el doble cúmulo de Perseo y la galaxia de Andrómeda, pero no pude resistirme a echar un vistazo a Júpiter, en Cáncer, para ver esos traviesos acompañantes, y a Saturno, en Tauro, con una inclinación muy buena para contemplar su sombrero de ala ancha.

A las 19:57 UTC me encontraba concentrado en orientarme por Andrómeda y esperando a mi sobrina Elena, que quería acompañarme, dispuesta a ver cualquier cosa que le mostrase por aquel peculiar instrumento, pues estaba acostumbrada a verme observar con teodolitos de los empleados en topografía. De pronto, el suelo de la azotea, el pretil y su pequeña barandilla se iluminaron como si un foco de luz blanca y azulada se hubiera encendido tras de mí. Inconsciente e inmediatamente me volví pensando en dos cosas; el árbol genealógico de mi vecino, que nunca sube a la azotea y menos de noche, y en esa luz tan desconocida y desde esa dirección. En menos de dos segundos quedó grabado en mi retina uno de los más maravillosos, sorprendentes y apreciados espectáculos que brindan el universo y que pude ver en directo.

Puedo decir, sin avergonzarme por ser novato, que quedé totalmente paralizado. A pesar de ir bien abrigado y de no ser friolero, sentí como el frío me recorría en sentido opuesto, desde dentro hacia fuera. Una grieta de color azulado, como el de una soldadura de hierro, con un grosor de aproximadamente 1 grado, recorría el cielo desde un poco más abajo de Betelgeuse (alfa-Orión), pasando por gamma-Monocerotis y entrando en Canis Majoris, justo entre Sirio (alfa) y Mirzam (beta).

Dicho resplandor cambió rápidamente a un color rojo intenso con una textura aparentemente granular, como de un cohete usado en pirotecnia, pero mucho más denso. Tras un muy breve recorrido de aproximadamente 1 grado, volvió a cambiar de color: Esta vez la Naturaleza nos obsequió con un amarillo anaranjado, también de muy corto recorrido. Por último, la traca final la puso una explosión del mismo color; que se resolvía, en el seno de Canis Majoris, de forma esférica y un destello (lineal) hacia los lados, perpendicular al recorrido. En ningún momento pude oír ningún tipo de estruendo, ni de silbido, ni nada en absoluto. Puede que el ruido ambiente del pueblo, o mi mente pasmada, no me permitiera percibir ningún sonido que fuera asociable a tal evento.

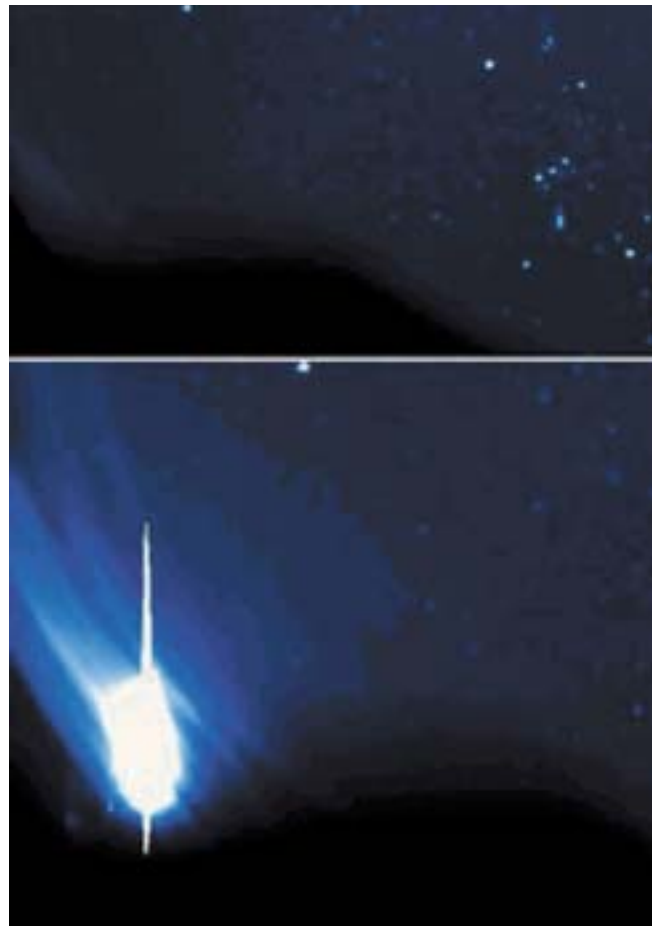
Una vez que hubo transcurrido todo, rebobiné mentalmente lo que había visto, y ésta fue mi gran suerte; gracias al ejercicio de haber recordado insistentemente lo que había visto en tan breve tiempo, puedo componerlo mentalmente cuando quiera. Algo parecido ocurre cuando nos despertamos y tenemos un sueño muy reciente; si nos esforzamos por recordarlo podremos mantenerlo en la memoria y si no lo perderemos en el olvido.

Seguidamente, intenté buscar una alternativa razonable y lo único que se me ocurría era que en un pueblo que se encontraba en esa dirección a unos 20 kilómetros estuvieran de fiestas. Después de repasar algunas magnitudes y de usar un poco el sentido común, descarté esa posibilidad, puesto que un cohete de fiestas no podría subir hasta una altura de 20° sobre el horizonte de mi posición. Tampoco estaban en fiestas, ni creo que lanzaran un artículo pirotécnico de tales dimensiones; sería absurdo.

Entre tantas indescifrables emociones llegó mi sobrina Elena con sus 10 impacientes años y una insaciable curiosidad, que le hacía subir aquellos pesados escalones de dos en dos. Ya estaba prevenida y subía sin encender las luces del patio, y con el abrigo y el gorro bien ceñidos. Sentí enormemente que no hubiera llegado cinco minutos antes, seguro que el mundo de la astronomía hubiera tenido una aficionada más, pues, como ya dije, son eventos que nunca se olvidan. Y siempre que mirara al cielo se acordaría.

Elena intuyó, nada más verme la cara, que algo había ocurrido. Rápidamente comencé a contárselo, pero no pude articular bien todas las palabras; hice una pequeña pausa en la que tomé aire y comencé a contarle lo que había visto. Su expresión escondía algunos rasgos de incredulidad que fueron desapareciendo a medida que se lo explicaba y respondía a sus preguntas. De pronto agarré el teléfono móvil y llamé a un par de compañeros de la Asociación Astronómica Albireo, intentando corroborar lo que había visto, pero la larga experiencia y la cantidad de horas de observación que Juan Manuel y Cándido tienen no fue premiada con aquel majestuoso segundo de tiempo. Me aconsejaron sobre los datos que debería tomar para remitirlo al SOMYCE (SOCIEDAD DE OBSERVADORES DE METEOROS Y COMETAS DE ESPAÑA). Entonces fue, con seguridad, cuando le pude poner nombre al fenómeno: era un bólido, mi bólido.

Como tenía en mi mente todos los detalles de lo sucedido, en cuanto pude hice un boceto a color de lo que ví, dibujándolo sobre la porción de cielo



Parte de la imagen de 45 segundos de exposición obtenida por la cámara ASM de todo el cielo de BOOTES-1 en el INTA-CEDEA cerca de Mazagón (Huelva), antes (arriba) y durante (abajo) el fenómeno, próximo al horizonte sudeste. Sin filtro. (BOOTES, INTA-CSIC) (Fotografías cedidas por la revista TRIBUNA DE ASTRONOMIA, II época, N°51, septiembre 2003)

correspondiente e impresa desde un programa de cartas celestes. También acompañé otros datos en forma literal, intentando explicar los colores.

Aquella noche no continué observando. Bajé a la casa e intenté contar a mi familia lo sucedido y, a pesar de que le puse empeño, les pareció algo fantástico y, tras un mínimo de atención, optaron por continuar observando la "caja tonta". Les advertí que ya me preguntarían cuando al día siguiente lo vieran en los medios de comunicación y subí a recoger el telescopio y consultar cartas celestes.

Yo aún me estoy animando con la suerte del principiante, pues realmente para mí ha sido una suerte, o más bien un cúmulo de coincidencias. Lo cierto es que es un espectáculo muy bonito y que me hace sentir aún más unido a esta afición tan apasionante y con tanto camino por recorrer. Como conclusión, se podría resumir esta experiencia en dos palabras "im presionante".

Páginas web de interés:

- www.astronomia-e.com
- www.astrored.org
- www.astrored.net/somyce
- www.100cia.com ■

Los nuevos niveles digitales DNA03 y DNA10 de Leica

Felix Schneider y David Nixon

Resumen

La compañía Leica Geosystems AG de Suiza ha presentado sus nuevos niveles digitales: los DNA03 y DNA10, sucesores de los niveles digitales NA303 y NA2002. Estos instrumentos están equipados con un nuevo sistema de sensores, que procesa la señal de los códigos de barras que existen sobre la mira, basándose en comprobados métodos de correlación. Este artículo describe la interfase de usuario, el sistema de mediciones, las aplicaciones, el formato de los datos y la manera de almacenarlos, el software de proceso posterior LevelPak-Pro, así como las prestaciones de este instrumento completamente rediseñado.

Abstract

Leica Geosystems AG Switzerland presents its new digital levels, the DNA03 and DNA10, successors of the NA3003 and NA2002. The instruments are equipped with a new sensor system, which processes the signal of the existing bar code staff pattern based on proven correlation methods. This document describes the user interface, measurement system, on-board applications, data format and storing concept, LevelPak-Pro post-processing software and performance of the completely redesigned instrument

I. INTRODUCCIÓN

En 1990 la compañía Leica Geosystems AG de Suiza, presentó el primer nivel digital del mundo: el nivel para ingeniería NA2000. El NA2000 supuso un hito en las técnicas de nivelación, al emplear el concepto innovador de efectuar la lectura empleando una mira con códigos de barras. Debido a la facilidad de su empleo y al alto rendimiento del nivel digital, fue adoptado rápidamente por el mercado, que pronto demandó un instrumento de alta precisión. En respuesta a esta demanda, en 1991 salió al mercado el NA3000.

A pesar del GPS y de otras técnicas alternativas de determinación de alturas, la nivelación clásica ha mantenido su importancia, especialmente en el campo de la nivelación de primer y segundo orden, así como para la determinación de alturas con precisión y en túneles. Debido a la continua demanda de niveles digitales, la compañía Leica Geosystems AG ha lanzado la segunda generación de niveles digitales. Este artículo da una visión de los nuevos DNA03 y DNA10

ma existente de código de barras. El diseño óptico y mecánico de los instrumentos de la nueva generación y la metodología de correlación del proceso de la señal, emplean los mismos principios fundamentales del NA3003.

Una estrategia adicional del diseño fue la de utilizar aquellos conceptos de diseño que tuvieron tanto éxito en los instrumentos TPS. El diseño del nuevo nivel digital integró el concepto de la batería Camcorder (incluido el cargador), la pantalla y disposición del teclado del TPS700, así como un almacenamiento de datos y una estructura de formatos basados en los del TPS700.

Estas consideraciones acerca del diseño supusieron unos claros beneficios para el usuario. La actual gama de miras de nivel digital puede emplearse en combinación con los más recientes productos de la compañía Leica Geosystems AG. Aquellos usuarios que están familiarizados con los instrumentos TPS700 se benefician de ello, ya que representa un menor esfuerzo de aprendizaje.

2. DISEÑO DEL INSTRUMENTO

2.1. Condiciones del diseño

Tanto el hardware como el software de la nueva generación de niveles digitales fueron diseñados de nuevo, aunque se siguió empleado el siste-

2.2. Exterior del instrumento

El elemento más característico de los niveles digitales DNA03 y DNA10 es el panel frontal, en el que se acomoda una pantalla LCD de 8 líneas y un teclado con plena capacidad alfanumérica.



Figura 1. El DNA03 de Leica

A la izquierda se encuentra el compartimento para la tarjeta PCMCIA, empleada para almacenar los datos. Los sistemas de desplazamiento horizontal se sitúan a ambos lados del instrumento.

La posición del botón de medición, normalmente situado en el lado derecho del instrumento, se ha trasladado al centro del equipo, con el fin de minimizar el impacto sobre el mismo al presionar dicho botón

2.3. Interior del instrumento

Los equipos DNA03 y DNA10 emplean un compensador magnético basado en el del modelo NA3000. Debido a las características no magnéticas de todas las partes del sistema de péndulos, el campo magnético de la Tierra no influye sobre el compensador.

En los equipos DNA03 y DNA10 se incorporaron mejoras en lo que respecta al nivel circular. Su plataforma se desplazó más cerca del telescopio y próxima a la base donde se alberga dicho telescopio. Esta situación garantiza una mayor estabilidad de la burbuja ante los cambios de temperatura.

La imagen de la mira es captada por un nuevo sensor lineal CCD de alta sensibilidad con respecto a la luz del espectro visible. La luz entrante se bifurca en dos partes: una para la medición visual (trayectoria visual) y otra para la medición electrónica (CCD). La medición electrónica emplea todo el rango espectral, parte del cual lo constituye el espectro de la luz visible.

La luz de unas bombillas incandescentes normales es suficiente para la iluminación de la mira cuando dicha medición se realiza en condiciones de oscuridad.

3. SISTEMA DE MEDICIÓN

3.1. Etapas de una medición aislada

El proceso de medición consiste en tres pasos: espera, exposición y correlación, grosera y fina.

1. *Espera.*- El tiempo de espera de 1 segundo es necesario para permitir que el compensador se ajuste adecuadamente.
2. *Exposición.*- El tiempo de exposición varía de 0,5 segundos, en condiciones normales, a 1 segundo en los peores casos. Dentro de este intervalo de tiempo se realizan hasta 36 barridos (tomas unitarias), dependiendo del tiempo de integración.
3. *Correlación.*- El periodo medio para la correlación grosera y fina es de 1,5 segundos aproximadamente.

El tiempo medio resultante para una sola medición es de 3 segundos. En el modo de repetición, el tiempo de medición de las realizadas después de la primera es de un segundo menos, ya que se obvia el tiempo de espera para el ajuste del compensador.

3.2. Campo de visión de la medición electrónica

Hay un campo de visión distinto para la correlación grosera y fina. En el caso de la correlación grosera, se necesita un campo de visión de 2° en un rango de distancias de hasta 50 metros. El campo de visión se reduce, en dos pasos ulteriores, a un ángulo final de 1,4° a una distancia máxima de 110 metros. Para la correlación fina se emplea un ángulo de visión fijo de 1°. Cuando se mide hacia el extremo de la mira esa ventana de 1° se desplaza a la sección visible de los códigos.

En consecuencia, para las mediciones de precisión debe evitarse cualquier cobertura u obstáculo en la ventana de 1°, aunque alguna cobertura fuera de esa ventana no influirá la medición.

3.3. Modos de medición

Los modos de medición implementados en el NA3000 fueron muy bien acogidos por los usuarios. Estos modos también se encuentran en el DNA03 y DNA10 y consisten en: modo de medición única, modo de la media, modo de la mediana y el modo de la media con una desviación típica predefinida.

Se ha añadido un nuevo modo de medición, la medición única repetida, que puede compararse con un modo de seguimiento (*tracking*) en el que cada medición es única y completa. Este modo permite al usuario investigar la tendencia en una situación de medición y parar y aceptar la última cuando las condiciones se hayan estabilizado.

4. LA PANTALLA Y EL TECLADO

4.1. Pantalla

Los equipos DNA03 y DNA10 son los primeros niveles digitales que están equipados con una pantalla con 8 líneas de 24 caracteres. La pantalla es idéntica a la de los instrumentos TPS700. Con el fin de que todos los productos de Leica tuvieran unas guías de uso semejantes, se inten-

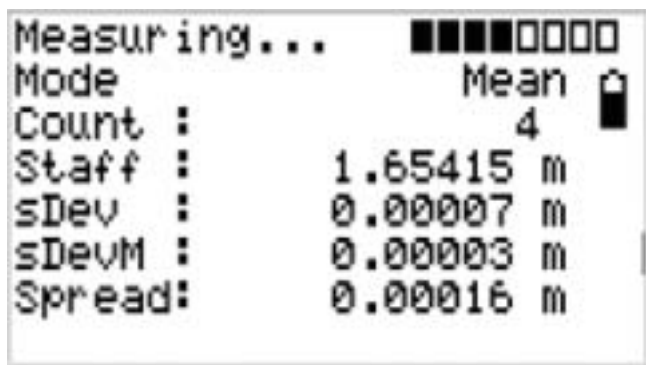


Figura 3. La pantalla de medición

to emplear unas instrucciones tan parecidas como fue posible a las de los instrumentos TPS700, dejando espacio adicional para las mejoras y empleando las características de nivelación típicas. Al igual que en los instrumentos TPS, el texto que se muestra en los equipos DNA03 y DNA10 se presenta en diferentes idiomas.

Las ventajas y la robustez de la pantalla se muestran en el ejemplo que aparece en la figura, en la que se presenta una medición en marcha:

Toda la información de importancia, tal como el contador de mediciones, la lectura actual de la mira, la desviación típica de una medición única, así como la de la media, incluyendo la dispersión de todas las mediciones repetidas, se ve en la pantalla a la vez.

4.2. Teclado

La estructura del teclado es semejante al de las series TPS700.

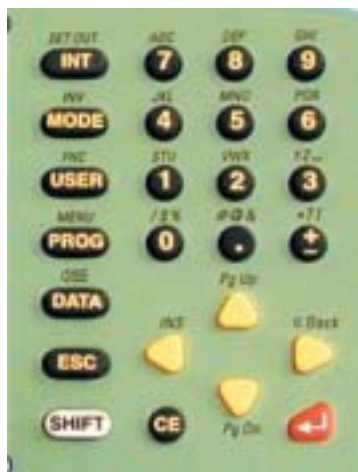


Figura 4. El teclado de los equipos DNA03 y DNA10

El principal bloque está integrado por las teclas de entradas y de navegación. Las teclas de función se sitúan en el lado izquierdo del teclado. Las teclas PROG (MENU) y USER (FNC) poseen la misma funcionalidad que en el TPS700.

Las diferencias con el TPS700 son: ESC, que es una tecla única para salir rápidamente de la pantalla y DATA, que es una tecla única que permite el acceso inmediato al gestor de datos.

5. ALMACENAMIENTO DE LOS DATOS

El concepto del almacenamiento de los datos se basa en el del TPS700. Los datos de la medición se almacenan automáticamente, en formato binario, sobre la memoria interna del equipo, que tiene capacidad para

aproximadamente 6.000 mediciones, o 1650 estaciones (medición hacia delante y hacia atrás). Además, los datos que se almacenan sobre la memoria interna pueden copiarse a la tarjeta PCMCIA. Los datos que son copiados en esta tarjeta se convierten a un formato legible XML o ASCII, que el usuario puede seleccionar de una serie de formatos de datos ya preparados. No es posible el almacenamiento directo de los datos de las mediciones sobre la tarjeta. El almacenamiento de los datos sobre la tarjeta es útil para guardar los datos sobre un dispositivo de almacenamiento personal o para trasladarlos de forma fácil a la oficina.

Empleando el programa Leica Survey Office, los usuarios que prefieran trabajar sin tarjeta pueden volcar los datos de la memoria interna a un PC, vía una interfase en serie RS232. Una vez más, el usuario tiene la opción de seleccionar el formato en el que quiere que se conviertan los datos. El programa Leica Survey Office también permite al usuario extraer o cargar archivos en la tarjeta PCMCIA cuando dicha tarjeta se inserta en el instrumento.

La tarjeta PCMCIA es también muy útil para almacenar las coordenadas de los puntos fijos y las listas de códigos. El contenido de estos archivos puede transferirse al instrumento cuando sea necesario en el campo. El sistema es compatible con las tarjetas Flash y SRAM cuya capacidad no exceda los 32 MB.

6. APLICACIONES

6.1. El programa de medición “Medir y Registrar”

Al igual que en los instrumentos TPS, el programa de medición “Medir y Registrar” está también implementado en los nuevos niveles digitales. Cuando los equipos DNA03 y DNA10 se encienden, los instrumentos están inmediatamente dispuestos para medir una visual hacia atrás, o sencillamente para medir repetidamente la lectura a una mira. Gracias al tamaño de la pantalla, se puede ver en ella toda la información necesaria para la medición, lo que es muy cómodo, ya que no es necesario ir alternando pantallas.

La información que se refiere a un tipo de lectura de mira (en este caso una visual hacia atrás) es actualizada inmediatamente. Aquí se trata de la altura de colimación (Hcol)

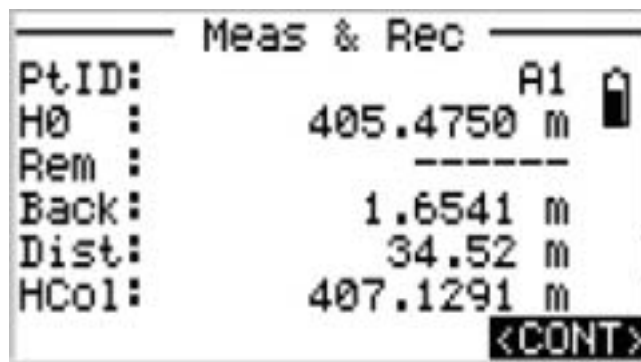
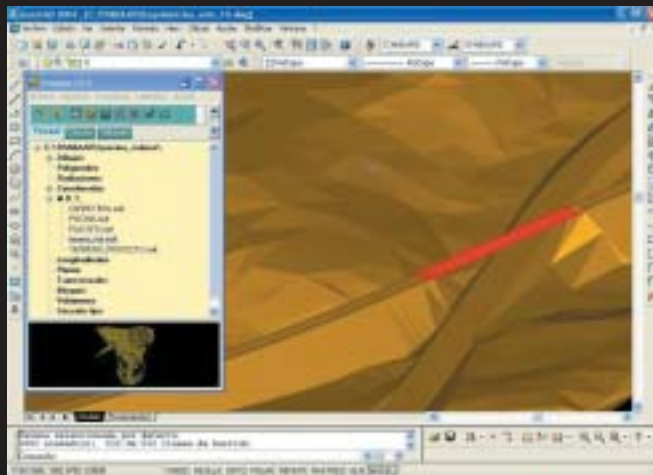


Figura 5. Pantalla de “Medir y Registrar”

PROTOPO

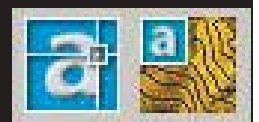


Software Técnico de Cálculo Topográfico
y Trazado Lineal de Carreteras

Ahora PROTOPO para AUTOCAD 2004



Jacometrezo, 15 - 28013 Madrid.
Tfno.: 91 . 542 . 24 . 71* - FAX: 91 . 547 . 14 . 57
www.microgesa.com - info@microgesa.com



El usuario dispone de tiempo para echar un vistazo a los datos hasta que decida continuar.

6.2. Aplicaciones de nivelación de líneas

Tanto el DNA03 como el DNA10 disponen internamente de las cuatro aplicaciones de nivelación BF, aBF, BFFB y aBFFB. Estos programas de medición están en gran medida automatizados. En el caso normal apenas hay que pulsar teclas sobre el teclado, ya que las pantallas se actualizan automáticamente.

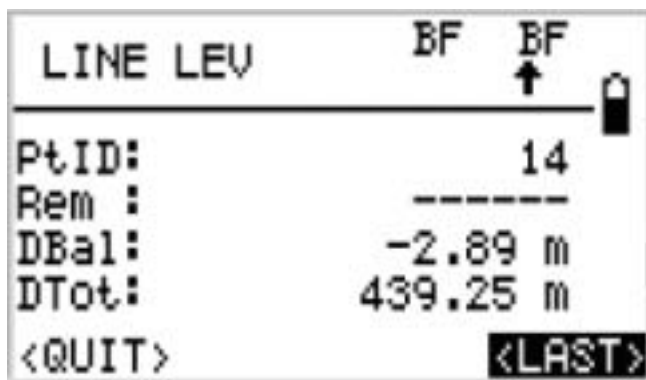


Figura 6. Pantalla de nivelación de líneas BF

La señalización del método de nivelación de líneas de la parte superior, simboliza a un par de estaciones. La flecha indica el orden de la estación actual (número par o impar) y la observación a ser medida a continua-

ción (B o F). La indicación de estación es útil con el fin de concluir la línea de nivelación con un número par de estaciones.

El valor del balance de distancias informa al usuario acerca de la diferencia total de distancias, entre las de la visual hacia delante y las de la visual hacia atrás.

6.3. Codificación

Tanto el DNA03 como el DNA10, ofrecen tres posibilidades de almacenar los códigos.

Existe el código libre, que puede ser almacenado en cualquier momento, antes o después de las mediciones. La segunda opción es una función de código rápido, que se basa en una lista de códigos que está almacenada en el instrumento. Estos códigos se almacenan bien antes o bien después de cada medición, dependiendo de las preferencias, pero siempre en una operación conjunta con la medición. Para iniciar la medición el usuario tiene que activar un número de dos dígitos sobre el teclado.

Una tercera opción es la de almacenar, antes de iniciar la medición, el código de un punto como si fuese un comentario (véase el campo de comentarios REM de la figura 6).

7. PRESTACIONES

7.1. Precisión de la medición

Una cuestión esencial es qué precisión tiene una medición a lo largo de

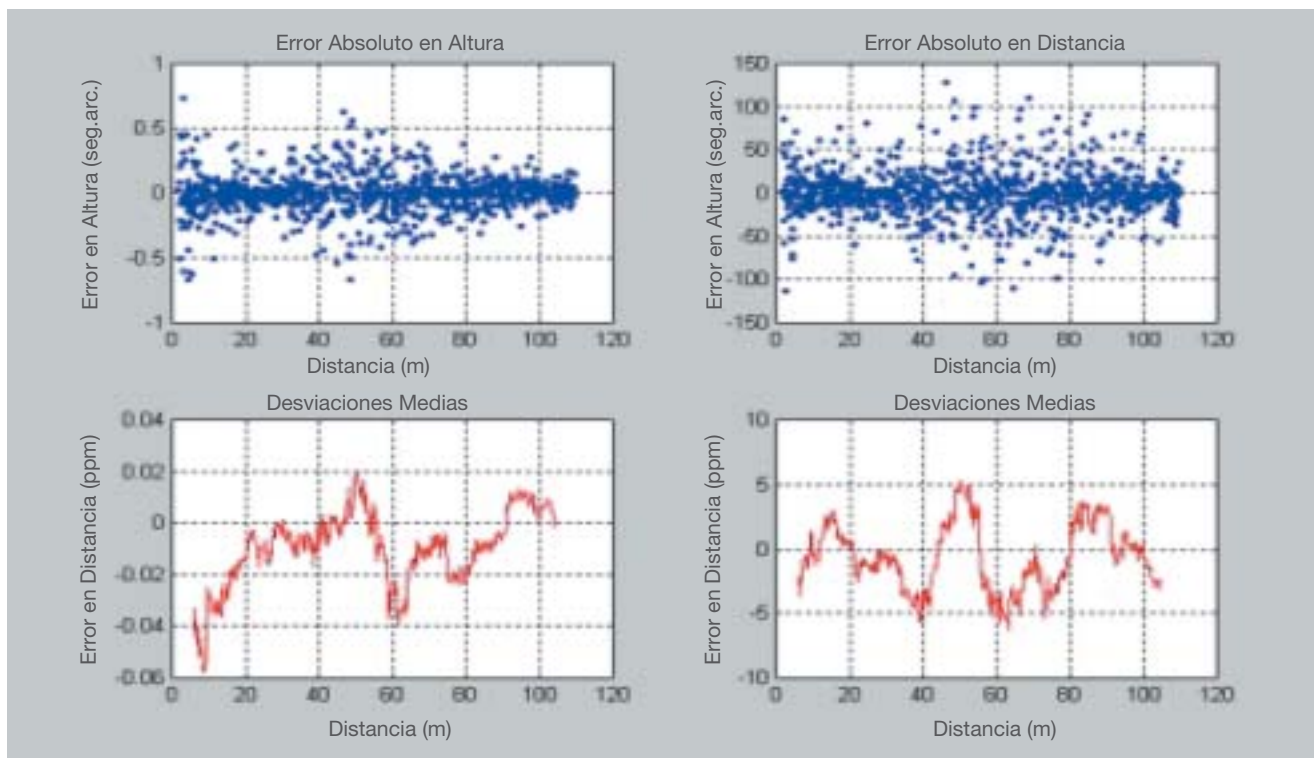


Figura 7. Comprobación de las correlaciones con mediciones simuladas

todo el rango de lecturas sobre la mira, de 0 a 4,05 metros, y combinada con un rango total de distancias de 1,8 a 110 metros. Con las modernas herramientas informáticas de simulación es posible simular un conjunto de mediciones al azar, dentro de la totalidad del área a medir, con el fin de, por ejemplo, comprobar los resultados de aplicar los algoritmos de correlación fina y grosera. En la figura 7 se muestran los resultados de una simulación de este tipo.

Los gráficos de la parte superior muestran la dispersión de la altura absoluta y de los errores de distancia de 1.000 mediciones, distribuidas aleatoriamente dentro del conjunto del área a medir. Los gráficos inferiores muestran las desviaciones medias del valor verdadero, cada una mediante 100 mediciones por punto.

Los valores medios muestran la buena prestación de las correlaciones. Por ejemplo, la desviación media de la lectura de alturas a 60 metros de distancia es de 0,012 milímetros, o de 0,003 milímetros a una distancia de 10 metros. Las desviaciones medias de las mediciones de distancia se encuentran en un rango de menos de 1 milímetro (por ejemplo, de 0,3 milímetros en 60 metros, 5 ppm).

7.2. Rendimiento bajo malas condiciones de iluminación

En comparación con el NA3003, el rango de distancias se ha mejorado notablemente cuando se mide en la oscuridad con miras iluminadas.

La alta sensibilidad del sensor es también responsable de la estabilidad de las mediciones con el DNA03 y DNA10 cuando se mide bajo malas condiciones de iluminación, como por ejemplo al anochecer. En las figuras 8 y 9 se muestra una prueba comparativa con el NA3003 realizada por Gaser y Moser (2001).

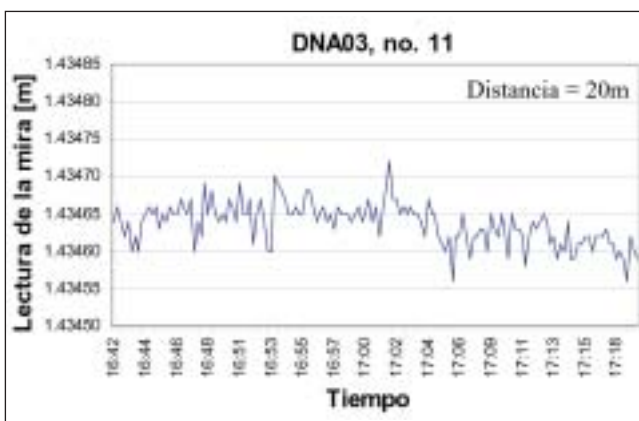


Figura 8. Mediciones aisladas con el DNA03 al anochecer

El DNA03 mide a lo largo de un intervalo de tiempo largo, permaneciendo estable la dispersión aun bajo condiciones de luz extremadamente pobres.

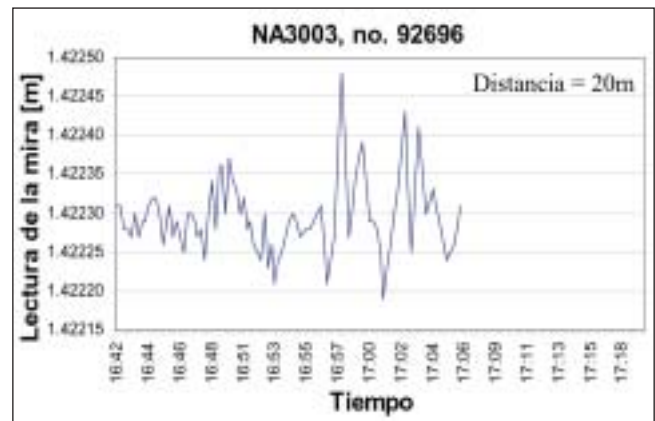


Figura 9. Mediciones aisladas con el NA3003 al anochecer

El NA3003 se detiene más temprano. La dispersión aumenta al empeorar las condiciones de iluminación, aunque sin embargo permanece dentro de una tolerancia de aproximadamente $\pm 0,1$ milímetros.

8. FORMATO DE LOS DATOS

Los equipos DNA03 y DNA10 almacenan los siguientes tipos de información: tarea, línea, modo de medición, correcciones, punto inicial, medición, punto al que se mide, resultados en cada estación, y más. Un bloque de medición consiste en hasta 16 valores, encontrándose entre ellos el coeficiente de correlación de la correlación fina, que proporciona una indicación acerca de la calidad de la medición.

El instrumento puede convertir los datos a distintos formatos. Los formatos XML, GSI-8 y GSI-16 vienen implementados como formatos estándar. Además de todos ellos, se pueden cargar en el instrumento hasta tres formatos adicionales definidos por el usuario. Estos formatos definidos por el usuario ofrecen una gran flexibilidad a la hora de sacar los datos. Incluso pueden obtenerse directamente del instrumento formatos de salida tipo cuaderno o libreta de campo (ver los ejemplos que siguen en las figuras 10 a 12 para el método BF).

```

Line: 1 / BF
-----
Date: 09.12.2001 / Time: 16:03:13
Staff: / Staff:
-----

```

PointID	Backsight	InstID	Focusight	Delta H	Distance	Point Hgt.
Point PrID						0.000
1	1.81078		1.31306	+0.49770	28.77	0.898
2	1.95978		1.67024	-0.61046	13.49	0.997
3	1.64827		1.58179	+0.05648	18.76	0.144

Figura 10. Formato definido por el usuario: Al estilo de cuaderno o libreta de campo

```

Line: 1 / BF
Date: 05.11.2006 / Time: 10:01:22
StA11: / StA12:
-----
| PointID | (SwHeight) | (Proc./Intr.) | Rise | Fall | Distance (Pt. Height) |
-----
|-----|
| POINT POINT | | | | | |
| 1 | | | | | 0.000 |
| 1 | 1.41076 | 1.42100 | +0.0070 | + | 10.77 | 0.000 |
| 1 | 1.42076 | 1.43024 | +0.0050 | + | 11.89 | 0.000 |
| 2 | 1.44027 | 1.44179 | +0.0168 | + | 10.75 | 0.148 |
    
```

Figura 11. Formato definido por el usuario: Al estilo de "subida y caída"

```

Line: 1 / BF
Date: 05.11.2006 / Time: 10:01:22
StA11: / StA12:
-----
| PointID | Type | StA1 | Distance (Pt. Height) | Remarks |
-----
|-----|
| 1 | Back | 1.41076 | 10.77 | |
| 1 | Fore | 1.42076 | 11.89 | 0.000 |
| 1 | Back | 1.44027 | 10.75 | 0.000 |
| 2 | Fore | 1.44179 | 10.75 | 0.148 |
    
```

Figura 12. Formato definido por el usuario: Al estilo de una lista

9. PROCESAMIENTO POSTERIOR DE LOS DATOS

El LevelPak-Pro es un software de última generación para importar, procesar, hacer informes y exportar los datos de los niveles digitales de Leica. LevelPak-Pro puede importar datos de nivelación de los equipos DNA03 y DNA10 en el nuevo formato XML. También puede soportar formatos GS", haciendo la información compatible con la generación anterior de niveles digitales Leica. Estos datos se almacenan posteriormente en una potente base de datos. Una vez importados, el usuario puede ver y editar las observaciones del nivel digital y los detalles del trabajo. Las líneas de nivelación pueden ser procesadas fácilmente, empleando las técnicas *por estación* o *por distancia*, simplemente apretando un botón.

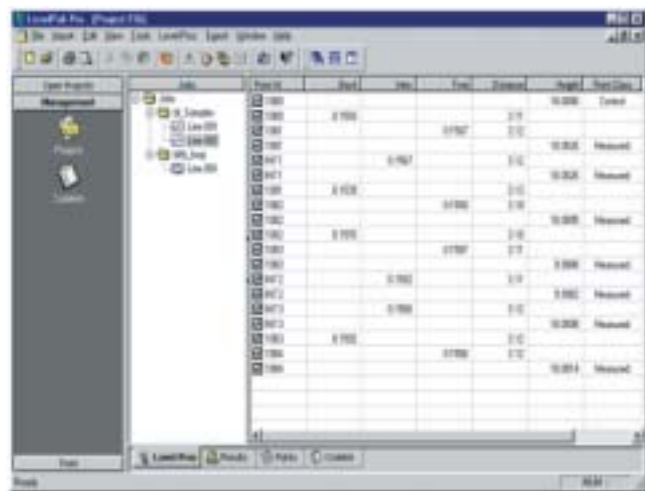


Figura 13. LevelPak-Pro: Visualización de una línea de nivelación

Con LevelPak-Pro el usuario puede generar informes de los datos procesados o exportarlos. Se generan informes, a medida del usuario, de las líneas de nivelación o de los puntos de la nivelación. Además, se genera un informe resumen que contiene todos los parámetros del proceso y las alturas obtenidas. Empleando la tarjeta PCMCIA, el usuario puede exportar los puntos procesados al DNA10 / DNA03 y asignar estos puntos a un trabajo específico.

10. CONCLUSIÓN

Los nuevos niveles digitales Leica DNA03 y DNA10 abren nuevas posibilidades, en particular en lo que respecta al rendimiento de las mediciones. Gracias a su pantalla grande, única entre los niveles digitales, y a las aplicaciones integradas, el funcionamiento y manejo del equipo son muy cómodos. Debido a la flexibilidad de los formatos de datos, existe la posibilidad de emplear distintas estructuras de datos. El nuevo software LevelPak-Pro para el procesamiento posterior de los datos, asegura un flujo fluido de los mismos desde su captura en campo hasta la obtención de las alturas finales.

REFERENCIAS

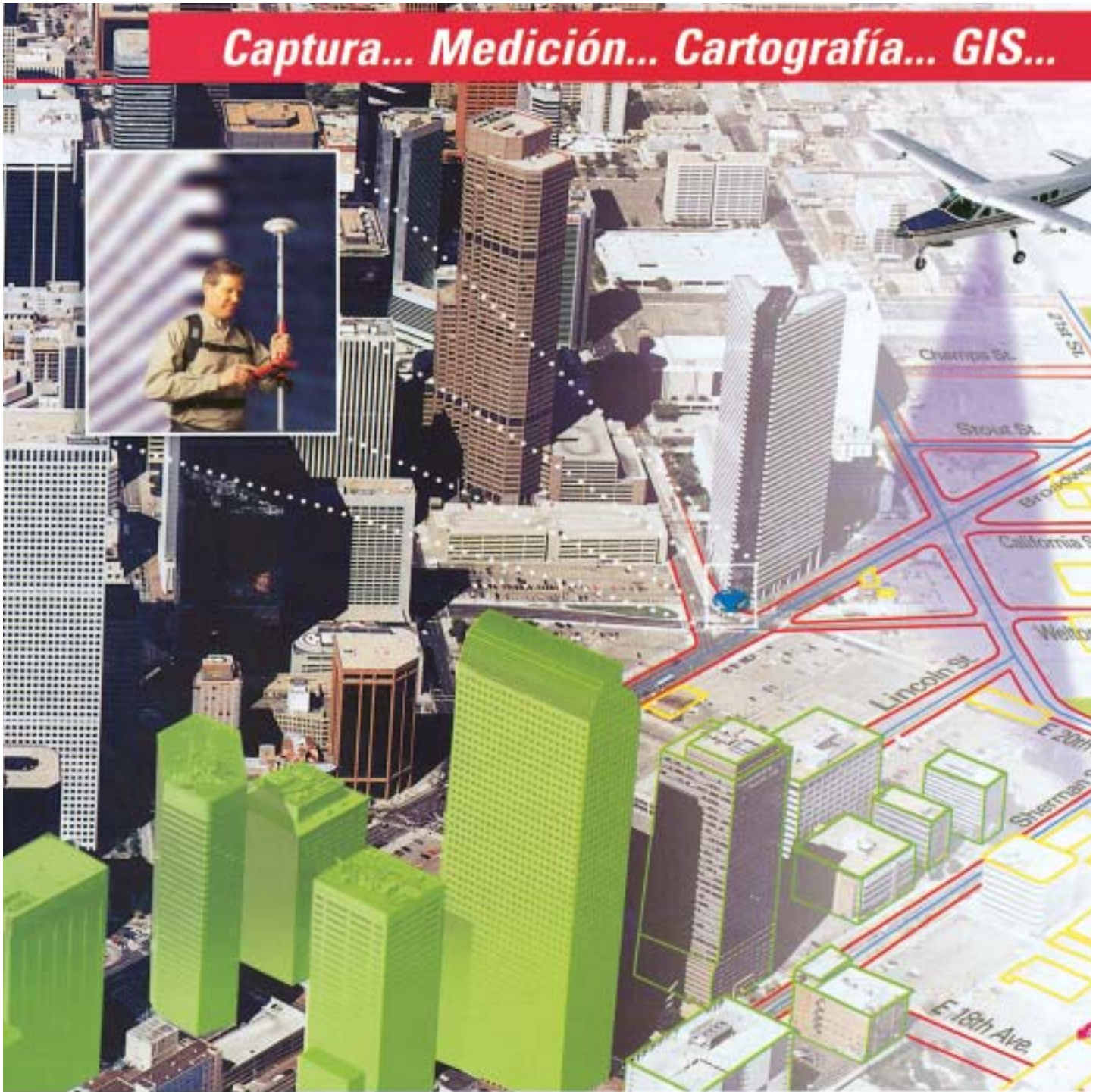
- Gasser, S., Moser, T., 2001, Leica Digitalnivelliere - Entwicklungsbegleitende Systemtests, Diploma thesis (unpublished), Basel Institute of Technology and Management – University of Applied Sciences - Dept. of Geomatic Engineering, CH-4132 Muttenz.
- Ingensand, H., 1990, "Das WILD NA2000, Das erste digitale Nivellier der Welt", AVN, 6/90, 201–210, Karlsruhe, Wichmann Verlag.
- Leica Geosystems, 2000, NA2002 / NA3003, Technical report, 710847en, Heerbrugg, Leica Geosystems AG.

NOTAS BIOGRÁFICAS

Felix Schneider se graduó en Topografía en el Instituto Suizo Federal de Tecnología de Zurich en el año 1978. Tiene 7 años de experiencia práctica en levantamientos topográficos de ingeniería y de control de presas en Suiza, África y el Oriente Medio. Desde 1986 trabaja en Leica Geosystems AG (antes Wild Heerbrugg) como ingeniero de aplicaciones, en el programa TPS de Topografía, y como gestor de producción de los niveles digitales desde 1990.

David Dixon se graduó en el año 2000 en la Universidad RMIT de Melbourne con honores de primera clase. Desde entonces ha trabajado en Leica Geosystems AG (Heerbrugg) como ingeniero de aplicaciones en el equipo de software. ■

Captura... Medición... Cartografía... GIS...



Nunca antes ha sido tan sencillo integrar información GIS. Utilizando los sistemas de flujo geoespacial de la división de GIS & Mapping de Leica Geosystems puede capturar, procesar y actualizar sus datos con la seguridad de obtener resultados precisos.

Utilice nuestros sensores digitales, LIDAR, cámaras y GPS para adquirir datos y mediciones. Extraiga mapas, ortofotos y MDT con nuestras estaciones fotogramétricas. Procese, visualice, analice y exporte la información con nuestro software de tratamiento de imagen geográfica.

Sea cual sea su flujo de trabajo, Leica Geosystems dispone de una solución integrada a la medida de sus necesidades.

Leica Geosystems GIS & Mapping, S.L. General Díaz Porlier, 18. 28001 Madrid. Tel.: 915 766 579. Fax: 915 764 408. www.gis.leica-geosystems.com



ERDAS
geographic imaging made simple™

LH Systems



Leica
Geosystems

Correcciones por Efecto de Marea de Observables Geodésicos y Gravimétricos de Alta Precisión

A. Martín Furones, A. B. Anquela Julián, J. Padín Devesa

DEP. DE ING. CARTOGRÁFICA, GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Resumen

Dentro de los ámbitos geodésicos y gravimétricos con observables de gran precisión, los efectos de marea terrestre deben ser tenidos en cuenta para la correcta reducción de los mismos. Estos efectos de marea se dividen en una serie de componentes armónicas de diferente periodo, donde los parámetros reales de amplitud y desfase deben ser observados para poder aplicar los modelos teóricos con exactitud.

Estos parámetros han sido obtenidos para Valencia, mediante observación continua, en el Laboratorio de Gravimetría del Departamento de Ingeniería Cartográfica de la Universidad Politécnica de Valencia (39°28'50.9773" N, 0°20'15.536419 W, 80.6084 h)_{WGS84}.

Las observaciones han sido realizadas con el gravímetro Lacoste&Romberg D203 equipado con un sistema feed-back electrostático. Los datos han sido registrados digitalmente con un intervalo de 60 segundos. Las observaciones comenzaron en febrero de 2001, contando con cerca de un año de observaciones (más de 400.000 registros, divididos en 42 bloques de observaciones, que van desde los pocos días hasta cerca de un mes de registro continuo).

Estos datos han sido editados y procesados con el software ETERNA 3.32 usando el catálogo de Hartmann y Wenzel pero sin incluir ajustes por movimiento del polo y longitud del día (LOD), ya que, debido a las características del gravímetro empleado, estas correcciones se encuentran dentro del ruido de la señal.

Finalmente, los parámetros de amplitud y desfase para los grupos de onda Q1, O1, M1, P1, K1, J1, OOI, 2N2, N2, M2, L2, S2, K2 y M3M6 serán presentados y sus aplicaciones gravimétricas y geodésicas serán discutidas.

I. INTRODUCCIÓN

El efecto gravitatorio del Sol, de la Luna y de los planetas del sistema solar afectan a la Tierra no sólo en las partes oceánicas, sino también en las continentales, ocasionando las llamadas mareas terrestres. Este hecho afectará a cualquier medida geodésica efectuada sobre la superficie terrestre, por lo que, para cálculos precisos, debemos tener en cuenta tal efecto y corregirlo adecuadamente, ya que las mareas terrestres provocan que los observables geodésicos de precisión sean dependientes del tiempo, debiendo reducirse a un estado cuasi-estacionario de invarianza temporal.

La aceleración de marea debida a los cuerpos celestes Δf (figura 1) en un punto P de la superficie terrestre, resulta de la suma del efecto gravitatorio que ejerce el cuerpo celeste sobre el punto P (f_{PM}) y la aceleración orbital ($-f_{EM}$) que sería la aceleración de escape (centrífuga) que hace que el cuerpo se mantenga en órbita y que afecta por igual a

todos los puntos de la Tierra. En el centro de masas terrestre esta aceleración centrífuga se compensa con la atracción gravitatoria del cuerpo celeste (f_{EM}), aquí $\Delta f = 0$ [19], [21], [27]. Se puede llegar a un conocimiento preciso de este efecto directo gracias al desarrollo del potencial gravitatorio producido por los astros perturbadores como una serie de armónicos esféricos dependientes del tiempo y de los parámetros or-

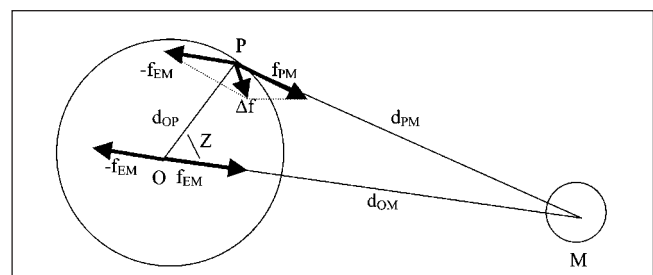


Figura 1. La fuerza gravitatoria de la Luna (o el Sol) se divide en dos componentes, llamados f_{EM} y f_{PM} cuya diferencia es responsable de la fuerza de la marea terrestre Δf .

bitales de los mismos [4], [5], [15], [16], [19], [24], pudiendo llegar a precisiones en la predicción inferiores al nanogal [25], [26].

Si la tierra fuera perfectamente rígida no se deformaría y el efecto de las mareas terrestres estaría perfectamente parametrizado, tal como se decía en la párrafo anterior. Al no serlo, se deforma y lo hace en la dirección del astro perturbador, produciendo variaciones sobre la propia Tierra. Este efecto indirecto también deberá ser adecuadamente corregido en las medidas geodésicas de precisión, ya que al cambiar la figura de la Tierra se producirán variaciones en la aceleración de la gravedad y dirección de la vertical. Dicho efecto indirecto no es posible calcularlo de forma teórica, ya que dependerá de las propias características particulares y locales de la propia corteza terrestre en la zona de estudio, en cuanto a parámetros tales como densidad y propiedades elásticas se refiere.

Así, si deseamos que los valores de marea, que se obtienen teóricamente utilizando las constantes astronómicas (efecto directo), se acerquen a la realidad (incluyendo el efecto indirecto), habrá que introducir unos determinados factores de corrección a las ondas de marea, que deberán ser obtenidos gracias a la observación y que dependerán de la propia tierra: las correcciones de marea terrestre más precisas se calculan en estaciones permanentes de mareas terrestres [23], donde se obtienen los parámetros de amplitud δ_0 y diferencias de fase α_0 de las ondas en que se puede descomponer el potencial de marea terrestre, acercando así los valores teóricos a los valores reales de marea observados [2], [6]. Una de las formas de lograr esto es mediante el registro continuo de valores de gravedad, de donde, mediante el adecuado análisis, se podrán obtener estos parámetros de amplitud y desfase de las principales ondas de marea y utilizarlos para la correcta reducción de medidas geodésicas en la zona de obtención de dichos parámetros.

2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE AMPLITUD Y DESFASE DE LAS PRINCIPALES ONDAS DE MAREA EN VALENCIA

La estación donde se han observado los parámetros reales de amplitud y desfase de las principales ondas de marea se sitúa en el Laboratorio de Gravimetría del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universidad Politécnica de Valencia, con coordenadas 39°28'50,9773" N, 0°20'15,536419 W, 80,6084 h en el elipsoide de referencia WGS84, coordenadas obtenidas a partir de la estación permanente GPS en el mismo edificio.

Las observaciones han sido llevadas a cabo con el gravímetro Lacoste&Romberg D203 perteneciente al mismo Departamento. Este instrumento está equipado con un sistema de *feed-back* electrostático. Los datos han sido registrados digitalmente con un intervalo de 60 segundos. Las observaciones comenzaron en febrero de 2001, finalizando en abril de 2002, contando con un total de 301,84 días observados, lo que supone que se han procesado un total de 434.600 observaciones, dividi-

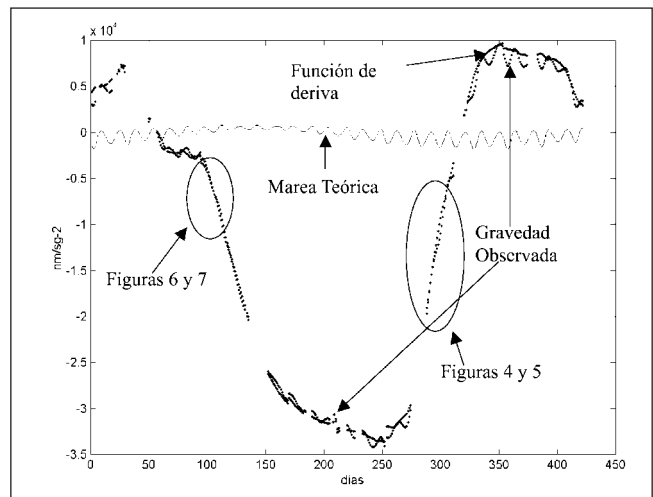


Figura 2. Gravedad observada, marea teórica y función deriva para el gravímetro Lacoste & Romberg D 203 durante más de un año de observación y registro automático.

das en un total de 42 bloques diferentes, que contienen desde pocos días hasta cerca de un mes de registro continuo. En la figura 2 se puede ver el valor de gravedad observado.

Todos los datos observados han sido editados y procesados con el software ETERNA 3.32 usando el catálogo de Hartmann y Wenzel, que es el de mayor precisión actual, ya que contiene 12.935 componentes de onda, que incluyen el potencial de la Luna hasta orden 6, el del Sol hasta orden 3 y la influencia de los planetas Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno hasta orden 2, alcanzando precisiones teóricas del nanogal [25] y [26]. No se han incluido ajustes por movimiento del polo y longitud del día (LOD), ya que, debido a las características del gravímetro empleado, estas correcciones se encuentran dentro del ruido de la señal. Finalmente, se han introducido en el ajuste polinomios de Tschebyscheff de diferente grado, dependiendo del número de días registrado dentro de cada bloque, para aproximar la deriva y eliminarla en los cálculos de amplitudes y desfases.

Los parámetros de amplitud y desfase para los grupos de onda Q1, O1, M1, P1, K1, J1, OO1, 2N2, N2, M2, L2, S2, K2 y M3M6, así como su desviación estándar, quedan reflejados en la tabla 1.

La desviación estándar del observable de peso unidad ha resultado ser de 30 nm/sg², lo que nos lleva a validar el proceso de ajuste de las observaciones si tenemos en cuenta que las mismas han sido realizadas con un gravímetro Lacoste&Romberg.

En la figura 3 se puede ver la estimación del error, presentada como el espectro de amplitudes de Fourier de los residuos, lo que proporciona una estimación más realista de los errores cuando se están ajustando simultáneamente cortos y largos periodos de parámetros de marea. Tal como se puede ver, los mayores errores se sitúan sobre frecuencias 1 y 2 ciclos por día, conclusión a la que se llega si volvemos a echar un vis-

Grupo de onda de marea	Rango de frecuencias en ciclos por día	Amplitud	Desviación estándar	Desfase	Desviación estándar
Q1	0,501370-0,911390	1,15171	0,00147	-0,4498	0,0735
O1	0,911391-0,947991	1,15372	0,00030	-0,4092	0,0150
M1	0,947992-0,981854	1,17490	0,00341	-1,3241	0,1659
P1	0,981855-0,998631	1,15351	0,00067	0,5613	0,0331
K1	0,998632-1,023622	1,14420	0,00022	0,0859	0,0108
J1	1,023623-1,057485	1,13238	0,00364	0,1570	0,1834
OO1	1,057486-1,470243	1,14170	0,00600	1,1050	0,3012
2N2	1,470244-1,880264	1,12476	0,00389	2,1452	0,1979
N2	1,880265-1,914128	1,14879	0,00083	3,1514	0,0413
M2	1,914129-1,950419	1,16499	0,00017	2,6252	0,0083
L2	1,950420-1,984282	1,21062	0,00842	0,1342	0,3982
S2	1,984283-2,002736	1,18124	0,00036	1,5978	0,0175
K2	2,002737-2,451943	1,16590	0,00132	2,4225	0,0648
M3M6	2,451944-7,000000	1,11843	0,00474	-1,8178	0,2425

Tabla 1. Parámetros de amplitud y desfase observados, con su desviación estándar para los principales grupos de onda de mareas en Valencia.

tazo a las desviaciones estándar de las ondas J1 y L2, donde para el valor del desfase encontramos mayor error que señal.

2.1. Parametrización de la función de deriva

Una vez calculados los parámetros de amplitud y desfase de los principales grupos de ondas de marea, se deben utilizar para la predicción del efecto de mareas terrestres. La primera predicción a realizar es el cálculo de la marea teórica para los propios datos gravimétricos utilizados en el cálculo de los parámetros de amplitud y desfase, de manera que la resta entre la gravedad observada y la marea teórica defina la función de deriva (o deriva estática) del gravímetro utilizado en las observaciones,

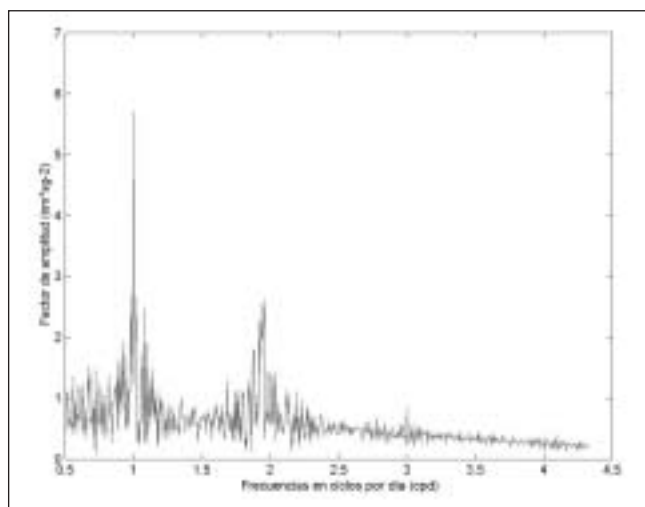


Figura 3. Espectro de Fourier de las amplitudes de los residuos.

tal como puede verse en la figura 2. Dicha función de deriva es una curva con bastante amplitud en este caso y de grado cuadrático, tal como la teoría y otros trabajos han demostrado [1], [21].

Un estudio más detallado sobre la función de deriva se puede realizar en las zonas de mayor pendiente, de forma que nos situamos en el peor de los casos (mayor deriva); este estudio se ha realizado en las dos zonas señaladas de la figura 2.

La primera cubre un total de 24 días de registro continuo (figura 4).

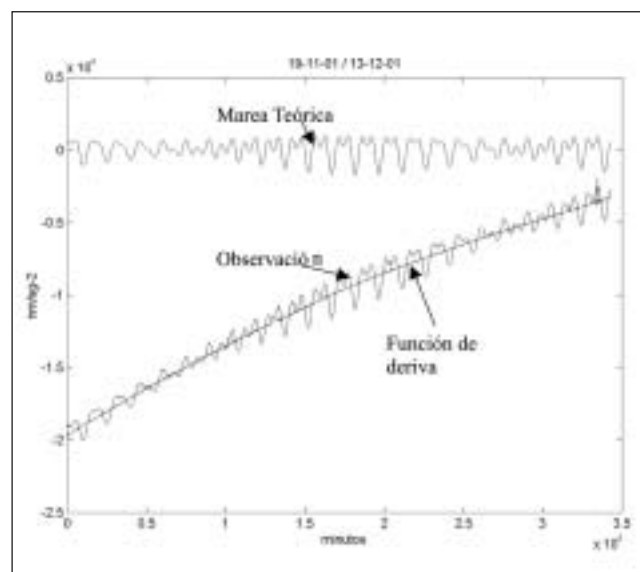


Figura 4. Valores de gravedad observados, marea teórica y curva de deriva para el gravímetro L&R D203 entre los días 19 de noviembre y 13 de diciembre de 2001.

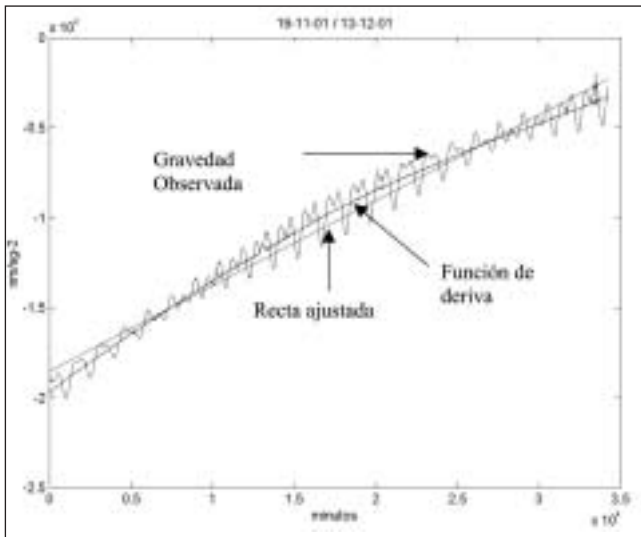


Figura 5. Gravedad observada, función de deriva y recta ajustada a la misma para el gravímetro L&R D203 entre los días 19 de noviembre a 13 de diciembre de 2001.

Si ajustamos una recta de regresión a la deriva podemos ver (figura 5) que se aproxima en gran medida a la curva de deriva. Se debe recordar que trabajamos en relativo, por lo que más que una coincidencia exacta interesa que las pendientes corran paralelas entre la curva de deriva y la recta ajustada, de ahí el hecho común de considerar la deriva como una función lineal para periodos de observación cortos (8-10 horas).

En este caso (figura 5) el valor de la pendiente de deriva obtenido es de aproximadamente 3 μ Gal por hora.

El segundo ejemplo cubre un total de 9 días de registro continuo (figura 6). De la misma forma que antes, se ajustará una recta de regresión

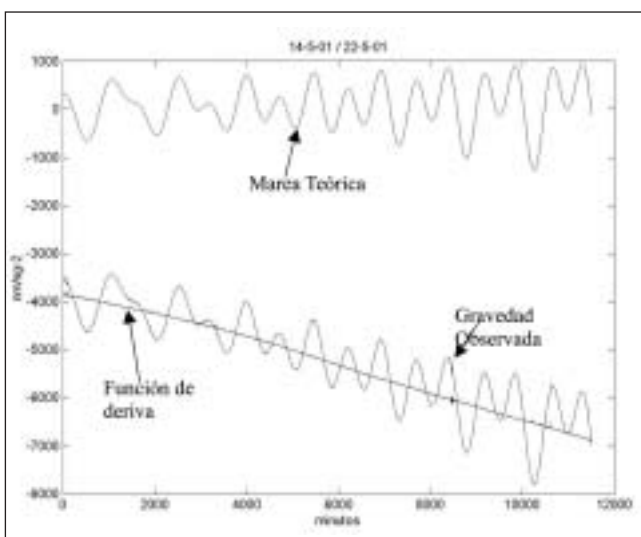


Figura 6. Gravedad observada, marea teórica y función de deriva para el gravímetro L&R D203 durante los días 14 y 22 de mayo de 2001.

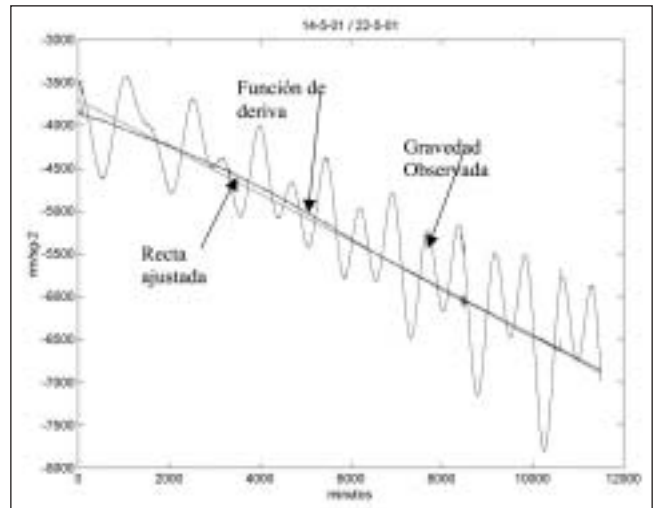


Figura 7. Gravedad observada, función de deriva y recta para el gravímetro L&R D203 entre los días 14 y 22 de mayo de 2001.

a la curva de deriva (figura 7). En este caso el valor de la pendiente de la recta de regresión ajustada es de 2 μ Gal por hora aproximadamente.

Así, se puede concluir que, en estos momentos, el gravímetro Lacoste&Romberg D203 posee una deriva máxima de 3 μ Gal por hora, valor que puede ser utilizado para el establecimiento de la tolerancia en los cierres de los itinerarios gravimétricos junto con los errores accidentales propios de una observación gravimétrica [21], ya que la tolerancia se considera una cota superior del error cometido, es decir, un error que, en el peor de los casos, no debe ser sobrepasado [13].

3. EFECTOS SOBRE OBSERVABLES GEODÉSICOS Y GRAVIMÉTRICOS

3.1. Efecto sobre las medidas de gravedad

Las medidas de gravedad deben ser corregidas de los efectos de marea terrestre, siendo este efecto la mayor corrección que sufre un observable gravimétrico de precisión.

Ahora debemos ver cómo afecta a esta corrección en Valencia el hecho de considerar los verdaderos parámetros de amplitud y desfase de las principales ondas de marea, en vez de utilizar los clásicos valores de 1,16 para todas las amplitudes y 0 para todos los desfases [2].

En la figura 8 se pueden ver las gráficas de la predicción de la componente de marea cada minuto durante el mes de octubre de 2001, utilizando los valores teóricos para todas las ondas de 1,16 para la amplitud y cero para el desfase y el catálogo de Cartwright (que es el recomendado por la IAG, [18]), y las diferencias entre la predicción anterior y la predicción utilizando los valores reales de las amplitudes y desfases de

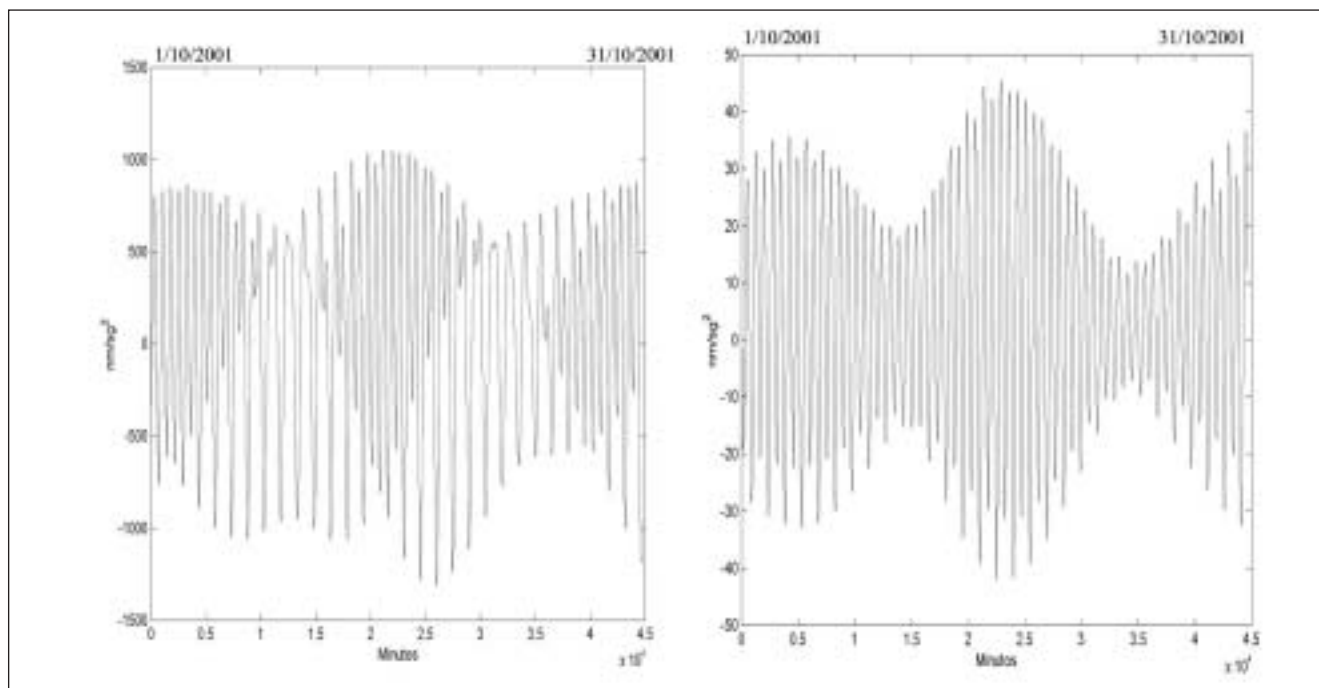


Figura 8. Predicción de la componente de marea gravitatoria para el mes de octubre de 2001 utilizando los valores teóricos de amplitud y desfase para las principales ondas de marea y el catálogo de Cartwright (izquierda), y diferencias entre la predicción anterior y la predicción utilizando los valores reales de amplitud y desfase y el catálogo de Hartmann-Wenzel (derecha).

las componentes de marea (tabla 1) y el catálogo de Hartmann-Wenzel. Tal y como se puede apreciar, las diferencias entre utilizar los valores teóricos y los valores aproximados pueden llegar a ser superiores a 4 microgales, valor que debe ser tenido en cuenta en microgravimetría y en el cálculo de redes gravimétricas de precisión para una correcta reducción del observable gravimétrico.

3.2. Efecto sobre las medidas GPS

El efecto indirecto de deformación terrestre provocado por las mareas terrestres también se debe notar en las medidas GPS, ya que cambiarán la posición del punto. Este fenómeno afectará, sobre todo, a la componente radial, es decir, a la altura elipsoidal, mientras que las componentes Norte y Este serán tan pequeñas que pueden considerarse despreciables. El efecto sobre la componente vertical se puede calcular según la hipótesis de Love-Shida, que caracteriza el desplazamiento radial de la tierra según el potencial de marea V y el número de Love-Shida h que describe el desplazamiento vertical; esta hipótesis se traduce en la ecuación [7], [10], [17], [20], [22]:

$$\Delta r = h \frac{V}{g} \quad (1)$$

Donde h es el número de Love-Shida, que depende de la densidad y propiedades elásticas de la Tierra. Para un modelo de Tierra esférica, con manto sólido y núcleo externo líquido e interno sólido (modelo ra-

zonable en el presente contexto y suficiente desde un punto de vista práctico), este valor se puede aproximar por el número 0,60.

En la ecuación (1), g es el valor de gravedad del punto de cálculo, aunque se puede introducir un valor aproximado sin pérdida de precisión.

Ahora debemos ver cual es la influencia sobre una medida de altura elipsoidal GPS que provocará este efecto, que vendrá caracterizado por el potencial de marea V . El software de procesamiento de datos GPS introduce un modelo de marea teórico, basado en unos parámetros de amplitud y desfase aproximadamente válidos para toda la Tierra (mareas sintéticas), para el cálculo de este potencial. Tal es el caso del programa Bernese. En la figura 9 podemos ver las variaciones en la componente elipsoidal provocadas por el efecto de marea sintética durante el mes de octubre de 2001, en la misma estación que las gráficas anteriores utilizando el modelo de Cartwright. Como podemos ver, el efecto puede ser cercano a los 30 centímetros y también podemos ver la diferencia entre la consideración del modelo anterior para la predicción de la componente radial y la predicción utilizando los valores reales de amplitud y desfase de las principales ondas de marea, que puede superar el centímetro, lo cual es importante para el caso de estaciones permanentes GPS que pretendan establecer un marco de referencia terrestre.

En la práctica habitual, con GPS se trabaja en relativo y sobre distancias relativamente cortas. En este caso la consideración o no del efecto de mareas terrestres sobre una base-línea de cálculo puede llevar a errores

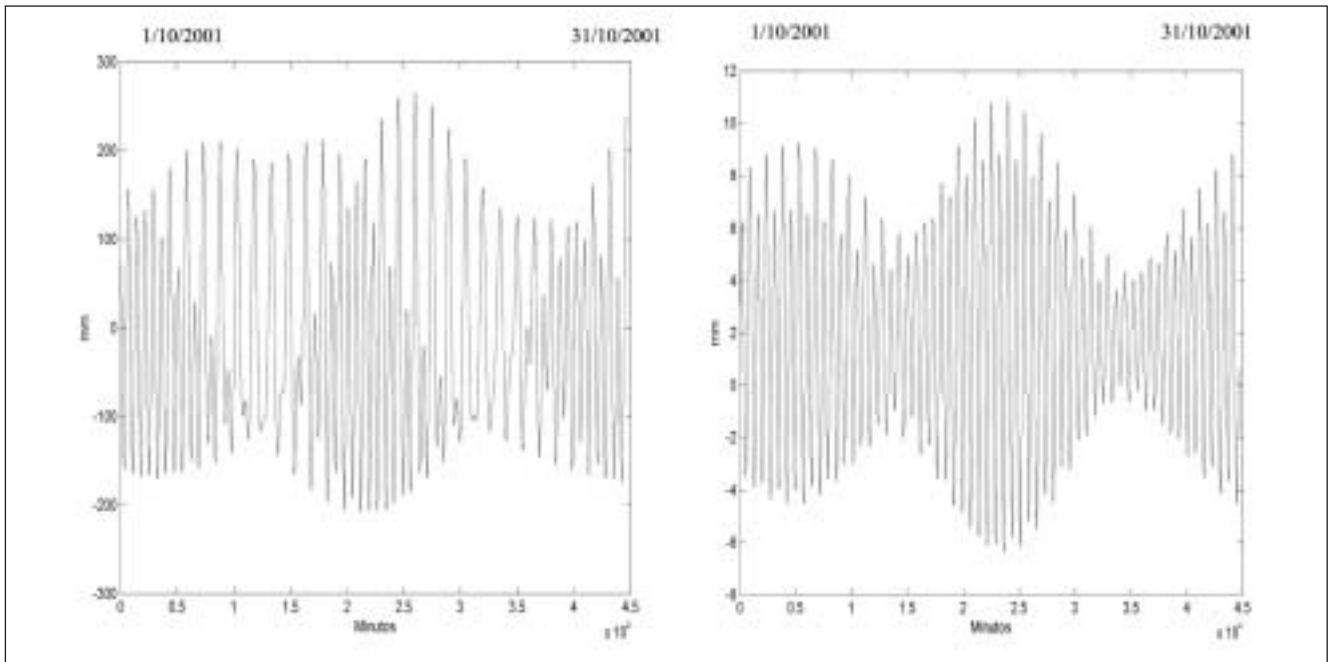


Figura 9. Predicción del efecto de la componente de marea terrestre sintética sobre la altura elipsoidal utilizando el catálogo de Cartwright (izquierda), y diferencia entre la predicción del efecto de la componente de marea terrestre sintética y la predicción con los valores reales de amplitud y desfase de las ondas de marea sobre la altura elipsoidal (derecha).

de 0,2 ppm en la altura elipsoidal. Para llegar a esta conclusión se han obtenido las correspondientes gráficas de predicción de la componente de marea para un punto situado a 5, 10 y 20 km al Norte de la estación de referencia, y a 5, 10 y 20 km al Oeste de la misma, y se han efectuado las restas entre las predicciones para esos puntos y la correspondiente predicción para la estación base. En la figura 10 se puede ver la predicción de marea sintética para una línea base de 20 km, dirección Oeste, a partir de la estación base.

Evidentemente, las diferencias entre la consideración de las mareas sintéticas y la predicción, utilizando los valores reales de amplitud y desfase

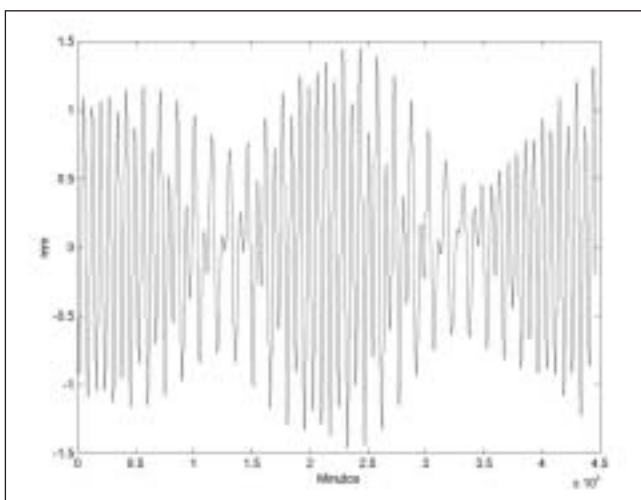


Figura 10. Resta entre la predicción del efecto de mareas sintéticas para los extremos de una línea-base de 20 km en dirección Oeste

de las principales ondas de mareas, es de un orden de magnitud inferior, es decir, de 0,02 ppm, por lo que, en este caso, se puede concluir que, a niveles prácticos, no es necesaria la consideración de los valores reales de amplitud y desfase, ya que su influencia sobre los resultados es muy pequeña.

3.3. Efecto sobre la ondulación del geode

Las ondulaciones del geode son afectadas tanto por los efectos directos (se trata de una superficie equipotencial) como por los indirectos (deformación radial terrestre) de mareas terrestre. La expresión que rige este movimiento, siguiendo la misma hipótesis de Love-Shida, es:

$$\Delta N = (1 + k) \frac{V}{g} \quad (2)$$

Siendo K el número de Love que describe el cambio en el potencial gravitatorio debido al efecto de mareas; a este número se le asigna el valor de 0,30 para un modelo terrestre como el utilizado en el apartado anterior:

Siguiendo con la metodología empleada hasta el momento, en la figura 11 podemos ver el efecto que sobre la ondulación del geode en el punto de cálculo presenta la marea terrestre, calculada utilizando los valores aproximados para la amplitud y desfase de las principales ondas de marea de 1,16 y cero respectivamente, y la diferencia entre la consideración anterior y el cálculo de la predicción, utilizando los valores reales de

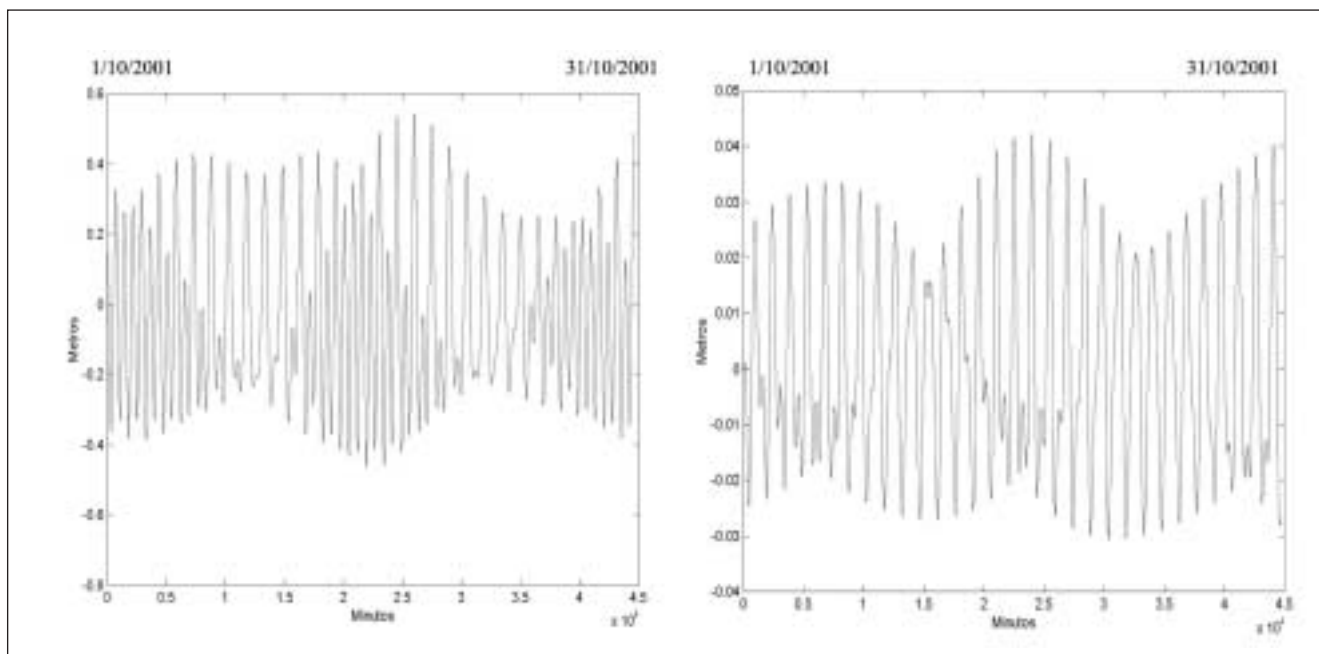


Figura 11. Predicción del efecto de la componente de marea terrestre sobre ondulación del geode utilizando los componentes teóricos de amplitud y desfase para las principales ondas de marea de 1,16 y 0 respectivamente (izquierda), y diferencia entre la predicción del efecto de la componente de marea terrestre teórica aproximada y la predicción con los valores reales de amplitud y desfase de las ondas de marea sobre la ondulación del geode (derecha).

amplitud y desfase según la tabla 1. Tal y como puede verse, la diferencia puede resultar de hasta cinco centímetros en la ondulación, resaltando la gran inestabilidad temporal del geode como superficie de referencia si no se tiene en cuenta este efecto convenientemente.

3.4. Efecto sobre la altitud ortométrica

Equivalentemente, las variaciones producidas por el efecto de mareas terrestres en cualquier sistema de altitudes puede ser evaluado, por ejemplo, si tenemos en cuenta que las altitudes ortométricas se pueden

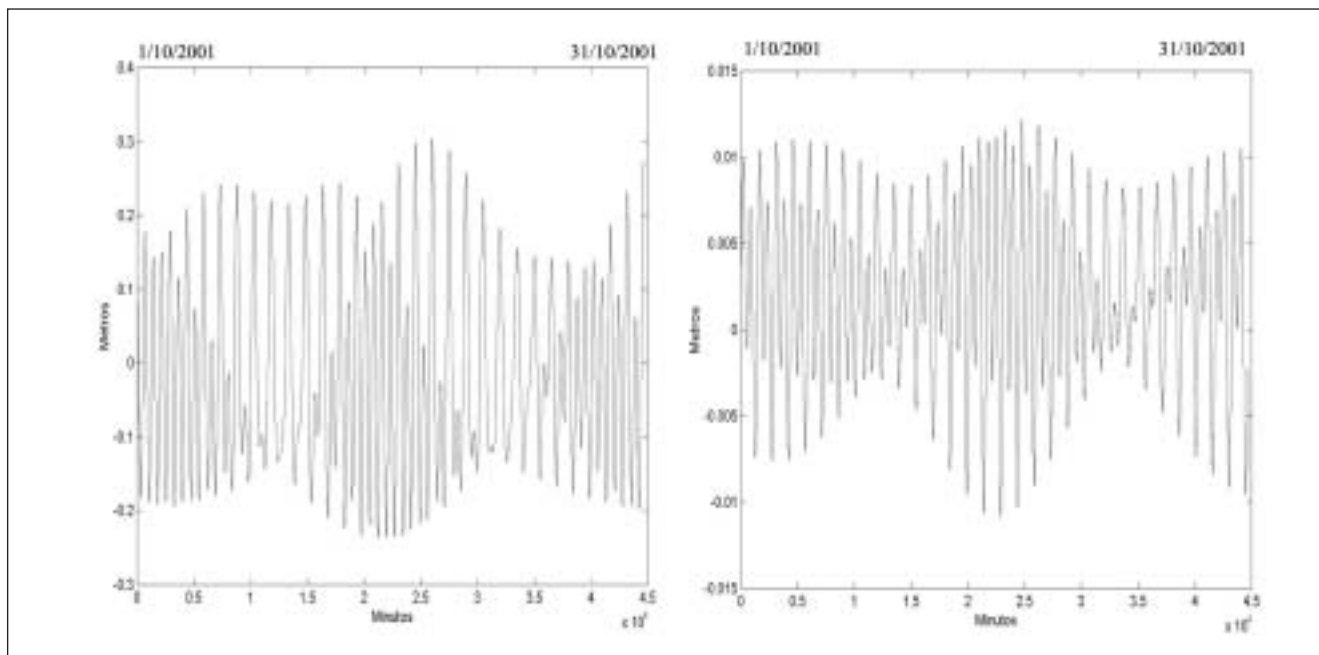


Figura 12. Predicción del efecto de la componente de marea terrestre sintética sobre la altitud ortométrica (izquierda), y diferencia entre la predicción del efecto de la componente de marea terrestre sintética y la predicción con los valores reales de amplitud y desfase de las ondas de marea sobre la altitud ortométrica (derecha).

calcular a partir de la ondulación del geoide y la altura elipsoidal proporcionada por el GPS:

$$H = h - H \quad (3)$$

De las ecuaciones 1 y 2 podemos extraer que la variación en la altitud ortométrica (cantidad geométrica relacionada con el potencial gravitatorio y, por tanto, susceptible de variaciones provocadas tanto por el efecto directo como por el indirecto de mareas terrestres) puede ser visto como:

$$\Delta H = - (1 + k - h) \frac{V}{g} \quad (4)$$

En la figura 12 podemos ver las variaciones en la altitud ortométrica para nuestro punto de cálculo, considerando la aproximación al potencial gravitatorio sintético, tal como se hacía en las observaciones GPS, y utilizando el catálogo de Cartwright y las diferencias de esta predicción y la predicción por mareas utilizando los parámetros reales de amplitud y desfase observados y el catálogo de Hartmann-Wenzel. Tal como puede verse, la no consideración de los parámetros reales puede llevar a errores de más de un centímetro en la altitud ortométrica calculada con GPS trabajando en absoluto (p.e. estación permanente).

4. CONSIDERACIONES SOBRE EL EFECTO PERMANENTE DE MAREA

La consideración del efecto de marea terrestre permanente (deformación de la Tierra y de sus superficies equipotenciales permanentes por el hecho de estar orbitando en un sistema planetario) ha resultado ser de gran controversia dentro de las disciplinas geodésicas y gravimétricas [3], [7], [8], [9], [11], [12], [18], [28], llevando a diferentes consideraciones sobre las reducciones gravimétricas y modelos de geoide y superficies de referencia correspondientes: valores medios de gravedad y geoide medio (valores de gravedad reducidos de la componente de marea sin la consideración de los efectos directos e indirecto de deformación permanente), valores de gravedad y geoide totalmente corregidos de marea (eliminación completa de los efectos de marea) y gravedad y geoide cero (eliminación de todos los efectos de marea, excepto la parte indirecta de deformación permanente terrestre).

Desde 1983 la IAG recomienda la reducción de los valores de gravedad a la corteza cero [18], mientras que las observaciones GPS son reducidas a una corteza totalmente corregida de mareas [17], es decir, que se reducen a diferentes superficies de referencia.

En el caso de observables gravimétricos, se puede calcular la corrección por marea total, que será la que normalmente se calcula o la que ofrecen los diferentes programas, p.e. ETERNA, y restar la siguiente expresión para obtener el valor de gravedad cero [18]:

$$\delta g = - 4,83 + 15,73 \text{ sen}^2 \psi - 1,59 \text{ sen}^4 \psi \quad \mu\text{gal} \quad (5)$$

Siendo ψ la latitud geocéntrica. Para la Comunidad Valenciana, comprendida entre las latitudes 37°50' y 40°48', este efecto estará comprendido entre los valores de 0,8 y 1,5 μgal .

Para transformar las altitudes GPS totalmente reducidas de marea a altitudes sobre una corteza cero, podemos encontrar diferentes expresiones en la bibliografía:

Heck, [10]

$$\delta r = h \frac{1,939 \frac{1}{2} (1 - 3 \text{sen}^2 \varphi)}{g} \quad m \quad (6)$$

Sun y Sjöberg, [20]

$$\delta r = 5,94 \left(\frac{r}{a} \right)^2 (1 - 3 \text{sen}^2 \varphi) \quad cm \quad (7)$$

McCarthy, [14]

$$\delta r = -0,1196 \left(\frac{3}{2} \text{sen}^2 \varphi - \frac{1}{2} \right) \quad cm \quad (8)$$

Todas las fórmulas anteriores llevan al mismo resultado: Para las latitudes entre las que se comprende la Comunidad Valenciana, este valor estará comprendido entre los -0,8 y -1,7 centímetros.

Las transformaciones entre el geoide cero N_C , el geoide medio N_M y el geoide totalmente corregido de marea N_T se pueden obtener utilizando las expresiones [7]:

$$N_M - N_C = 9,9 - 29,6 \text{sen}^2 \varphi \quad cm \quad (9.1)$$

$$N_C - N_T = k(9,9 - 29,6 \text{sen}^2 \varphi) \quad cm \quad (9.2)$$

$$N_M - N_T = (1+k)(9,9 - 29,6 \text{sen}^2 \varphi) \quad cm \quad (9.3)$$

Las fórmulas anteriores nos llevan, para las latitudes entre las que se comprende la Comunidad Valenciana, a valores entre -1,2 y -2,76 cm para la ecuación (9.1), -0,4 y -0,8 centímetros la ecuación (9.2) y -1,6 y -3,5 cm la (9.3).

5. CONCLUSIONES

Se han obtenido los valores de amplitud y desfase reales de las principales ondas de marea terrestre para Valencia a partir de la observación de los mismos mediante registro continuo con el gravímetro relativo Lacoste&Romberg D203, procesando más de 300 días de registro, con un intervalo entre los mismos de 60 segundos.

Las principales aplicaciones gravimétricas y geodésicas de dichos valores han sido discutidas en comparación con los cálculos habituales utilizando valores aproximados, encontrando diferencias que pueden llegar a ser

superiores a 4 microgales para la corrección por mareas terrestres de observables gravimétricos, de 1 centímetro para alturas GPS en estaciones absolutas, 5 centímetros en la ondulación del geoide y 1 centímetro en la obtención de altitudes ortométricas utilizando medidas GPS y modelo de geoide.

Por último, se ha realizado un repaso sobre la consideración de la deformación permanente terrestre por efecto de mareas, ya que los observables gravimétricos y GPS son reducidos a diferentes superficies de referencia (superficie cero y totalmente corregida de efectos de marea respectivamente), obteniendo los valores límites entre los que se mueve la Comunidad Valenciana para transformar un observable determinado de una superficie a otra.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer a Carine Bruyninx, Veronique Dehant y Marc Hendrick, del OMA, su ayuda para el cálculo del efecto indirecto sintético de corrección por mareas terrestres a las alturas elipsoidales.

REFERENCIAS

- [1] Asch G., Elstner C., Jentzsch G., Plag P., 1986. *On the estimation of significant periodic and aperiodic gravity variation in the time series of neighbouring stations. Part I: Tidal signals*. Proceedings of the Tenth International Symposium on Earth Tides. Madrid 1985. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Universidad Complutense de Madrid, pp 239-249.
- [2] Boedecker G., Poitevin C., 1986. *Unified European gravity network UEGN status report*. Bureau Gravimétrique International. Bulletin d' Information n° 59, Toulouse, pp 133-143.
- [3] Boedecker G., 1988. *International absolute gravity basestation network (IAGBN) absolute gravity observations, data processing standards and station documentation*. Bureau Gravimétrique International. Bulletin d' Information n° 63, Toulouse, pp 51-57.
- [4] Cartwright D.E., Taylor R.J., 1971. *New computations of the tide-generating potential*. Geophysics. J.R. astr. Soc. n° 23, pp 45-74.
- [5] Cartwright D.E., Edden A.C., 1973. *Corrected tables of tidal harmonics*. Geophysics. J.R. astr. Soc. n° 33, pp 253-264.
- [6] Ducarme B., Poitevin C., Loodts J., 1980. *Precise tidal corrections for high precision gravity measurements*. Bureau Gravimétrique International. Bulletin d' Information n° 46, Toulouse, pp 48-70.
- [7] Ekman M., 1989. *Impacts of geodynamic phenomena on systems for height and gravity*. Bulletin Géodésique n° 63, pp 281-296.
- [8] Groten E., 1980. *A remark on M. Heikkinen's paper "on the Honkasalo term in tidal corrections to gravimetric observations"*. Bulletin Géodésique n° 54, pp 221-223.
- [9] Haller L.A., Ekman M., 1988. *The fundamental gravity network of Sweden*. Bureau Gravimétrique International. Bulletin d' Information n° 63, Toulouse, pp 75-92.
- [10] Heck B., 1993. *Tidal Corrections in Geodetic Height Determination*. IAG Symposia n° 108: Applications of geodesy to engineering. Ed. Springer-Verlag, pp 11-24.
- [11] Heikkinen M., 1979. *On the Honkasalo term in tidal corrections to gravimetric observations*. Bulletin Géodésique n° 53, pp 239-245.
- [12] Honkasalo T., 1964. *On the tidal gravity correction*. Bolletino di geofisica teorica ed applicata. Vol VI, n° 21, pp34-36.
- [13] Martín A., Padín J., 2003. *Geodesia Física: material de prácticas*. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, n° 359.
- [14] McCarthy D.D., (Ed.) 1992. *IRS Standards. IERS Technical Note 13*. CB/IERS, París.
- [15] Melchior P., 1983. *The tides of the planet earth*. Pergamon Press, Oxford.
- [16] Moritz H., 1984. *Sistemas de referencia en Geodesia*. Cursos de Geodesia superior, cursos y seminarios n° 1. IGN. IAG. Madrid, pp 1-44.
- [17] Poutanen M., Vermeer M., Mäkinen J., 1996. *The permanent tide in GPS positioning*. Journal of Geodesy, n° 70, pp 499-504.
- [18] Rapp R.H., 1983. *Tidal gravity computations based on recommendations of the standard earth tide committee*. Bulletin d' Informations Mares Terrestres n°89, pp 5814-5819.
- [19] Sevilla M.J., 1989. *Teoría de Mareas Terrestres*. V curso de Geodesia Superior. Cursos y seminarios del Instituto de Astronomía y Geodesia. N° 4, pp 87-202.
- [20] Sun W., Sjöberg L.E., 2001. *Permanent components of the crust, geoid and ocean depth tides*. Journal of Geodynamics, n° 31, pp 323-339.
- [21] Torge W., 1989. *Gravimetry*. Walter de Gruyter, Berlín-New York.
- [22] Torge W., 2001. *Geodesy*. 3rd edition. Walter de Gruyter, Berlín-New York.
- [23] Vieira R., 1989. *Instrumentación y análisis de Mareas Terrestres*. V curso de Geodesia Superior. Cursos y seminarios del Instituto de Astronomía y Geodesia. N° 4, pp 205-302.
- [24] Wahr J.M., 1981. *Body tides on an elliptical, rotating, elastic and oceanless earth*. Geophysics. J.R. astr. Soc. n° 64, pp 677-703.
- [25] Wenzel G., 1998. *Format and structure for the exchange of high precision tidal data*. www.ife.uni-hannover.de/~Wenzel/format/format.html. Consultada en Febrero de 2002.
- [26] Wenzel G., 1998. *The nanogal software: earth tide data processing package Eterna 3.3*. www.ife.uni-hannover.de/~Wenzel/eterna33/eterna33.html. Consultada en Febrero de 2002.
- [27] Wilhelm H., Zürn W., 1997. *Tidal Phenomena*. Ed. Springer-Verlag.
- [28] Yurkina M.I., Simon Z., Zeman A., 1986. *Constant part of the Earth tides in the earth figure theory*. Bulletin Géodésique n° 60, pp 339-343. ■

Nueva metodología para realizar el Alta Gráfica Catastral de Urbana de un Proyecto Fin de Obra

Fernando Cruz Sánchez y Gaspar Mora Navarro
 DEP. DE ING. CARTOGRÁFICA, GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

I. INTRODUCCIÓN

Normalmente, la información gráfica en altas catastrales de urbana se realiza mediante copias de planos del proyecto fin de obra, que se presentan en la Gerencia Regional del Catastro de Valencia (GRCV). Este procedimiento tiene varios inconvenientes: realizar las copias resulta engorroso y caro y, además, la GRCV necesita los planos en soporte digital. Por otra parte, si el declarante entrega los planos ya en soporte digital, la GRCV se encuentra con gran cantidad de información inútil para el alta y mezclada con la información verdaderamente importante.

Por los motivos expuestos, la GRCV ha puesto a disposición de los declarantes el programa DECAUR. La aplicación DECAUR es un software gratuito que permite extraer de ficheros de AutoCAD la información útil para el alta de un proyecto fin de obra. El fichero resultante será un DWG, que contendrá muy poca información en relación con todo el proyecto. DECAUR funciona como un comando más de AutoCAD y está pensado para que lo utilice el colectivo de arquitectos, que es el que más altas catastrales solicita. Por este motivo, la aplicación se puede obtener en la web del Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia <http://www.ctav.es>.

La nueva forma de trabajo es un gran avance para todos: el declarante, la GRCV y, en general, para todos los usuarios de la cartografía. Supone un ahorro de tiempo y costes y una mejora en la claridad y calidad de la cartografía.

2. FORMA USUAL DE REALIZAR EL ALTA DE URBANA E INCONVENIENTES QUE PRESENTA

Normalmente, la información gráfica en altas catastrales de urbana se realiza mediante copias de planos del proyecto fin de obra que se pre-

sentan en la GRCV. Trabajar de esta forma tiene los siguientes inconvenientes:

1. Realizar las copias resulta engorroso y caro
2. La GRCV necesita los planos en soporte digital, por lo que digitaliza nuevamente los planos
3. Digitalizar implica pérdida de precisión y tiempo.

Resulta evidente que los problemas anteriores se resuelven si no se fotocopian los planos y se envían en soporte digital, es decir, en CD.

La solución anterior es un gran avance, pero todavía presenta inconvenientes. Los ficheros en soporte digital del proyecto suelen tener gran cantidad de información no necesaria para la GRCV: datos de saneamiento, conducciones de agua, electricidad, etc. Además, todos estos datos se mezclan con la información útil. Los problemas que ocasiona la información sobrante son los siguientes:

1. Producen dificultad de interpretación.
2. Ocupan memoria en el ordenador, ralentizando el manejo de la cartografía, la realización de copias de seguridad, etc.
3. Pérdida de tiempo, ya que, por razones evidentes de claridad y economía de memoria en los ordenadores, la información sobrante ha de ser eliminada.

3. NUEVO PROCESO DE ALTA DE URBANA: UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA DECAUR

El programa DECAUR es una herramienta, totalmente gratuita, que es capaz de extraer las capas necesarias de uno o varios ficheros DWG. Los ficheros DWG proceden de AutoCAD, que es el programa de di-

seño asistido por ordenador más utilizado para la delineación de proyectos en la Comunidad Valenciana. Las capas extraídas son aquellas que contienen la información que necesita la GRCV y son copiadas a un nuevo fichero DWG. Utilizar esta herramienta aporta las siguientes ventajas:

1. El proyectista trabaja como siempre lo ha hecho, por lo que no se modifica su forma de trabajo: nombres de ficheros, nombres de capas, contenidos, etc.
2. Con el programa se seleccionan las capas útiles y se copian a otro fichero con nombres de capa estándar propuestos por la GRCV, nombres que no son modificables y que van incorporadas al programa (figura 3).

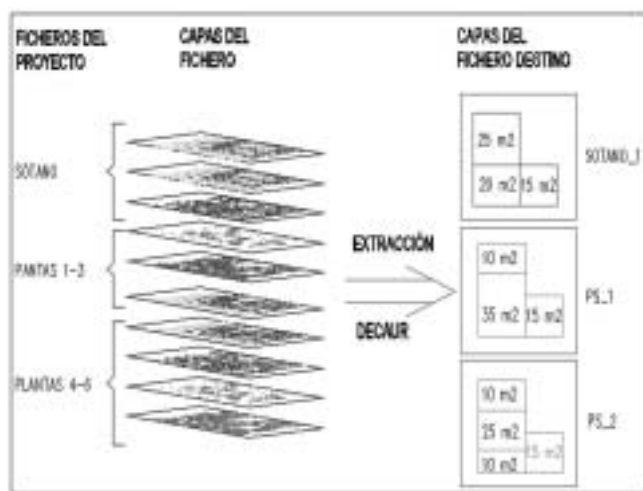


Figura 3. Copiado del contenido de las capas necesarias sobre capas estándar propuestas por la GRCV.

3. El fichero resultante contiene muy poca información, en relación al fichero o ficheros originales del proyecto.
4. No se ocasiona coste económico ni de pérdida de tiempo, al contrario, en unos minutos se tiene la información necesaria para el alta catastral.
5. No hay pérdidas de precisión.
6. Se puede entregar el fichero resultante a la Gerencia Regional en soporte informático.
7. La interpretación del fichero resultante es sencilla.

El hecho de que el proyectista utilice su forma habitual de trabajo (nombre y estructura de ficheros, nombre de capas, colores, etc.) es un aspecto que cabe resaltar. El declarante trabaja como siempre lo ha hecho, con su eficiente sistema de trabajo, fruto de años de perfeccionamiento (aplicaciones personalizadas, plantillas, librerías, etc.). Es solamente al final, cuando el proyecto está terminado, cuando se utiliza DECAUR. La aplicación extraerá la información necesaria para el alta catastral sin modificar el proyecto original.

4. NORMAS A SEGUIR A LA HORA DE PRESENTAR LA INFORMACIÓN PARA REALIZAR EL ALTA DE URBANA

Se explica en este apartado qué contenido debe tener la información que se presente a la GRCV para poder obtener el alta catastral de urbana.

- Debe pertenecer al proyecto de fin de obra que concuerde con la escritura de división horizontal.
- Entregar todas las plantas significativas solamente. Plantas significativas serán las que contengan diferente información gráfica en cuanto a la distribución de locales. Por ejemplo, para un edificio con sótano, planta baja, 6 plantas de igual distribución, ático y cubierta se tendría que presentar la siguiente información:

Planta significativa	Datos
Planta sótano	Datos de sótano
Planta baja	Datos de planta baja
PS-1	Datos de plantas 1-6
Datos de ático	Planta ático
Planta cubiertas	Planta cubiertas

- La información gráfica de las plantas significativas debe contener el perímetro de parcela y la distribución de locales, indicando para cada uno su tipo y superficie. Esta información se obtiene del plano que se realiza para calcular las superficies construidas de locales y elementos comunes (figura 1).

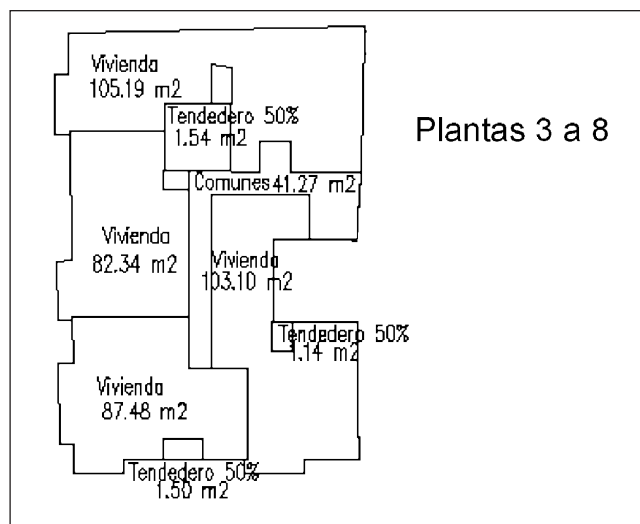


Figura 1. información que debe contener cada planta significativa.

- Adjuntar cuadro de superficies construidas por tipo de local. Detallar o incluir en la superficie la participación de elementos comunes (figura 2).

CUADRO DE SUPERFICIE							
Tipo de vivienda	Superficie útil	Sup. construida sin elem. com.	Sup. construida con elem. com.	Nº	Superficie útil	Sup. construida sin elem. com.	Sup. construida con elem. com.
Vivienda A	90,00	102,23	113,12	5	450,00	511,15	565,60
Vivienda B	65,63	72,98	80,76	5	328,15	364,90	403,80
Vivienda C	90,00	104,95	116,13	5	450,00	524,75	580,65
Vivienda D	90,00	106,73	118,10	6	540,00	640,38	708,60
Vivienda E	73,39	83,33	92,21	6	440,34	499,98	553,26
Vivienda F	77,58	88,98	98,46	6	465,48	533,88	590,76
Vivienda G	90,00	104,24	115,36	6	540,00	625,44	692,16
Vivienda H	74,09	84,43	93,43	1	74,09	84,43	93,43

Figura 2. Cuadro de superficies por tipo de local con elementos comunes.

- Adjuntar las fotografías del inmueble, informatizadas preferiblemente.
- En el caso de presentar un fichero DWG (ficheros del programa AutoCAD) debe cumplir las siguientes condiciones de formato:
 - Utilizar unidades en metros
 - Entidades de dibujo sólo en dos dimensiones (2D)
 - No incluir bloques.

5. PROCESO DE INSTALACIÓN DEL PROGRAMA DECAUR

La aplicación DECAUR se puede obtener de Internet en la web del Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia, <http://www.ctav.es>, en el apartado **declaraciones catastrales** (figura 4).

Para instalar la aplicación se descarga el fichero ZIP (2,2 Mb) que contiene el programa de instalación, se descomprime y se ejecuta *Setup.exe*.

La primera vez es necesario arrancar el programa desde el menú Inicio

de Windows, normalmente en *Inicio* → *Todos los programas* → *DECAUR* → *DECAUR*. Se crea un nuevo botón en AutoCAD. Desde este momento es posible arrancar el programa dentro de AutoCAD, como si fuese un comando más. Es importante resaltar que la utilidad funciona con las versiones de AutoCAD 2000, 2002 y 2004 y no con AutoCAD R14.

6. OPERACIONES QUE SE PUEDEN REALIZAR CON EL PROGRAMA DECAUR

La aplicación es un programa diferente de AutoCAD. Es posible trabajar normalmente con AutoCAD mientras DECAUR esté en ejecución. Esto significa que mientras se está extrayendo información de los ficheros del proyecto es posible activar-desactivar capas, realizar zooms, abrir o cerrar ficheros, modificar un dibujo, etc.

Al instalar el programa se copia un fichero de Microsoft Word en el directorio de instalación del programa con las instrucciones de uso; no obstante, se detallan a continuación los pasos a realizar para obtener el fichero final, llamado *fichero destino*.

1. Se abre el fichero o ficheros de AutoCAD de los cuales se va a extraer información de capas. Éstos son los *ficheros origen*.
2. Se arranca la aplicación. Todos los ficheros que hay abiertos en AutoCAD aparecen como posibles *archivos origen*.
3. Se crea un fichero nuevo vacío de AutoCAD que servirá de *fichero destino*, para ello se pulsa el botón *nuevo*.



Figura 4. <http://www.ctav.es>, descarga del programa de instalación.



Figura 6. Opciones que proporciona la Interface del programa DECAUR. (F.O. y F.D. fichero origen y fichero destino respectivamente)

4. Se seleccionan las capas a copiar de cada *fichero origen* y en qué capas con nombre estándar del *fichero destino* se van a copiar. Se presiona el botón *Copiar >>*. Se repite este proceso cuantas veces sea necesario.

5. Presionando el botón *Generar fichero*, se copian las capas y, automáticamente, se guarda el *fichero destino*, que es el que se entrega a la GRCV.

Con la opción *Cambiar de lista* es posible intercambiar ficheros de la lista de *ficheros origen* a la lista de *ficheros destino* y viceversa, es decir, cualquier fichero puede servir de origen o de destino. Gracias a esta utilidad es posible añadir capas a ficheros que ya contienen información. Las capas del fichero destino que ya contienen información aparecen en negrita, éste es el caso de la capa llamada *Cubierta* en la figura 6.

Aunque la aplicación es muy sencilla, todas las utilidades, formas de uso y funcionalidades de los botones se pueden leer en el cuadro que aparece presionando el botón *Ayuda*.

7. CONCLUSIONES

Esta iniciativa por parte de la GRCV pretende evitar que se duplique el trabajo y se gane en claridad y precisión en la cartografía, beneficiando al proyectista, a la propia Gerencia y, en general, a cualquier usuario de la cartografía. ■



Bolonia ¿Y después de la titulación?

Javier Gómez Lahoz

DPTO. DE INGENIERÍA CARTOGRÁFICA Y DEL TERRENO

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Resumen

El proceso de Bolonia, en el que estamos involucrados los profesionales y docentes de la Ingeniería Cartográfica, Topográfica y Geodésica, implica un nuevo enfoque de la enseñanza y el aprendizaje de nuestra disciplina, basado en los conceptos de calidad y empleabilidad.

Junto al trabajo en curso relativo a la definición del nuevo Título de Grado, realizado de acuerdo con las prescripciones de la ANECA (de carácter profesional, cultural e incluso político), es importante que nos preparemos, como hacen otros docentes y profesionales en toda Europa, para abordar el nuevo punto de vista docente propuesto.

Esta contribución contempla el trabajo que tendrá que acometerse una vez que haya concluido la fase actual. Para ello, se proponen algunas reflexiones acerca de cuestiones bajo debate y experimentación en otros países, tales como la determinación de los niveles de complejidad correspondientes a los títulos de grado, postgrado y doctor; la determinación de la carga de trabajo de los estudiantes asociada a los créditos; la determinación de los pasos a acometer en la programación de las asignaturas, su metodología docente y su evaluación o la determinación de los diversos niveles de responsabilidad para hacer posible un aseguramiento de la calidad.

Abstract

The Bologna process, in which we all - cartography, surveying, and geodesy engineers, both professionals or teachers - are involved aims at a new approach of teaching and learning our discipline based on the concepts of quality and employability.

Besides the current task relative to the grade title design, applied to meet the ANECA prescriptions - rather of professional, cultural or even political nature -, we must prepare ourselves - as other teachers and professionals all over Europe are doing - to grasp the new pedagogical point of view.

This contribution addresses the work that will have to be done after the ongoing phase has finished. Some reflections are proposed about issues in fact under discussion and testing at other countries such as: determining the complexity levels regarding the bachelor / master / doctor graduation; determining the students workload adscribed to credits; determining the steps to carry on the courses programming, teaching methodology and assessment or determining the various responsibility levels to make quality assurance possible.

I. INTRODUCCIÓN

Este escrito nace con la vocación de ser un documento de trabajo con el que quizás algunos podamos avanzar en el diseño y realización de ese ambicioso proyecto de renovación de la enseñanza universitaria llamado Construcción del Espacio Europeo de Enseñanza Superior (CEEES) y que puede conducir a un escenario radicalmente nuevo y en el que muchos nos felicitamos de poder participar. Todos, profesionales y docentes de la Ingeniería Cartográfica, Topográfica, Geodésica y Fotogramétrica, estamos convocados a ello.

La creación de la ANECA y los proyectos, de momento con más o menos carácter experimental, puestos en marcha por la misma este verano, marcan las directrices básicas del proceso:

- Rediseño de las titulaciones con los descriptores que deben estar presentes, con un especial énfasis puesto en la empleabilidad y en las competencias que la hacen posible.
- Importancia del desarrollo de un proceso de acreditación.

El ímpetu con que la ANECA irrumpe en el espacio universitario marca asimismo un rasgo esencial para la comprensión del proceso y el consiguiente posicionamiento en el mismo: Se trata de una reforma institucional; tiene, especialmente en nuestro país, una clara dirección arriba-abajo.

Con ser ardua la resolución del problema institucional, por los conflictos de intereses implicados en la definición de las competencias profesionales, el problema pedagógico no será menor y se refiere al momento en que esta renovación llegue a las aulas.

Esta contribución responde a la convicción personal de que las reformas no cuajan salvo que lo hagan en el estamento protagonista: en este caso el docente. Y esta reforma se quedará en una pura cosmética, en un puro cumplir formalmente con la ANECA, excepto que los docentes queramos aprovechar lo que de renovación sustancial y vigorosa nos puede ofrecer y sepamos gestionar lúcidamente los conflictos de intereses que se plantearán en nuestro nivel.

EL CONTEXTO

Diversos documentos elaborados por la Comisión Europea, como el *Libro Blanco de Enseñanza y Formación (White paper on education and Training)* o *El papel de las Universidades en la Europa del Conocimiento*, destacan la necesidad de construir la Sociedad del Aprendizaje (Learning Society) basada en la autonomía de los individuos para mejorar sus conocimientos y su empleabilidad a lo largo de toda su vida, lo que debe conducir tanto a una mayor integración social como a un mejor desarrollo personal. Esta construcción se basa en:

- La promoción de un conocimiento de amplia base, cada vez más necesario incluso para entrenamientos de carácter específico. Este acceso al conocimiento debe estar apoyado en la comprensión significativa de nuestro entorno, en la capacidad de formular juicios críticos, en el desarrollo de visiones creativas y en la capacidad de tomar decisiones.
- El desarrollo de una competencia para la empleabilidad, que implica aspectos tales como capacidad de renovación permanente, manejo de las tecnologías de la información, capacidad para participar, organizar y dirigir equipos, preocupación por la calidad, etc., capacidades que en gran medida se adquieren con la experiencia laboral.

En esta Sociedad del Aprendizaje se verifican una serie de cambios que afectan a las universidades:

- Aumento de la demanda (a pesar de la baja natalidad), tanto por el número de alumnos que aspiran a una enseñanza universitaria como por la extensión de la formación permanente. Este crecimiento, por otra parte, no es homogéneo, produciéndose un desplazamiento de la demanda desde las ingenierías hacia las ciencias sociales.
- Internacionalización de la educación y la investigación, propiciada por las tecnologías de la información y la comunicación.
- Crecimiento de la cooperación entre el mundo empresarial y la universidad, a través de la gestión eficaz de la innovación, de la creación de nuevas empresas auspiciadas por los desarrollos tecnológicos de las universidades y la transferencia y la difusión de conocimientos.
- Multiplicación de los lugares de conocimiento, tanto por la entrada en competencia de más ofertantes como por las facilidades de acceso a lugares remotos.
- La reorganización de los conocimientos, con una tendencia hacia la diversificación tanto como a la especialización, además de la aparición

de nuevos campos con gran vigor, como el concerniente a la planificación del territorio, el desarrollo sostenible o la prevención de riesgos.

- Aparición de nuevas expectativas. Necesidad de una formación de competencias transversales y, sobre todo, de aprendizaje permanente.

¿DÓNDE ESTAMOS?

En el documento *Identificación y análisis de las resistencias al cambio en los sistemas educativos*, Menoyo ofrece la siguiente estructura del sistema universitario a la hora de analizar las resistencias al cambio como balances de equilibrios y desequilibrios entre sus componentes:

- *Ambiente o contexto*: La sociedad con sus niveles cultural (visión antropológica, grupos de poder, medios de comunicación, etc.), político (esencial en este caso, pues la reforma viene de arriba) y económico (no sólo financiación, sino intereses productivos, comerciales y profesionales).
- *Nivel macro*: El propio sistema universitario con sus características: complejo, disperso, diverso, jerárquico, burocratizado.
- *Nivel meso*: Los Centros y los Departamentos, punto en el que confluyen la institución y la asamblea, la formalización y la experiencia cotidiana de los protagonistas: profesores, alumnos, personal de administración y servicios. Centros y Departamentos son, por su doble naturaleza, el ámbito que debe suministrar energía al motor, los responsables de optimizar el flujo de energía entre la reforma (su idea) y la realidad (su aplicación).
- *Nivel micro*: Las aulas, donde la reforma se hará real o fracasará.

Asumiendo este esquema como herramienta de trabajo, podemos añadir que la reforma se encuentra, con la invitación a la participación efectiva del contrato ANECA, en la interacción macro - meso: el Ministerio / ANECA negocia con los representantes de los Centros el diseño de las grandes líneas estructurales del proyecto: la definición de la titulación de grado.

Como en todo organismo vivo, el cambio (si es importante) no permanece estancado en un subsistema, sino que se diluye por el tejido total y así, ya en el nivel micro (en el que habrá que construir todas las piezas específicas que conforman el proyecto) se produce una cierta activación en forma de inquietudes, discusiones, experiencias piloto (inducidas desde arriba o espontáneas) o de objeciones más o menos explícitas.

Aquí se proponen una serie de consideraciones para facilitar la dinamización del proceso en los niveles que serán protagonistas próximamente: fundamentalmente la interacción meso - micro, esto es, el trabajo de programación y aplicación didáctica que los docentes de cada titulación efectúen en el ámbito de su responsabilidad. Se trata de buscar la coordinación de los que ya estamos convencidos de los beneficios de la

reforma, así como de establecer puentes al colectivo de indecisos, proponiendo algunas pautas que nos deben servir para realizar intercambios. En este sentido, la primera consideración es la que plantea y planeará este grupo (los indecisos):

¿En qué medida me voy a implicar en el proceso? ¿Por qué voy a dedicar mis energías a un cuestionamiento, del que no estoy convencido, de mi propia actividad y, además, sin reconocimiento externo?

Este aspecto es crucial. En el nivel macro, el MECD y la ANECA deben ser conscientes de la importancia de favorecer la dinamización de esta cuestión. Afortunadamente, en el documento marco del MECD relativo a la Integración del Sistema Universitario Español en el Espacio Europeo de Enseñanza Superior se puede leer cuestiones tales como:

“Se hace necesaria una nueva concepción de la formación académica centrada en el alumno y una revalorización de la función docente del profesor universitario que incentive su motivación y que reconozca los esfuerzos encaminados a mejorar la calidad y la innovación educativa.

El reconocimiento de la labor docente de los profesores deberá incluir no sólo las horas dedicadas a impartir su docencia, sino también las dedicadas a organizar, orientar y supervisar el trabajo de los alumnos.”

Por otra parte ¿Vale la pena adelantar el trabajo? ¿No ocurrirá que este trabajo caiga en balde al producirse un desajuste entre los supuestos sobre los que se realice y los resultados reales a los que se llegue tras la finalización de la fase actual?

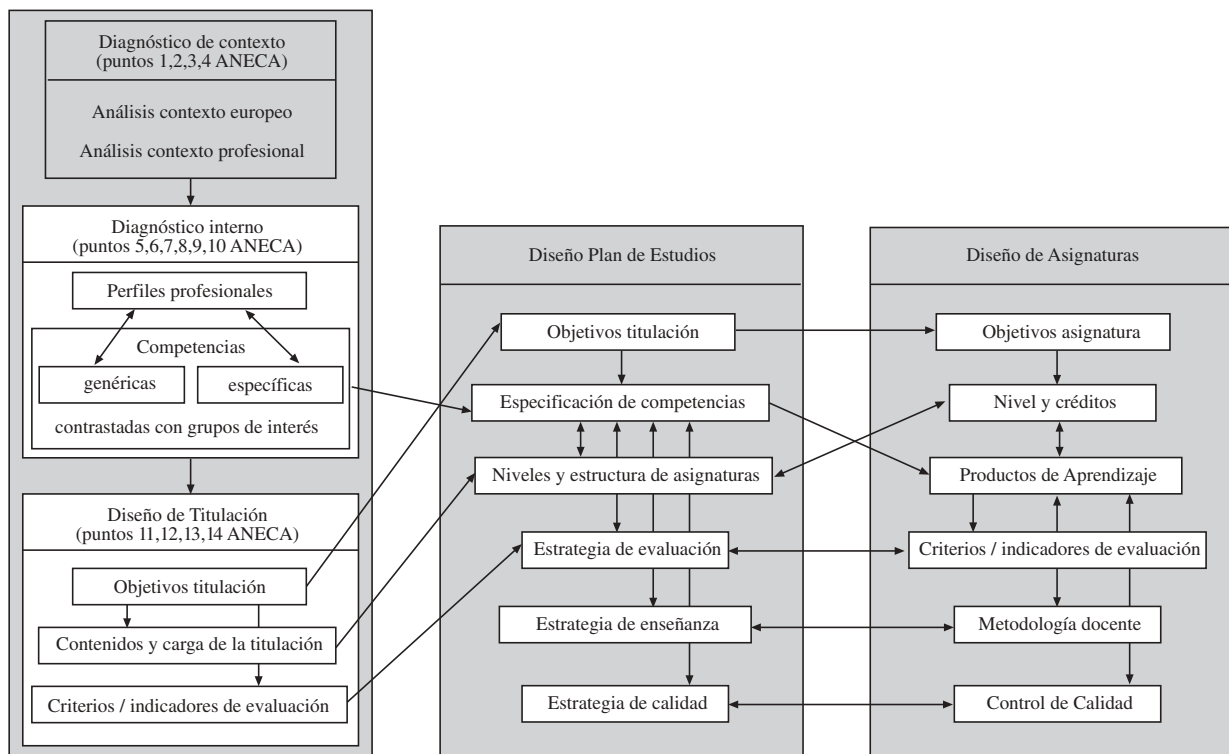
La respuesta radica en el hecho de que la reforma que se propone se basa en el asentamiento de la cultura de la calidad fundamentada en

procesos de realimentación, procesos de con-causas, más que de causa-efecto. La experiencia ganada en el nivel micro debe servir para guiar los procesos de arriba. Además, conocemos los rasgos básicos de la reforma, de forma que las experiencias que se organicen pueden ser no sólo adecuadas, sino que, en la medida en que aporten experiencia respecto de lo que todavía no se conoce (tampoco en el nivel alto), pueden ser también necesarias. En este sentido, Europa entera se ve sumergida en una cascada de experiencias piloto. Tal y como señala Lavigne, tenemos una excelente oportunidad de *“... descubrir y afrontar el tipo de problemas que normalmente se encuentran. Es más, de este modo se pueden cometer errores y aprender de ellos sin compromiso”*.

Siguiendo diversos esquemas de trabajo relativos al propio ámbito de la CEEES, como pueden ser el proyecto TEEP (Transnational European Evaluation Project) de la ENQA (European Network of Quality Assurance), el decálogo presentado por Pagani y González, vinculados al Proyecto Tuning; el propio contrato de la ANECA para el diseño de las titulaciones; así como otros más genéricos, como el esquema de planificación didáctica de Aretio o el esquema de aplicación de la metodología ABET (Accreditation Board of Technology and Engineering) de Felder, se propone el esquema de trabajo adjunto para enmarcar la articulación de las fases de programación de la reforma:

La primera –en la parte izquierda– con tres momentos diferenciables, tiene como objetivo el Diseño de la Titulación. Corresponde al ámbito de la interacción macro/meso del Sistema Educativo y se encuentra actualmente en desarrollo explícito.

Las dos últimas –en la parte inferior central y derecha– corresponden a la interacción meso/micro. Sus objetivos son respectivamente el diseño



de los Planes de Estudio de cada Centro y el diseño de cada una de las asignaturas que componen dicho Plan de Estudios. Se acometerán de forma explícita una vez terminada la primera etapa. Sin embargo, es mucho e importante lo que se puede ir avanzando de forma empírica en las mismas.

LA PROGRAMACIÓN

El trabajo de programación responde a las tres exigencias de la cultura de la calidad:

- Exigencia de sistematización (coherencia)
- Exigencia de información (transparencia)
- Exigencia de comparabilidad (realimentación), en la que debe incluirse:
 - la autocomparación ejercitada por el profesor respecto de su planteamiento inicial de objetivos,
 - la comparación ejercida por los alumnos,
 - la comparación entre colegas, del propio Centro/Departamento, de otros Centros/Departamentos, de otros países,
 - la comparación ejercitada por los *stakeholders*, los grupos de interés.

Se sugiere a continuación una línea de programación basada en la siguiente estructura mínima:

1. Determinación de los niveles
2. Asignación de créditos y la medida del esfuerzo
3. Resultados de aprendizaje
4. Criterios de evaluación
5. Metodología docente
6. Control de calidad

1. Determinación de los niveles

El contrato ANECA habla (punto 12) de la determinación del "nivel y profundidad de los conocimientos y competencias" asociados a los contenidos. Su mención obedece más a su importancia que a la claridad conceptual que, a día de hoy (noviembre 2003), existe sobre esta cuestión.

El informe Tuning I no aborda más que muy parcialmente este tema, señalando cuatro posibles niveles relativos a la carga conceptual de los contenidos:

- Nivel Básico, con carácter introductorio a la disciplina.
- Nivel Intermedio, con una cierta profundización respecto del anterior.
- Nivel Avanzado, con una adquisición de nivel de experto.
- Nivel Especializado, con conocimiento y experiencia en una parcela de la disciplina.

Señala el informe esta cuestión como uno de los aspectos esenciales a abordar (de hecho, es uno de los objetivos específicos del Proyecto

Tuning 2, actualmente en marcha). Así, se constata:

"Para que la extensión del sistema europeo de acumulación de créditos pueda llegar a tener éxito es necesario que exista una interpretación europea –o incluso un sistema europeo– de indicadores de nivel. El desarrollo de estos indicadores en conjunción con los créditos será un factor crítico en un sistema de reconocimiento de anteriores aprendizajes o anteriores experiencias de manera que todos los interesados puedan comprender de forma transparente el nivel al que los créditos han sido concedidos..."

A falta de una mayor definición de esta cuestión en el contexto de Bolonia, podemos tomar prestada la definición de nivel del crédito (*credit level*) que asumen los sistemas de acumulación de créditos británicos (excluyendo Escocia) en el documento *Credit guidelines for HE (Higher Education) qualifications in England, Wales and Northern Ireland*:

"Un indicador de la exigencia, complejidad y profundidad de aprendizaje relativos y de la autonomía del estudiante.

El nivel identifica las exigencias de aprendizaje que se requerirán a un estudiante para afrontar un módulo/unidad de aprendizaje".

Los niveles son esenciales también para dotar de consistencia la formulación de los resultados de aprendizaje y los criterios de evaluación (ver puntos 3 y 4). Tal y como señala el documento recién mencionado, no se trata tanto de especificar el nivel de todos y cada uno de los resultados de aprendizaje sino de establecer un nivel global para el módulo (asignatura), que los engloba bajo una exigencia de coherencia.

"Los descriptores de nivel son una guía (para el diseñador del currículum y para los estudiantes) sobre lo que resulta apropiado exigir a los estudiantes en cada uno de los citados niveles".

En este documento se presentan ocho niveles con sus correspondientes descriptores (el equivalente escocés recoge hasta doce). Los niveles 4, 5 y 6 se corresponden con diversos grados de excelencia en la consecución del Grado. El nivel 7 coincide con las exigencias del Master y el nivel 8 con la de Doctor. Por otra parte, proponen que el nivel sea el resultado de tres componentes:

- Exigencia o complejidad conceptual de los contenidos manejados por el estudiante
- Riqueza, versatilidad, complejidad de los procesos operativos desempeñados por el estudiante.
- Nivel de responsabilidad/autonomía del estudiante.

Sin embargo, una de las necesidades más inmediatas que se nos presentan es diferenciar entre el nivel que se alcanzará tras la consecución del Grado y la consecución del Master. En este sentido, el propio Proyecto Tuning I avanza una serie de descriptores generales para ambos niveles y lo mismo hace el proyecto TEEP (descriptores de Dublín). En la medida en que, en nuestra opinión, éstos van un paso más allá en

cuanto a coherencia y sustancialidad, se recogen de forma sintética en la siguiente tabla

	Grado (bachelor)	Postgrado (master)
Conocimiento	dominio	desarrollo
Aplicación	campo propio	campos nuevos
Gestión	directa	compleja
Comunicación	capaz en su campo	capaz en su campo
Aprendizaje	capaz de ampliar formación	auto suficiente

2. Asignación de créditos y medida del esfuerzo

La asignación de créditos se recoge en el punto 13 del contrato de la ANECA. En principio, es algo a lo que estamos bastante acostumbrados, pues es la forma de trabajo impuesta por la derogada LRU. Sin embargo, los créditos no miden ya el trabajo del profesor, sino el trabajo del alumno y, excepto que apliquemos un anodino factor de conversión para dejar las cosas como están, esto representa una forma nueva de ver las cosas que exigirá años de contrastación y discusión.

Tal y como se ha recogido en el punto anterior, el propio informe Tuning I señala que:

“Los créditos sólo miden volumen de trabajo. No miden calidad operativa, contenidos o nivel. Estos elementos se describen de otras formas”.

El documento *Credit guidelines for HE qualifications in England, Wales and Northern Ireland* define crédito como:

“Un instrumento cuantitativo de expresar equivalencia de aprendizaje”.

Se apunta que para que dos créditos sean comparables deben:

- Referirse a los mismos resultados de aprendizaje y criterios de evaluación (ver puntos 3 y 4)
- Referirse al mismo nivel
- En cualquier caso, el crédito no refleja si la consecución de los resultados de aprendizaje se ha producido por encima del nivel umbral.

En este sentido, el informe Tuning I señala que el Suplemento al Diploma es el documento en el que deben recogerse estos aspectos cualitativos que interpretan los puramente cuantitativos de los créditos.

“Los créditos en sí mismos sólo tienen una dimensión: volumen de trabajo, pero –en el Suplemento al Diploma, Certificado de Estudios, etc.– acompañan y están acompañados por otras indicaciones como el Centro de Estudios, el grado del Plan de Estudios, el nivel, los contenidos, la calidad operativa, etc.”

Dicho esto, el aspecto crucial de los créditos es su asignación como medida del esfuerzo medio (*notional learning*) de los alumnos, o dicho de otro modo ¿Cómo se calcula el trabajo de los estudiantes? Diversos autores (Wagenaar, Lavigne, Pagani) identifican dos métodos básicos:

- El método de arriba a abajo (analítico o impositivo en la terminología de Lavigne), basado en las restricciones generales procedentes del diseño general (240 créditos para una titulación, distribuidos en 4 cursos de 60 créditos) y del peso que se atribuye a cada asignatura en relación al conjunto.
- El método de abajo a arriba (sintético o compositivo en la terminología de Lavigne) basado en las horas reales que los alumnos dedican a las asignaturas de un Plan de Estudios. Aunque esta forma de proceder se adecúa mejor; en principio, al espíritu de la reforma que se propone, el sentido común la desaconseja rápidamente, a la vista de los desajustes a los que conduciría. La propia CRUE se decanta por el primer procedimiento en su documento *Asignación de créditos ECTS*.

Desde el momento en que la propia ANECA contrata el método de arriba-abajo, no parece necesario darle más vueltas al asunto, salvo para estimar en cuántas horas de esfuerzo de un estudiante medio se traduce el reparto de créditos.

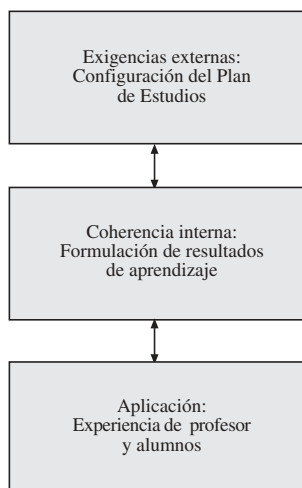
En este sentido, existen numerosas propuestas para intentar medir las actividades de aprendizaje que se organicen. Así, el esfuerzo de alumno correspondiente a 1 hora de teoría de profesor se puede establecer como de 2,5 horas aproximadamente (1 hora de exposición magistral + 1,5 horas de estudio). El esfuerzo correspondiente a 1 hora de práctica reglada correspondería a 1,5 horas de esfuerzo de alumno. En el ámbito de Humanidades se estima que 1 hora equivale a la lectura de entre 4 y 5 páginas de un texto en Primer Curso y entre 6 y 7 páginas en cursos más avanzados, o que la escritura de una página de un trabajo monográfico requiere de la lectura previa de 100 páginas, etc.

Pero independientemente de los indicadores más o menos próximos a nuestro contexto que se puedan emplear, una clara y adecuada tasación de las horas de trabajo del estudiante sólo podrá venir dada por un periodo de experiencia contrastada y discutida. En este sentido, Lavigne propone un tercer método de asignación, que no es sino una variante del segundo (en realidad, el segundo método bien hecho) pero que puede conducir a una síntesis equilibrada entre la forma tradicional de asignar esfuerzo y la que ahora se aspira a alcanzar. Dice Lavigne:

“El mejor método de calcular el número de horas de estudiante requerido para completar satisfactoriamente un módulo nuevo es ser muy preciso durante la fase de programación en la identificación y enumeración de los resultados de aprendizaje”.

Una meticulosa formulación de los resultados de aprendizaje (ver punto 3) permite confrontar las restricciones procedentes de arriba (método analítico) con los resultados empíricos obtenidos abajo (método sintético), recogidos por medio de cuestionarios o de otras vías de comunicación. A la vez, permite contrastar los resultados obtenidos en diversas asignaturas, de manera que se modifique la propia formulación de resultados de aprendizaje o, en su caso, se reorganice el equilibrio de créditos recogido por el Plan de Estudios. Permite, en definitiva, obtener

realimentación de esta cuestión en el contexto de la realimentación global necesaria para el funcionamiento de cada asignatura.



3. Resultados del aprendizaje

La adecuada, sistemática y exhaustiva formulación de resultados de aprendizaje es el punto central de la programación de una asignatura en el contexto de unos Planes de Estudios; es el corazón del nuevo modelo. Representan las reglas del juego y, una vez planteados y dados a conocer de forma sistemática y transparente, vinculan tanto a los estudiantes como al profesor y a la institución y, en consecuencia, están abiertos a crítica y mejora por todos los ámbitos participantes: el propio profesor, sus colegas, los alumnos y la sociedad (representada por los evaluadores/acreditadores externos).

El documento *Credit guidelines for HE qualifications in England, Wales and Northern Ireland* define resultado de aprendizaje (*Learning Outcome*) como:

"Declaración de lo que un estudiante debe conocer, entender y ser capaz de demostrar tras haber completado un proceso de aprendizaje".

Felder propone una formulación parecida:

"Declaración de una acción observable de un estudiante que sirve como evidencia del conocimiento, la capacidad o la actitud adquirida en un curso".

El documento británico distingue los resultados del aprendizaje de los objetivos del aprendizaje en que éstos pueden hacer mención a las intenciones del profesorado, pero los primeros se refieren a las conductas a alcanzar por el alumno. Los diversos autores que se han ocupado de desarrollar este concepto (Felder, Lavigne, Pagani, Wagenaar) coinciden en señalar los siguientes rasgos:

- Son básicos para desarrollar una programación docente coherente
- Son básicos para orientar el trabajo de los alumnos
- Son básicos para garantizar el control de calidad de la enseñanza/aprendizaje

- Permiten que, junto con los créditos, los diversos programas sean comparables
- Deben ser valorables y, por tanto, deben estar expresados de forma clara y concisa a través de verbos de acción
- Deben ir acompañados de criterios de evaluación que sirven para determinar si los resultados se cumplen.

Siguiendo la propuesta programática de Felder, asumiremos aquí que el primer paso es establecer los objetivos de un programa o Plan de Estudios que, en principio, deben coincidir con los objetivos de la titulación, formulados a través del contrato ANECA en su punto 11.

A continuación, debe especificarse el repertorio de competencias específicas y genéricas que, asimismo, deben coincidir en gran medida con las correspondientes de la titulación, recogidas mediante los puntos 5 y 6 del contrato ANECA.

Seguidamente, el Centro/Departamento debe elaborar, a partir de la especificación que en el punto 12 de dicho contrato se haya hecho de los contenidos propios de la Universidad, una distribución de contenidos y de créditos propia.

El siguiente paso debe ser la formulación de los resultados de aprendizaje de cada asignatura, que deben, al menos en el caso de las asignaturas que componen el núcleo de la disciplina (Cartografía, Topografía, Geodesia, Fotogrametría y Teledetección en nuestro caso), ajustarse a la formulación de competencias específicas y genéricas del Plan de Estudios.

En este sentido, Felder propone el diseño de una tabla de doble entrada para cada asignatura, de manera que las filas, por ejemplo, recojan las competencias genéricas y específicas del Plan de Estudios y las columnas los resultados del aprendizaje de la asignatura. Cada celda puede recibir un cuantificador en función de si el resultado del aprendizaje contribuye de forma leve/intensa a la consecución de la competencia. De esta forma, el conjunto de las tablas de las asignaturas permite apreciar de forma ágil hasta qué punto la organización específica de las asignaturas atiende la estructura general del Plan de Estudios.

En relación con quién debe ser el protagonista de esta tarea, el proyecto TEEP sugiere que el Centro/Departamento debe establecer una estrategia general y que la definición explícita de los resultados del aprendizaje le cabe al profesor responsable. Obviamente, el Centro/Departamento debe acometer a continuación un trabajo general de confrontación, para lo cual las tablas de doble entrada de Felder pueden jugar un papel notable.

En la redacción de los resultados de aprendizaje debe tenerse en cuenta un aspecto básico: Deben ser una guía para los alumnos, algo así como una lista de chequeo de lo que se supone deben saber y, por tanto, una guía para el estudio. En este sentido debe prestarse atención a dos cuestiones al menos:

- La redacción debe ser clara y estar realizada desde la óptica del alumno, no desde la idiosincrasia del profesor.
- Una exposición inicial de los alumnos a los resultados del aprendizaje probablemente producirá, dada la necesaria minuciosidad de éstos, una sobrecarga que conducirá a una sensación de abrumamiento, perjudicial para la motivación. Es así muy conveniente que se elaboren también los objetivos generales de la asignatura, que deben servir como introducción (por tanto, breve y concisa) a los resultados del aprendizaje tanto como a situar éstos en el contexto general de los objetivos del Plan de Estudios. El alumno empleará la lista completa de resultados del aprendizaje a medida que lo vaya necesitando, es decir, a medida que se vaya adentrando en su estudio y dominio.

4. Criterios de evaluación

La reforma propone un concepto de evaluación nuevo. No se trata ya de que los profesores emitan una resolución sobre si los alumnos cumplen unos requisitos decididos y estimados por los propios profesores, cuya consecuencia es que el alumno siga intentándolo ("repitiendo") o no lo intente ya nunca más. El concepto de evaluación se incluye ahora en el concepto de control de calidad: Cada asignatura debe implementar un sistema que garantice la mejora de la propia asignatura en su función de formar estudiantes. En este nuevo contexto, la evaluación no es ya un filtro de estudiantes en manos del profesor, sino una herramienta, también en manos de los estudiantes, para que construyan su propia capacitación profesional.

El proyecto TEEP propone, como indicadores de calidad de un Centro/Departamento, que sus herramientas de evaluación garanticen:

- que sus estudiantes puedan demostrar su progreso
- una función formativa en los estudiantes

es decir, que se adopta el punto de vista de los aprendizajes, no el de la enseñanza.

El documento *Credit guidelines for HE qualifications in England, Wales and Northern Ireland* define Criterio de Evaluación (*Assessment Criteria*) como:

"Descripciones de lo que se espera que un estudiante haga para demostrar que ha logrado alcanzar un resultado de aprendizaje".

Los criterios de evaluación son inseparables de los resultados de aprendizaje, pues establecen la conducta específica que debe mostrar el alumno, de forma que pueda aceptarse que éstos han sido alcanzados. De forma más exigente que para los resultados del aprendizaje, los criterios de evaluación deben responder a un nivel previamente establecido. De hecho, un mismo resultado de aprendizaje (p.e. "El alumno será capaz de cuantificar la precisión final de un resultado de un procesamiento de datos geográficos") puede pertenecer a diferentes niveles (p.e. en primer

curso o en cuarto curso) con lo que debe recibir criterios de evaluación distintos (p.e. "El alumno calculará mediante fórmulas empíricas el error esperable en un resultado geométrico a partir de las características del instrumento de observación empleado", para primero; "El alumno definirá la matriz de varianza/covarianza de las observaciones a partir de los datos técnicos disponibles y desarrollará un algoritmo para calcular la matriz de varianza/covarianza de los parámetros a determinar", en cuarto).

La homogeneidad de nivel en el diseño de resultados de aprendizaje y de criterios de evaluación no debe conculcar el reconocimiento de que ciertos alumnos alcancen niveles superiores o sobresalientes. Los criterios deben establecerse, en principio, para un nivel umbral, lo que no obsta para que se desarrollen criterios ulteriores para valorar progresos superiores. La valoración de los distintos niveles de consecución alcanzados por un alumno en relación con los resultados de aprendizaje, es uno de los temas más importantes a la hora de construir sistemas de acumulación de créditos y, sin embargo, uno de los menos desarrollados y, consiguientemente, uno de los que más atención están recibiendo. Actualmente, los grados ECTS están basados en los porcentajes de éxito de los estudiantes en cada asignatura.

Es importante distinguir entre indicadores de progreso o herramientas de evaluación y los criterios propiamente dichos. Los primeros son aquellos mecanismos (exámenes, problemas de casa, resúmenes, informes, documentaciones, presentaciones públicas, discusiones abiertas, desarrollo de prácticas, etc.) que pueden arrojar luz acerca del progreso del alumno. Los segundos, inseparables de éstos y de los resultados de aprendizaje, deben estar redactados de forma que el alumno esté absolutamente orientado respecto de qué se espera de él para que su progreso sea considerado adecuado. ("El alumno ejecutará una Orientación Relativa en un restituidor digital, mediante la visión estereoscópica, alcanzando y aceptando los resultados cuyo error medio cuadrático no exceda la resolución de la imagen"). El concepto de evaluación propuesto debe dejar la puerta abierta a la negociación acerca de las diversas interpretaciones que puedan hacer profesor y alumno del criterio de evaluación, así como de la valoración emitida por aquel (la "nota") bajo la óptica de que el objetivo no es tanto que el primero sancione la suficiencia del segundo (lo "apruebe") como de que éste progrese en su capacidad de realimentar su aprendizaje y competencia profesional.

El Proyecto TEEP recomienda que el Centro/Departamento establezca una estrategia general en cuanto al significado y metodología básica atribuida a la evaluación, mientras que es responsabilidad específica de cada docente el establecimiento de las herramientas y criterios específicos de cada asignatura.

5. Metodología docente

Como consecuencia del desplazamiento del énfasis desde contenidos académicos hasta competencias profesionales, las metodologías docentes deben ser revisadas. Desde hace ya un cierto tiempo, en las universida-

des de Estados Unidos y del Norte de Europa se emplean métodos docentes alternativos a la clase magistral/examen.

Para ilustrar esta alternativa mediante el más significativo de los métodos empleados, se propone el PBL (*Problem Based Learning* – Enseñanza Basada en Problemas), del que se considera el Project BL (*Project Based Learning* – Enseñanza Basada en Proyectos) como una variante. En el PBL, los alumnos, divididos en grupos pequeños, reciben el encargo de resolver un problema de carácter profesional o académico (en el caso del Project BL es un proyecto profesional) caracterizado (como los proyectos o problemas profesionales) por la incompleta definición de la propia propuesta, por la incompleta disposición de recursos técnicos, metodológicos, informativos, presupuestarios y humanos; por la existencia, por tanto, de múltiples soluciones y por la necesidad de elegir equilibradamente entre estas.

Como indica Felder, para resolver un PBL los alumnos deben

- Formular claramente el problema
- Avanzar hipótesis acerca de la solución
- Identificar la información que no les ha sido facilitada y que necesitan conseguir
- Articular y valorar las diversas estrategias que conducen a la solución
- Elegir y justificar la solución elegida
- Elaborar un informe y presentar públicamente la alternativa elegida

Tanto el PBL como el Project BL persiguen que los alumnos desarrollen, ante todo, competencias genéricas:

- Capacidad de analizar una determinada problemática (análisis)
- Capacidad de buscar información no evidente (autonomía)
- Capacidad de proponer diversas alternativas y analizar la pertinencia de las mismas (creatividad, sentido crítico)
- Capacidad de elegir/sintetizar entre alternativas (evaluación, síntesis)
- Capacidad de elaborar informes técnicos
- Capacidad de efectuar presentaciones públicas
- Capacidad de trabajar en equipo
- Capacidad de evaluar el propio rendimiento
- Responsabilidad.

Se abre así ante nosotros un periodo de reflexión y de discusión acerca de en qué medida esta forma de ver las cosas es adaptable y resulta provechosa para nosotros. En este sentido, se pone de manifiesto el carácter inverso de nuestra ingeniería. Nuestros proyectos no se orientan a transformar la realidad o a generar artefactos o dispositivos, sino a representarla. Esto alude, por una parte, a una menor exigencia en cuanto a la valoración del impacto y del riesgo y, por otra, a un menor margen para la intervención del ingenio.

Por otra parte, nuestros proyectos, especialmente a través de los SIG, se integran en el contexto de proyectos más amplios acometidos por equipos multidisciplinares, lo que invitaría a poner el énfasis en nuestra capacidad de trabajar con distintos profesionales y, en consecuencia, de desarrollar métodos Project BL de este carácter: No debería haber obstáculo formal a que, por ejemplo, aspirantes a ingenieros químicos, ingenieros medioambientales, geógrafos, economistas e ingenieros cartógrafos participen en una misma asignatura con el propósito de desarrollar/gestionar un SIG.

En cualquier caso, el carácter más abierto y flexible de los PBL elimina las posibles dificultades de adaptación a nuestro entorno. Se trata de formular tareas, más o menos amplias, más o menos próximas a la realidad profesional, más o menos teóricas, más o menos evidentes, etc., de manera que los alumnos ejerciten las capacidades antes mencionadas.

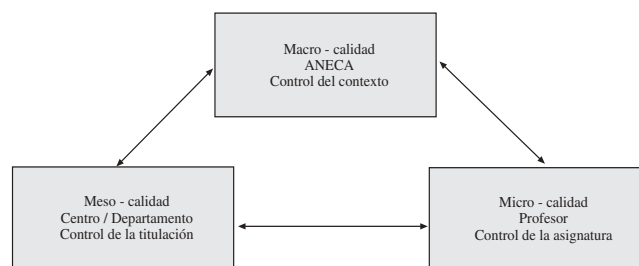
Al igual que en los casos anteriores, el Proyecto TEEP recomienda que el Centro/Departamento diseñe una estrategia general en cuanto al papel concedido a la metodología docente, atribuyendo a cada docente el establecimiento de la metodología pertinente para cada asignatura. Como en los casos anteriores, corresponde al Centro/Departamento hacer balance de las diversas metodologías empleadas por los profesores, así como fomentar el intercambio de experiencias.

6. Control de calidad

El control de calidad reasume todos los aspectos anteriores en uno de nivel superior. Mediante el control de calidad, las consideraciones realizadas hasta aquí, que se mueven en la interacción meso/micro, se resitúan en el funcionamiento general del sistema. Es decir, involucran al nivel macro a través de la sistematización de la Evaluación Externa y la Acreditación, realizadas por la ANECA.

El control de calidad tiene así tres niveles de actuación y de responsabilidad:

- *Nivel micro*, orientado al aseguramiento de la calidad del curso, ejercida por el profesor y los alumnos.
- *Nivel meso*, orientado al aseguramiento de la calidad de los Planes de Estudio, ejercida por el Centro/Departamento.
- *Nivel macro*, orientado al aseguramiento de la calidad de los dos aspectos anteriores, ejercida por la ANECA como representante de la sociedad y del sistema en general.



ANECA define acreditación como:

“El proceso para medir el grado en que el diseño de una enseñanza y los resultados de la misma se acercan a los objetivos que se fijaron previamente.

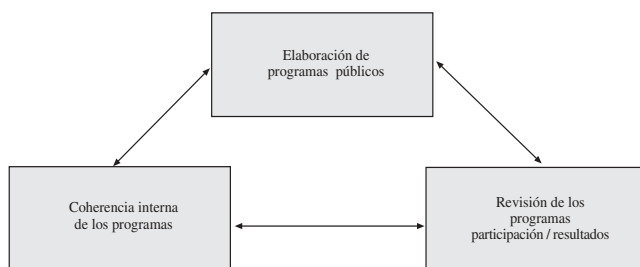
La acreditación se centra en comprobar que los resultados de la formación son adecuados y asegura que las competencias son las demandadas por la sociedad, el mercado laboral y por las necesidades del desarrollo científico”.

En el documento *Programa de Acreditación. Proyectos Piloto 2003-04. Guía de valoración interna*, la ANECA señala 43 criterios de acreditación, de los que 11 se refieren a recursos materiales y humanos. De los 32 restantes (relativos al Programa Formativo, a la Organización de la Enseñanza, al Proceso Formativo y a los Resultados):

- 8 se refieren a la redacción clara y disposición pública de programas de carácter diverso
- 10 se refieren a la coherencia interna que se establece entre los documentos anteriores
- 4 comparten el doble carácter anterior: documentación pública + coherencia interna
- 10 se refieren a la recopilación de resultados.

La formulación de una estrategia para el aseguramiento y acreditación de la calidad reúne pues tres elementos:

- Elaboración de documentos - acordes con una formulación normalizada - que afectan a todos los procesos que guardan relación con la calidad del proceso formativo. Estos documentos deben ser, no sólo públicos, sino divulgados.
- La serie de documentos debe ser coherente y congruente.
- Los documentos deben ser abiertos en dos sentidos:
 - Deben estar abiertos a la participación de todos los agentes
 - Deben ser contrastados mediante los resultados obtenidos.



Abundando en esta dirección, el documento TEEP formula dos grupos de criterios: el primero dedicado a las competencias y los resultados del aprendizaje y el segundo al aseguramiento de la calidad:

Entre los primeros se chequea la existencia de formulaciones programáticas dedicadas a:

- Objetivos y resultados
- Contenido del programa
- Competencias específicas
- Competencias genéricas
- Descriptores de primer y segundo ciclo
- Métodos y estrategias de enseñanza/aprendizaje
- Evaluación.

Los segundos se refieren a:

- Existencia de una formulación de una estrategia orientada a la mejora de la calidad
- Involucramiento de alumnos, profesores y stakeholders en el control de calidad
- Existencia de evaluación de resultados de las prácticas de aseguramiento de la calidad y mejora concordante con estos resultados
- Existencia de distribución de responsabilidades, en cuanto al control de calidad, entre los miembros del Centro/Departamento.

CONCLUSIONES

Tenemos un intenso y apasionado trabajo por delante. Todos los profesionales relacionados con la Ingeniería Cartográfica, sean Ingenieros Técnicos en Topografía o Ingenieros en Geodesia y Cartografía, están llamados a participar activamente en el proceso. No es sólo que todos los profesionales seamos responsables de diseñar la estrategia de mantenimiento y renovación formativa de nuestro campo. Es que en la reforma actual, el parámetro básico es la empleabilidad, con lo que contar con la opinión de los egresados vinculados al mercado laboral es una cuestión vital.

Los Centros/Departamentos, articuladamente con su participación en el proyecto abierto por el contrato de la ANECA, deben ir facilitando la transición al nivel meso/micro con acciones tales como la iniciación de una infraestructura, con los datos y experiencias disponibles, que garantice la coherencia interna de la serie de programas que sirven de base para el aseguramiento de la calidad. Deben estimular la organización de experiencias efectivas que permitan el contraste y la discusión o analizar la viabilidad de la inclusión de asignaturas de universidad de carácter mixto, con la participación colegiada de profesores responsables de distintas asignaturas del Plan de Estudios, o de otros Planes de Estudios, o considerando la colaboración con las autoridades y empresas locales.

El conjunto de docentes de nuestro Área de Conocimiento (Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría) tenemos la posibilidad de desarrollar experiencias piloto en las asignaturas bajo nuestra responsabilidad, de establecer herramientas para la contrastación y la revisión *inter pares* y, en cualquier caso, tenemos la responsabilidad de discutir las exigencias y alcance, posibilidades y dificultades de la reforma que se está planteando, con cuestiones tales como:

- ¿Qué niveles son pertinentes para la Ingeniería Cartográfica en el triple nivel: grado / master / doctor? ¿Cómo quedan estos niveles en el diseño de la titulación actualmente en curso?
- ¿Cómo diseñamos un sistema para medir el esfuerzo de los alumnos? ¿Qué forma de calificar este esfuerzo es la más adecuada?
- ¿Cómo debemos redactar los Resultados del aprendizaje? ¿Cómo recabar información para realimentar estos objetivos instrumentales? ¿Cómo comparar los resultados obtenidos en diversas asignaturas?
- ¿Cómo debemos redactar los criterios de evaluación?
- ¿Qué metodología de enseñanza/aprendizaje es la más adecuada en la nueva situación? ¿Qué papel puede jugar el PBL?

BIBLIOGRAFÍA

- ABET. 2003. *Guidelines to institutions, team chairs and program evaluators on interpreting and meeting the standards set forth in Criterion 3 of the Engineering accreditation criteria*. <http://www.abet.org/documents/eac/E034%20Guidelines%20for%20Criterion%203%208-17-03.pdf>
- ABET. 2003. *Criteria for accrediting engineering programs. Effective for evaluations during the 2003 - 2004 accreditation cycle*. <http://www.abet.org/images/Criteria/E1%2003-04%20EAC%20Criteria%2011-15-02.pdf>
- Álvarez, M., Gómez, J., González, D., Mostaza, T. Pérez, C. 2002. *La declaración de Bolonia: ¿obligados a innovar?* Datum XXI. N4, N5, N6
- Álvarez, M., Gómez, J., González, D., Mostaza, T. Pérez, C. 2002. *Una propuesta para la nueva docencia de la Fotogrametría en la Ingeniería Cartográfica*. Topografía y Cartografía. N113.
- ANECA, 2003. *Convocatoria de ayudas para el diseño de planes de estudio y títulos de grado*. Programa de Convergencia Europea. <http://www.aneca.es>
- ANECA, 2003. *Programa de Acreditación. Proyectos Piloto 2003 - 04*. Guía de valoración interna. http://www.aneca.es/modal_eval/docs/guia_pei_Completa.pdf
- ANECA, 2003. *Programa de Acreditación. Proyectos Piloto 200-04*. http://www.aneca.es/modal_eval/docs/pa_convocatoria.pdf
- CLGE. 2003. *Definition of a Geodetic Surveyor*. <http://www.ge.ucl.ac.uk/lge/preamble/definition.htm>
- Comisión Europea. *White Paper on Education and Training. Teaching and learning. Towards the learning society* <http://europa.eu.int/en/record/white/edu9511/>
- Comisión Europea, 2003. *El papel de las universidades en la Europa del Conocimiento*. http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/rols_unis.pdf
- CQFW. NICATS. NUCCAT. SEEC. 2001. *Credit and HE qualifications. Credit guidelines for HE qualifications in England, Wales and Northern Ireland*. http://www.hefce.ac.uk/pubs/hefce/2001/01_66.htm
- CRUE, 2003. *La asignación de créditos ECTS*. <http://www.crue.org/apadsisuniv.htm>
- Danish Evaluation Institute. 2003. *Transnational European Evaluation Program*. [khttp://www.enqa.net/texts/TEEPHY.htm](http://www.enqa.net/texts/TEEPHY.htm)
- García Aretio, L. 1997. *Planificación de acciones formativas presenciales o a distancia con personas adultas*. UNED.
- Gómez Lahoz, J. 2003. *La enseñanza de la cartografía bajo la perspectiva de Bolonia*. Encuentro Internacional de enseñanza de la Ingeniería Civil.
- Felder, R. Brent, R. 2003. *Designing and teaching courses to satisfy the ABET engineering criteria*. http://www.ncsu.edu/effective_teaching.htm
- Haug, G. 2002. *Cooperation towards educational objectives in Europe. El espacio europeo de educación superior: una convergencia necesaria*. Cursos de Verano de El Escorial, 2002.
- Haug, G. 2003. *Carreras de ingeniería y tecnología en la Europa del conocimiento. ¿Qué futuro?* Encuentro Internacional de enseñanza de la Ingeniería Civil.
- Lavigne, R. 2003. *Los créditos ECTS y los métodos de asignación de créditos*. http://www.aneca.es/modal_eval/docs/doc_conv_gral1.pdf
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2003. *La integración del sistema universitario español en el espacio europeo de enseñanza superior. Documento marco*. <http://www.mecd.es>
- Mora, J-G. 2003. *La acreditación de carreras universitarias. El reto de la universidad ante la nueva normativa*. Cursos de Verano de El Escorial. 2003
- Murga Menoyo. 1997. *Identificación y análisis de las resistencias al cambio en los sistemas educativos*. UNED
- Morgan, P. Hodkinson, R. Enemark, S. 2002. *Quality assurance in surveying education*. FIG Publications. <http://www.ddl.org/figtree/pub/figpub/pub19/figpub19.htm>
- Pagani, R. 2002. *España ante el espacio europeo de Educación Superior. El espacio europeo de educación superior: una convergencia necesaria*. Cursos de Verano de El Escorial, 2002.
- Pagani, R. González, J. 2002. *El crédito europeo y el sistema educativo español*. http://www.ucm.es/info/vestud/Convergencia/_private/inftecncredoctdef2.pdf
- Pagani, R. 2003. *El espacio europeo de educación superior ¿Hacia dónde vamos?* Cursos de Verano de El Escorial, 2003
- Suárez, B. 2003. *Carreras de ingeniería y tecnología en la Europa del conocimiento ¿Qué futuro?* Encuentro Internacional de enseñanza de la Ingeniería Civil. Ciudad Real
- Tuning. 2002. *Tuning educational structures in Europe*. <http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/index.htm>
- Wagenaar, 2002. *Educational structures, Learning Outcomes, Workload and the calculation of ECTS credits*. <http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/line3.asp>
- Woods, D.R. 1996. *Problem-based learning, especially in the context of large classes*. <http://chemeng.mcmaster.ca/pbl/pbl.htm>
- Woods, D.R. 1997. *Problem based learning: helping your students gain the most from PBL*. <http://chemeng.mcmaster.ca/pbl/pbl.htm> ■

Nuevo Método, basado en Redes Neuronales, para obtener la Altitud Normal a partir de la Altitud GPS

Dr. Wusheng Hu, Yuedong Kong, Yongfeng Deng
UNIVERSIDAD DEL SURESTE, NANJING (CHINA)

Dr. Shanlong Luang
ASC AMERICAN SURVEYING CONSULTANTS (USA)

Resumen

La altitud GPS ajustada es la altitud sobre la superficie del elipsoide WGS-84. Sin embargo, en China, para las aplicaciones de ingeniería se usa la altitud normal, que es la altitud sobre el geoide, calculada empleando la gravedad normal media a lo largo de la línea de plomada. Es, así pues, necesario convertir la altitud GPS en altitud normal. Generalmente, y con este fin, se emplea el método de ajuste conicoide (cuadrático) (MAC) y el método de redes neuronales (MRN). Cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes. Tras estudiar ambos métodos, se ha diseñado un nuevo método (denominado abreviadamente MAC-MRN) que combina las ventajas de ambos. En este artículo se discute la estructura de una red neuronal BP y los algoritmos detallados de los métodos MAC, MRN y MAC-MRN.

Para estudiar estos tres métodos diferentes se ha empleado un ejemplo práctico de ingeniería. En la red geodésica de una ciudad (de unos 300 km²) hay 44 puntos GPS que tienen altitudes de tercer orden, obtenidas mediante levantamientos de nivelación geodésica. Prescindiendo de los cuatro puntos en los que se encontraron errores grandes, se comprobaron los nuevos métodos con los 40 puntos restantes. Como grupo de estudio se cogieron diez puntos, distribuidos de forma homogénea, para “adiestrar” a la red neuronal, utilizando los otros 30 restantes como grupo de trabajo para comprobar la eficacia de la red neuronal “adiestrada”. También se hace una comparación de los tres métodos, obteniendo los siguientes valores estadísticos en el grupo de estudio con cada uno de los métodos que se citan a continuación: el error medio cuadrático en el grupo de estudio es de $\pm 7,8$ milímetros con el ajuste conicoide (cuadrático), de $\pm 6,9$ milímetros con el de redes neuronales y de $\pm 5,5$ milímetros con el conjunto de ambos. Se demuestra pues que, a la hora de obtener la altitud normal a partir de la altitud GPS, el método combinado produce mejores resultados que los métodos por separado

Abstract

The adjusted GPS height is the height above the surface of the WGS-84 ellipsoid. In China, however, normal height, which is the height above geoid calculated using the mean normal gravity along the plumb line, is used in engineering applications. Thus, it is necessary to convert a GPS height into a normal height. Normally, the conicoid fitting method (CFM) and the neural network method (NNM) are used for this purpose. But, each of them has its own advantages and disadvantages. After studying these two methods, a new method (abbr. CFM&NNM) is conceived that combines the advantages of both the conicoid fitting (CFM) and neural network method (NNM). This paper discusses the structure of the BP neural network and detailed algorithm of the CFM, NNM and CFM&NNM method.

A practical engineering example is used to study the three different methods. In a city's D-order GPS network (about 300 km²), 44 GPS points have third-order elevations obtained by geodetic leveling survey. Removing the 4 points which were found to contain gross error, the new method is tested with the rest 40 points. We take 10 evenly scattered points as a study-group to train the neural network and the other 30 points as a work-group to check the effectiveness of the trained neural network. Comparison of the three methods is discussed. After studying with the study-group, the working mean square error of the work-group is about ± 7.8 mm by CFM, about ± 6.9 mm by NNM, and about ± 5.5 mm by CFM&NNM. It is demonstrated that the combined CFM&NNM method produces better results than either the CFM or the NNM in deriving normal height from GPS height.

NOMENCLATURA

BP	Algoritmo de redes neuronales con retropropagación
MAC	Método de Ajuste Conicoide (cuadrático)
MRN	Método de Redes Neuronales
MAC-MRN	Método conjunto de Ajuste Conicoide (cuadrático) y de Redes Neuronales
GPS	Sistema de Posicionamiento Mundial
H_{GPS}	Altitud geodésica
H_{Nor}	Altitud normal
W_{ji(t)}	Peso entre la unidad i y la unidad j cuando el ciclo de tiempo es t
ξ	Anomalía de altitudes
Δξ	Error de la anomalía de altitudes

I. INTRODUCCIÓN

La técnica GPS ha sido extensamente empleada en los levantamientos de precisión para ingeniería. Es de sobra conocido que el GPS da las posiciones horizontales con más precisión que las verticales. Se han realizado múltiples investigaciones para mejorar la precisión de las altitudes geodésicas.

La altitud geodésica ajustada (**H_{GPS}**) es la altitud sobre la superficie del elipsoide WGS-84. Sin embargo, en China se usa para las aplicaciones de ingeniería la altitud normal (**H_{Nor}**), que es la altitud sobre el geoide, calculada empleando la gravedad normal media a lo largo de la línea de plomada. Es, así pues, necesario convertir la altitud geodésica **H_{GPS}** en altitud normal **H_{Nor}**. La diferencia entre ellas se conoce como anomalía de altitudes **ξ**:

$$\xi = H_{GPS} - H_{Nor} \quad (1)$$

Si podemos obtener la **H_{Nor}** con precisión, ajustando y convirtiendo **H_{GPS}**, podemos emplearla en sustitución de los laboriosos trabajos de nivelación geodésica. Para convertir la **H_{GPS}** se emplean a menudo los métodos MAC de ajuste conicoide (cuadrático) y MRN de redes neuronales.

I.1. Método de Ajuste Conicoide (cuadrático) (MAC)

La principal idea que subyace bajo este método es la de seleccionar un

conjunto de señales de levantamientos, en las que se conozcan tanto la altitud normal **H_{Nor}** como la altitud geodésica **H_{GPS}**, y a continuación se modela la anomalía de altitudes **ξ** mediante una función polinómica de segundo grado, de la siguiente manera:

$$\xi(x,y) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 \quad (2)$$

donde **(x,y)** son las coordenadas horizontales de una señal y **a₀, a₁ a₅** son los coeficientes desconocidos.

Así pues, se necesitan más de seis señales con la altitud normal **H_{Nor}** y la altitud GPS **H_{GPS}** conocidas. Basándose en los resultados del ajuste conicoide (cuadrático) MAC, podemos ajustar el peso de las observaciones (los puntos conocidos), de modo que el peso de una observación con un error grande sea pequeño o incluso nulo, para mejorar la precisión del ajuste. Es posible que el método de ajuste conicoide (cuadrático) anti-errores produzca mejores resultados.

I.2. Método de Redes Neuronales (MRN)

Las redes neuronales artificiales constituyen una nueva rama de las ciencias. Consisten en un modelo altamente simplificado del complicado sistema bioneuronal. Desde 1980 los científicos han empleado grandes esfuerzos para estudiar las redes neuronales artificiales en múltiples campos (incluida la ingeniería) y han conseguido grandes y notables logros. El método de redes neuronales (MRN) para convertir las **H_{GPS}** es un método cartográfico auto-adaptado sin ninguna hipótesis, que puede reducir notablemente el error del modelo. Tiene una precisión superior al método de ajuste conicoide (cuadrático) (MAC).

En la tabla 1 se muestran las ventajas e inconvenientes de ambos métodos.

Después de comparar ambos métodos, se concibió un nuevo método, denominado MAC-MRN, para convertir las **H_{GPS}**. En este artículo se expone la estructura y el algoritmo BP de la redes neuronales (con retropropagación) así como la idea que subyace en el empleo del método MAC-MRN para convertir las **H_{GPS}**. Los tres métodos se ilustran mediante su aplicación a un ejemplo de ingeniería.

Tabla 1. Comparación de los métodos de redes neuronales (MRN) y de ajuste conicoide (cuadrático) (MAC)

Método	Ventajas	Desventajas
CFM	<ol style="list-style-type: none"> 1. El cálculo es sencillo y rápido 2. Si el valor de una señal tiene un error grande, el método anti-errores de ajuste conicoide (cuadrático) (MAC) puede reducir la influencia de dicho error después del ajuste. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Con errores en el modelo 2. La precisión del ajuste no es lo suficientemente grande
NNM	<ol style="list-style-type: none"> 1. No hay errores en el modelo 2. La precisión del ajuste es grande 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los cálculos son complicados 2. La selección inicial de pesos influye en la velocidad de convergencia y en los resultados

2. LA ESTRUCTURA Y EL ALGORITMO DE LAS REDES NEURONALES BP (CON RETROPROPAGACIÓN)

En la actualidad existen más de 40 tipos de modelos de redes neuronales. Para convertir las H_{GPS} adoptaremos una estructura BP (multi-layer o de múltiples capas) con retropropagación. El algoritmo de BP (retropropagación) es de amplio uso en ingeniería, y se basa en un aprendizaje asesorado, adoptando un patrón de aprendizaje por error cuadrático mínimo.

2.1. La estructura de la redes neuronales BP (con retropropagación)

En el gráfico 1 se muestra la estructura de una red neuronal BP (con retropropagación). Puede dividirse en cinco capas: la capa de transformación del input, la capa del input, la capa oculta, la capa del output y la capa de transformación del output. Para una aplicación de ingeniería ordinaria se necesita la capa de transformación del input y la capa de transformación del output, ya que el input y el output de la función σ típica activa $f(x)$ va desde cero a uno.

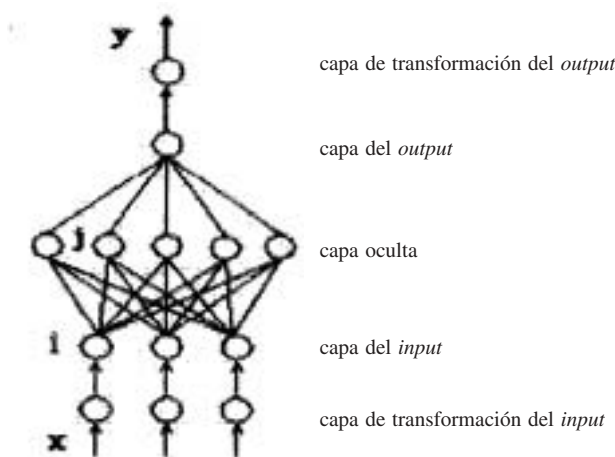


Gráfico 1: Modelo de una red BP (con retropropagación) con una capa oculta única

2.2. El algoritmo de la redes neuronales BP

Las fórmulas de cálculo para la capa de transformación del input y para la capa de transformación del output son diferentes, dependiendo de la aplicación específica de ingeniería de que se trate. Pueden codificarse empleando lenguaje informático, con el fin de automatizar los cálculos. Para cada unidad de la capa del input son iguales su input y su output. En cambio, para cada unidad de la capa oculta, o de la capa output, como por ejemplo la unidad j del gráfico 1, podemos describir su valor de input I_{pj} y su valor de output O_{pj} como:

$$I_{pj} = \sum_{i=1}^n W_{ji} O_{pi} \quad (3)$$

$$O_{pi} = f(I_{pi}) \quad (4)$$

$$f(x) = 1/1 + e^{-x} \quad (5)$$

donde:

p es el número de serie del ejemplo empleado para adiestrar a la redes neuronales BP

i es el número de unidad en la capa unitaria j

W_{ji} es el peso de conexión entre la unidad i y la unidad j

$f(x)$ es la función activa de la unidad j .

Definiremos la fórmula (6) como una función objetiva

$$E = 1/2 \sum_{i=1}^p (y_k - y'_k)^2 \quad (6)$$

donde:

y_k es el output esperado de una unidad

y'_k es el output real de una unidad.

Ahora el problema consiste en buscar un valor extremo de la ecuación (6) sin ninguna restricción, es decir:

$$E(W) = \min \quad (7)$$

Para obtener el punto con el mínimo valor, adoptaremos el método descendente más rápido y variaremos el peso según la función descendente objetiva. Para acelerar la velocidad de cálculo se emplea un método de autoaprendizaje de la velocidad. La fórmula es:

$$W_{ji}(t+1) = W_{ji}(t) - \eta \partial E / \partial w + \alpha (W_{ji}(t) - W_{ji}(t-1)) \quad (8)$$

donde:

η es la velocidad de aprendizaje

α es el coeficiente del momento.

2.3. El proceso de cálculo del algoritmo BP

1. Inicializa los pesos $W_{ji}(0)$ con valores aleatorios pequeños y distintos de cero
2. Usa unos cuantos ejemplos para "adiestrar" a la red y repite los siguientes procesos hasta lograr la precisión necesaria.
 - Proceso hacia delante: Para calcular con un valor dado desde la capa input a la capa oculta y a la capa de output, hasta que se obtenga el mismo.
 - Proceso hacia atrás: Para calcular el error entre los output verdaderos y los previstos y, basándose en estos errores, ajustar los pesos desde la capa output hacia atrás, capa a capa.

3. LA IDEA DEL MÉTODO MAC-MRN

Habiendo visto en la tabla 1 que tanto el MAC como el MRN tiene sus ventajas e inconvenientes, los autores han concebido un nuevo método para convertir las H_{GPS} que combina las ventajas de ambos. El procedimiento es el siguiente:

1. Se asume que hay n puntos, de los que se conocen los valores de H_{GPS} y H_{Nor} en n_1 puntos y, por tanto, hay que calcular el valor de H_{Nor} en n_2 puntos ($n_2 = n - n_1$)
2. Basándose en los valores de H_{GPS} y H_{Nor} de los n_1 puntos, se modela la anomalía ξ de altitud en todos los puntos mediante el método MAC
3. Se calcula el error de la anomalía de altitudes en los n_1 puntos, de la siguiente manera:

$$\Delta\xi = \xi_0 - \xi$$

donde

$$\xi_0 = H_{GPS} - H_{Nor}$$

4. Se usa la anterior información de los n_1 puntos ($x_i, y_i, \xi_i, \Delta\xi_i$ para $i = 1, 2, 3, \dots, n_1$) como muestra para el aprendizaje. La red BP aprende con esta muestra.
5. El error de la anomalía de altitudes en los n_2 puntos restantes ($\Delta\xi$) puede ser calculado empleando la red BP adiestrada. La altitud normal puede calcularse mediante:

$$H_{Nor} = H_{GPS} - \xi_0 = H_{GPS} - (\xi + \Delta\xi_0) \quad (9)$$

donde ξ se calcula con el método MAC y $\Delta\xi$ con el método MRN.

4. UN EJEMPLO

La red GPS de una ciudad (de unos 300 km²) dispone de 96 puntos de observación, de los que 44 disponen de altitudes de tercer orden, obtenidas mediante levantamientos de nivelación geodésica. Tras el ajuste, el error medio cuadrático de un kilómetro en el levantamiento de nivelación es de $\pm 2,4$ mm (el límite es de $\pm 0,6$ mm). Entre los 44 puntos



Gráfico 2. Distribución de señales en la red GPS de orden D

mencionados hay 4 puntos en los que se encontraron errores groseros y que son los puntos número 13, 27, 46 y 77. Quitando estos 4 puntos, se aplica de nuevo el método a los restantes 40 puntos.

En el gráfico 2 seleccionamos diez puntos, distribuidos uniformemente, como grupo para adiestrar a la red neuronal. Los otros treinta puntos forman un conjunto que nos sirve para comprobar la eficacia de la red neuronal "adiestrada". A continuación se discuten los tres métodos empleados.

4.1. El método MAC

Los coeficientes desconocidos a_0, a_1, \dots, a_5 de la fórmula (2) pueden obtenerse mediante el método MAC y, a continuación, se calculan las anomalías de altitudes (ξ) en los 44 puntos mediante la fórmula (2). El resultado se muestra a continuación en la tabla 2:

Tabla 2. Resultados del método MAC

Nº	$\Delta\xi = \xi_0 = \xi$ (mm)	Nº	$\Delta\xi = \xi_0 = \xi$ (mm)	Nº	$\Delta\xi = \xi_0 = \xi$ (mm)	Nº	$\Delta\xi = \xi_0 = \xi$ (mm)
1	-1,7	14	-4,0	20	-5,7	6	-6,0
18	0,0	80	3,6	26	0,1	10	-5,3
82	3,5	31	-5,3	30	-5,7	15	-7,3
63	0,9	24	5,2	32	1,1	16	-8,5
9	0,6	48	-12,8	34	-0,7	17	-6,3
51	-3,5	69	-12,2	39	-9,3	62	-11,4
45	5,1	11	2,9	50	2,8	64	-6,9
37	-1,3	33	-2,1	52	-6,3	65	7,4
22	3,2	61	-10,0	54	-15,1	66	-3,3
59	-6,9	5	12,6	56	-10,8	210	11,5
Nota	Error medio cuadrático del adiestramiento $n_1 = 10$ $m_1 = \pm 3,4$ mm	Nota	Error medio cuadrático de trabajo $n_2 = 30$ $m_2 = \pm 7,8$ mm				

Donde:

Nº es el número del punto

$\Delta\xi$ es la diferencia de anomalías de altitud

4.2. El método MRN

Una vez que hemos empleado más de mil veces el método MRN para convertir la H_{GPS} , vemos que la estructura ideal de red neuronal BP es la que tiene dos unidades (x,y) en la capa *input*, 15 unidades en la capa oculta y una unidad ξ en la capa *output*. En el proceso de adiestramiento, el error medio cuadrático del adiestramiento actúa como estándar de convergencia. Podemos ver los resultados a continuación en la tabla 3:

Error medio cuadrático del adiestramiento	$\pm 10,0$ mm	$\pm 5,0$ mm	$\pm 4,0$ mm	$\pm 2,0$ mm	$\pm 1,0$ mm
Tiempo de los ciclos	1874	3256	3727	7001	11042
Error medio cuadrático de trabajo	$\pm 9,6$ mm	$\pm 8,4$ mm	$\pm 8,1$ mm	$\pm 7,3$ mm	$\pm 6,9$ mm

Tabla 3. Los resultados del MRN

La tabla 3 nos muestra que cuando el error medio cuadrático del adiestramiento es de $\pm 1,0$ milímetros, la precisión de la red neuronal puede alcanzar los $\pm 6,9$ milímetros, que es mejor que la obtenida con MAC. La mayor pega del MRN estriba en que el resultado no es muy estable y que los resultados finales están muy influenciados por el peso inicial adoptado.

4.3. El método MAC-MRN

En el ejemplo tomamos el error medio cuadrático del "adiestramiento" como estándar de convergencia. $W_{ji}(0)$ es un valor aleatorio dado distinto de cero. El valor de $W_{ji}(0)$ tiene un efecto muy importante sobre la velocidad de la convergencia y sobre el resultado final, de modo que hemos adiestrado a la red neuronal más de cien veces. La diferencia entre los resultados de cada dos veces consecutivas (tales como tiempos de ciclo, anomalías de altitud, error medio cuadrático de trabajo, etc.) son muy pequeñas y los cálculos convergieron en todos los casos. Podemos ver los resultados en la tabla 4.

Tabla 4. Los resultados del método MAC-MRN

Error medio cuadrático del "adiestramiento" (mm)	$\pm 2,8$	$\pm 2,4$	$\pm 2,0$	$\pm 1,6$	$\pm 1,2$	$\pm 0,8$	$\pm 0,4$	
Nº 1	Tiempos de los ciclos	491	703	4978	6015	6700	7632	8821
	Error medio cuadrático de trabajo (mm)	$\pm 7,6$	$\pm 6,4$	$\pm 5,5$	$\pm 5,8$	$\pm 5,9$	$\pm 6,1$	$\pm 6,2$
Nº 2	Tiempos de los ciclos	505	631	4645	5457	6053	6804	8998
	Error medio cuadrático de trabajo (mm)	$\pm 7,7$	$\pm 6,5$	$\pm 5,4$	$\pm 5,6$	$\pm 5,7$	$\pm 6,0$	$\pm 6,1$
Nº 3	Tiempos de los ciclos	570	688	5324	6670	7159	8383	9370
	Error medio cuadrático de trabajo (mm)	$\pm 7,7$	$\pm 6,4$	$\pm 5,5$	$\pm 5,7$	$\pm 5,8$	$\pm 6,0$	$\pm 6,2$

A la vista de la tabla 4 podemos sacar tres conclusiones obvias:

1. Los tiempos de los ciclos y el error medio cuadrático de trabajo están muy próximos en los tres distintos casos y podemos, por tanto, afirmar que la estructura de BP que estamos discutiendo es muy estable.
2. Cuando el error medio cuadrático de adiestramiento es de $\pm 2,0$ mm, el error medio cuadrático de trabajo alcanza su valor mínimo de $\pm 5,5$ mm.
3. Cuando el error medio cuadrático de adiestramiento es inferior a $\pm 2,0$ mm, resulta que a menor error medio cuadrático de adiestramiento tenemos mayor error medio cuadrático de trabajo.

4.4. Análisis Teórico del método MAC-MRN

La tercera conclusión a la que nos referíamos más arriba es que cuando el error medio cuadrático de adiestramiento es inferior a $\pm 2,0$ mm, a menor error medio cuadrático de adiestramiento tenemos mayor error medio cuadrático de trabajo. Vamos a analizar a continuación este fenómeno con más detalle.

De hecho, el método MAC-MRN propuesto en este artículo puede emplearse para detectar el error del modelo de MAC, con la ayuda de una red neuronal. Esto se puede explicar mediante la estructura de la red BP del modelo MAC-MRN. Entre los parámetros de la capa de *input* de la red BP existe un parámetro ξ , que es el resultado de la anomalía de altitud obtenida mediante el MAC, y el parámetro de la capa del *output* es la diferencia de anomalías de altitud $\Delta\xi = \xi_0 - \xi$, y que consiste en la diferencia entre la anomalía de altitud ξ obtenida con MAC y su verdadero valor ξ_0 .

Podemos sacar algunas conclusiones a partir de las tablas 2 y 4. En el método MAC podemos alcanzar los resultados con un error medio cuadrático de adiestramiento de $\pm 3,4$ mm, del cual cerca de un 40% (es decir aproximadamente $\pm 1,4$ mm) es achacable al error del modelo y el resto (unos $\pm 2,0$ mm) es el error de observación. Por tanto, en el método MAC-MRN, cuando el error medio cuadrático de adiestramiento es de $\pm 2,0$ mm se elimina el error del modelo.

Tabla 5. Los resultados del MAC-MRN

Punto número	Diferencia de las anomalías de altitud $\Delta\xi$ (mm)	Punto número	Diferencia de las anomalías de altitud $\Delta\xi$ (mm)	Punto número	Diferencia de las anomalías de altitud $\Delta\xi$ (mm)
14	-4,3	20	-4,9	6	-6,4
80	1,2	26	-4,7	10	-8,2
31	-4,4	30	-6,2	15	-7,7
24	0,9	32	-0,6	16	-8,5
48	-9,6	34	-4,2	17	-5,8
69	-2,0	39	0,7	62	-1,8
11	0,7	50	0,2	64	-6,0
33	-5,1	52	-2,5	65	8,6
61	-0,6	54	-4,8	66	-1,1
5	11,5	56	-0,6	210	7,7
Nota	Error medio cuadrático de trabajo $n_2 = 30$ $m_2 = \pm 5,5$ mm				

Aquí el error medio cuadrático de trabajo alcanza su mínimo, con un valor promedio de $\pm 5,5$ mm, que corresponde a un 70% del error medio cuadrático de trabajo ($\pm 7,8$ mm) obtenido mediante MAC. Por lo tanto, es un método muy efectivo. Ahora, si continuamos reduciendo el error medio cuadrático de adiestramiento, tomando el error de observación como error del modelo, los resultados serán peores. Pero en conjunto son aun mejores que los de los métodos MAC y MRN. En las aplicaciones prácticas, cuando sea difícil determinar la relación entre el error de observación y el error del modelo deben de consultarse las experiencias anteriores.

En un área de 300 km² sólo se necesita disponer de 10 puntos con H_{Nor} conocida y, si empleamos el método de MAC-MRN, la precisión puede alcanzar los $\pm 5,5$ mm. Cuando el error medio cuadrático de adiestramiento es de $\pm 2,2$ mm, en la tabla 5 podemos ver los resultados obtenidos mediante MAC-MRN. La fórmula de la diferencia de las anomalías de altitudes en la tabla 5 es la siguiente:

$$\Delta\xi = \xi_0 - \xi'_0 \tag{10}$$

donde ξ_0 es la anomalía de altitud conocida y ξ'_0 es la anomalía de altitud calculada mediante MAC-MRN

Comparando la tabla 5 y la tabla 2, es obvio que el método MAC-MRN produce mejores resultados que el método MAC. Por ejemplo, el número total de puntos en los que la diferencia en las anomalías de altitudes es superior a los 10 mm es de 8 con el método MAC y 1 únicamente con el método MAC-MRN.

5. CONCLUSIÓN

En comparación con los métodos MAC y MRN, el método MAC-MRN produce unos resultados más precisos para convertir las altitudes geodésicas H_{GPS} en altitudes normales H_{Nor} . Deberían realizarse más tra-

bajos, con el fin de evaluar su eficacia en grandes proyectos de ingeniería y con una topografía más complicada. La desventaja del método basado en redes neuronales es que el resultado no es tan estable y que los resultados finales se ven afectados notablemente por el peso inicial $W_{ji}(0)$. Pero la estructura BP del método MAC-MRN discutido en este artículo es estable a la hora de calcular $\Delta\xi$ (error de la anomalía de altitud), y la elección inicial de $W_{ji}(0)$ no tiene ningún efecto sobre los resultados. Así pues, se recomienda su uso en proyectos de ingeniería.

REFERENCIAS

- Dongjie YUE, Teng HUANG. 1999, *Anti-error Fitting of GPS Height* [J]. Journal of Hohai University, 27(6): 90~93.(in Chinese)
- Hornik K. 1991, *Approximation Capability of Multi-layer Feed forward Networks* [J]. Neural Networks, (4): 251~257.
- Leonard J, Kramer M A. 1990, *Improvement of the backpropagation algorithm for training neural networks* [J]. Computers Chem. Engng, 14(3):337~341.
- Mingqing YANG, Fan JIN, Dacheng ZHU, Xianchun CHEN. 1999, *Conversion of GPS Height by Artificial Neural Network Method* [J]. ACTA GEODAETICA et CARTOGRAPHICA SINICA, 28(4): 301~307. (in Chinese)
- Zengren YUAN. 1999, *Artificial Neural Networks and its Application* [M]. 66~130. Beijing: Tsinghua University Press. (in Chinese)
- Zengren YUAN, Xiaohui SHEN. 1995, *A new method for faster backpropagation learning* [J]. Advances in Modeling & Analysis A, 24(1):57~64 , AMSE Press.
- Zurada Jacek M. 1992, *Introduction to artificial neural systems* [M]. 216~218,513~527. West Publishing Company. ■

SIG de las Cuevas y Simas del Parque Natural del Garraf

Carlos Matamala y Rafel Fibla

Tutor: Amparo Núñez

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE BARCELONA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA

II Premio San Isidoro 2002 2º Premio

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto desarrolla un Sistema de Información Geográfica aplicado a las cavidades que están situadas en el Parque Natural del Garraf. La aplicación facilita información de las características principales de la cavidad, del acceso desde las poblaciones limítrofes al parque y del material necesario para su realización. Con ella se ha pretendido crear una herramienta que englobe toda la información existente, permitiendo una actualización constante, y ofrezca al usuario unos conocimientos que le faciliten preparar las salidas a las cuevas.

Debido a la mala calidad de las coordenadas de las cavidades existentes, proporcionadas tanto por organismos públicos como privados, las cuales no pasan de una localización aproximada, en muchos casos equivocada e insuficiente, se decidió situarlas utilizando un GPS navegador, consiguiendo ubicar 82 cavidades, de las más de 250 catalogadas, en coordenadas UTM y sistema de referencia ED50.

El objetivo final ha sido programar una aplicación que permita a cualquier usuario inexperto en el manejo de aplicaciones SIG, hacer uso del programa y beneficiarse de todas las posibilidades que este ofrece.

Los trabajos que se han desarrollado se pueden dividir en cuatro partes:

- Creación de la base de datos gráfica, es decir, de la base cartográfica de nuestra aplicación, desde el programa de CAD, Microstation SE.
- Edición de la base de datos gráfica, mediante diversas conversiones hasta llegar al mapa final.
- Compendio de la información necesaria para obtener y configurar la base de datos alfanumérica de las cavidades. Esta fase incluye el trabajo de campo, donde se dan coordenadas a las cavidades.

- Una vez que se tiene toda la información almacenada, se crea la aplicación utilizando el lenguaje de programación Visual Basic y los componentes que proporciona MapObjects.

2. PARQUE NATURAL DEL GARRAF

Hemos elegido el parque Natural del Garraf por el elevado número de cavidades existentes en él (más de 250 catalogadas), así como por la importancia de algunas de ellas (*Avenc de l'Esquerrà*, 236 m de profundidad). Es por ello que se considera el máximo referente de la espeleología en Cataluña.

2.1. Historia

En el otoño de 1986 el Macizo del Garraf fue declarado Parque Natural, con el objetivo de integrar las necesidades del desarrollo humano, de uso público y educativo, junto con la conservación de los recursos naturales, de los ecosistemas, de la diversidad ecológica y de los valores culturales y estéticos del macizo.

Los límites del Parque Natural fueron determinados, en un Plan Especial de Protección, por la Diputación de Barcelona, con una extensión de 10.638 ha. Se encuentra situado dentro de las comarcas del Garraf hasta el mar Mediterráneo, el Alt Penedès en la vertiente norte y el Baix Llobregat en la zona litoral.

2.2. El karst: Procesos y formas

La intensidad de la karstificación en el Garraf ha sido tan importante a lo largo del tiempo que ha configurado totalmente el macizo tal y como lo

conocemos; tanto por lo que hace a su hidrografía y modelado como a sus ecosistemas.

La karstificación en el Garraf tiene un carácter claramente polifásico. Por una banda encontramos cavidades que abren sus bocas en los rellanos más elevados del macizo. Son formas excavadas en unas condiciones de relieve diferente a la actual, sobre la peneplana inicial de la morfogénesis actual o anterior a ella, ya que alguna de estas cavidades, con los materiales que las fosilizaban, han sido alisadas por la superficie de erosión. Se trataría de un paleokarst de finales del Mioceno.

Otro grupo de cavidades se abre en la vertiente de fondos actuales y en algunos casos presentan potentes estructuras estalagmíticas en la misma boca. También se trataría de una karstificación antigua, pero separada de la anterior por una etapa de obstrucción de las cavidades y de inicio de la excavación de la red superficial. Esta fase podría ser pilo-cuaternaria. Finalmente, existe un numeroso grupo de cavidades situadas en el fondo del lecho o en relación con los campos de dolinas actuales, formando agrupaciones de simas de excavación reciente.

3. ESPELEOLOGÍA

3.1. Definición

Ciencia que estudia la naturaleza, el origen y formación de las cavernas, y su fauna y flora (Diccionario de la Real Academia Española).

Tradicionalmente se ha venido definiendo la espeleología como la ciencia que estudia las cavidades; cosa lógica si pensamos que su origen griego la define como tal: *spelaión* – caverna y *logos* – tratado. En un concepto más amplio, actual y realista, la espeleología es una actividad multidisciplinar que responde a distintas inquietudes y motivaciones. Hay quien se adentra en las cavidades por la satisfacción de explorar lugares desconocidos, otros buscan realizar un trabajo o estudio sobre algún aspecto determinado, los hay que disfrutan con la belleza de su entorno y otros ponen a prueba sus conocimientos técnicos o su capacidad de superación.

3.2. Relación entre topografía y espeleología

La topografía no sólo es útil para conocer el relieve y las características de nuestra geografía, sino también para emplazar todo tipo de información, bien de trabajos de ingeniería, como carreteras y vías férreas, o superponer cualquier otro tipo de información, como la geología, economía y forestales. Resumiendo, es útil para orientarnos, conocer las características físicas, ver las infraestructuras o conocer las propiedades de una zona de la superficie de la tierra, si está debidamente representada.

La topografía subterránea persigue estos conceptos, aplicados a las cuevas y simas. El término *espeleotopografía*, que se utiliza frecuentemente,

es la representación gráfica de un lugar subterráneo. Se diferencia sustancialmente con la de superficie en la necesidad de representar un volumen tridimensional hueco; es decir, tenemos la dificultad de representar un suelo y un techo superpuesto, por lo que la espeleotopografía pretende solucionar técnicamente, de una forma más o menos exacta, clara y concisa, la representación gráfica de las cavidades, en la que figuren parámetros de acotación que nos permitan saber la profundidad, el recorrido, el volumen, etc.

3.3. Los instrumentos de medición

Para medir las magnitudes, tanto angulares como lineales, se utilizaron una serie de instrumentos, que en topografía suelen ser sofisticados, precisos y de complejo manejo, pero caros para el espeleólogo y, sobre todo, frágiles en medios hostiles como puede ser una cavidad. La elección de los instrumentos debe hacerse en función de la precisión del levantamiento que se quiere realizar y de su aplicación, ya que no es lo mismo conocer sólo la profundidad de una sima en el aspecto deportivo que determinar exactamente la distancia de una cavidad a la superficie con la intención de perforar un túnel.

Esto simplifica la elección de los instrumentos de medición. En espeleología está ampliamente extendido el uso de la brújula y el eclímetro, o clinómetro, para las mediciones angulares y la cinta métrica para las medidas lineales, instrumentos de menor precisión pero de bajo coste y resistentes en su utilización en el medio subterráneo.

3.4. Topografía del *Avenc del Dac*

Esta cavidad fue descubierta casualmente hace unos años por miembros del *Espeleo Grup Sant Feliuenc*, del que los autores somos miembros en activo. En los últimos años se han estado realizando tareas de desobstrucción y limpieza, para poder llegar hasta el nivel actual.

Al no haber sido realizada aún la topografía de esta cavidad, se decidió que sería un buen complemento para nuestros conocimientos ver como se haría.

A algunos les podrá parecer insuficiente y erróneo trabajar con las precisiones y con el material con los que se ha hecho, pero hay que tener en cuenta que el objetivo de esta topografía es el de dar a conocer sin dificultades cuáles son las formas generales de la cavidad, su extensión, su profundidad, la disposición espacial de las galerías, las circulaciones de agua que pueda albergar, etc.

La topografía ha sido realizada desde el interior hacia el exterior de la cavidad, decidiendo, al entrar, qué puntos serían los más adecuados para situar los vértices de la poligonal.

Se ha realizado una poligonal principal, desde la que se han situado algunos puntos destacados para poder radiar la totalidad de la cavidad.

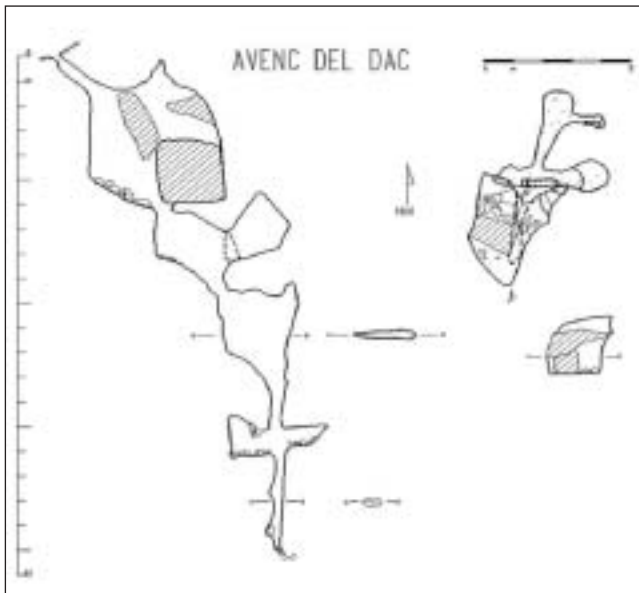


Figura 1: Resultado de la topografía del Avenc del Dac

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SIG

4.1. Obtención de la base de datos gráfica

La obtención de la base de datos se ha dividido en dos fases:

La primera fase consistió en la digitalización de: red viaria, caminos, ferrocarriles, orografía, hidrografía, pueblos y límites del plano del ICC del Massís del Garraf a escala 1:30.000.

En la segunda fase, la digitalización se centró en ubicar el lugar que iba a ocupar la toponimia y los diferentes símbolos, tales como edificio religioso o castillo, en el mapa definitivo. Debido a las exigencias del programa informático con el que se ha trabajado, hubo que colocar puntos y líneas que determinaban la posición del elemento, para posteriormente asignarle un texto, en forma de etiqueta, o un símbolo como representación del punto físico.

Todo el trabajo de digitalización se ha llevado a cabo mediante el programa de CAD Microstation SE, que trabaja en formato DGN y permite exportar tanto a DWG como a DXF. Se utilizó este programa por tener

mayores conocimientos de sus herramientas y, en conjunto, de las posibilidades que ofrece el software.

Para llevar a cabo la vectorización se ha escaneado el mapa de *Parques Naturales de Cataluña* a escala 1:30.000 de una sola pasada, aplicándole a la imagen resultante una transformación, para asegurar que se trabajaba sobre una imagen georreferenciada.

Ante la lentitud de una de las aplicaciones del programa, la llamada *Cálculo de la Ruta Óptima*, y por considerarla la más importante del proyecto, hubo que realizar una generalización de las vías de comunicación que se utilizó en este apartado.

4.2. Obtención de la base de datos alfanumérica

La base de datos alfanumérica es la otra parte de la información necesaria para integrar el SIG. Se trata de un conjunto de tablas de atributos que contienen información sobre los elementos de la base de datos gráfica.

El primer paso que hubo que dar fue reunir toda la información necesaria para la posterior creación de la base de datos, para ello se recorrieron los centros de Información del Parque Natural. Gracias al hecho de ser miembros los autores del *Espeleo Grup Santfeliuenc*, se ha tenido acceso a toda la información allí almacenada, como revistas, libros, trípticos relacionados con el mundo de la espeleología, etc., la cual ha servido para poder actualizar parte de la información reflejada en los catálogos.

Otro medio de obtención de información alfanumérica ha sido el trabajo realizado en campo durante todo el proyecto. Éste ha servido para obtener coordenadas UTM de 82 cavidades y para corregir los errores de localización que se aprecian en los catálogos.

También se ha obtenido información de las páginas de Internet dedicadas al Garraf, desde topografías de cuevas y simas hasta imágenes del parque y noticias de estudios recientes sobre la peligrosidad de diversas cavidades por falta de ventilación.

Una vez recogida toda la información, el siguiente paso, en lo que a la base de datos alfanumérica se refiere, es diseñar y confeccionar un modelo formado por tablas, en nuestro caso mediante Access, donde

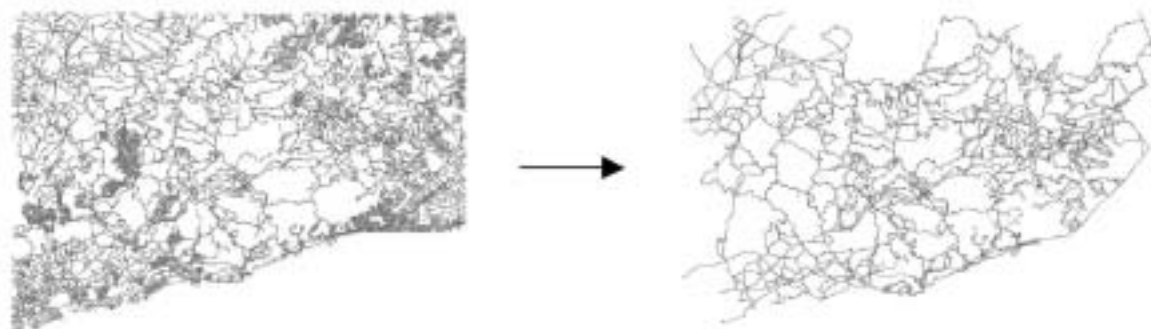


Figura 2. Generalización del mapa base

disponer de toda la información para su posterior consulta en el programa. Se han creado 2 tablas, una que contiene información sobre cavidades, como altura, coordenadas o localización, y otra un listado de nombres y su definición acompañada de una foto, que es lo que en el programa se ha denominado *Diccionario*.

4.3. Obtención de las coordenadas de las cavidades con GPS navegador

Este capítulo se centra en el trabajo realizado en campo, que consistió en la obtención de 82 cavidades mediante un GPS navegador (Garmin12).

En un principio, la toma de datos con GPS se realizó en la zona de la *Sierra de la Morella*, donde se encuentra la mayoría de las cuevas. A medida que avanzaba el proyecto se hizo patente la imposibilidad de encontrar las más de 250 simas catalogadas en el *Parque Natural del Garraf* en el período que se había marcado, por lo que se decidió hallar las más profundas y emblemáticas del macizo para acabar el trabajo de campo. Una vez encontradas éstas, se dió por terminada la búsqueda.

Ante el hecho de que casi todas las cuevas encontradas hasta el momento estaban en una zona muy pequeña en comparación con la región abarcada por el mapa base y además no llegaban ni a un 35 % de las catalogadas, se tomó la decisión de extraer las coordenadas de las cuevas y simas que faltaban de un inventario de cavidades, a escala 1:20.000, facilitado por la Diputación de Barcelona.

4.4. Obtención de las cavidades a partir del inventario de la Diputación

Como solución al problema generado por la falta de tiempo para poder encontrar el total de las cavidades catalogadas, se decidió seguir el mismo proceso que el utilizado para la digitalización de las vías de comunicación, orografía, hidrografía, etc., es decir, escanear el plano 1:20.000 de la Diputación de Barcelona, de una pasada y, mediante el programa Descartes, aplicar una transformación a la imagen, para finalizar digitalizando única y exclusivamente las cavidades.

La imagen obtenida de la rasterización se transformó a partir de 5 puntos de control: las cuatro esquinas de la cuadrícula y el vértice geodésico de primer orden *Morella*, del cual se tenían coordenadas facilitadas por la página web del Instituto Cartográfico de Cataluña. No se pudieron utilizar más puntos de control por no disponer de cuadrícula interna del plano y no tener más puntos de coordenadas fiables. Pero en los resultados se puede apreciar que el error no supera en ningún caso los 2,5 m, inferior al error gráfico, en nuestro caso 6 m.

La base de datos de las simas (que consta de 248), estará formada por 82 cavidades tomadas con un GPS Navegador y 166 obtenidas de la cartografía de la Diputación de Barcelona.

La parte negativa de este aumento cuantitativo de simas es su vertiente cualitativa, ya que la rigurosidad con la que se obtuvieron los datos en campo, por parte de la Diputación de Barcelona, no es la deseable. El proceso de obtención de estos datos se hace a partir de una ubicación manual y aproximada, por lo que los errores de situación están en torno a las decenas de metros por norma general.

5. ADAPTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GRÁFICA AL SIG

Terminado el proceso de vectorización, llevado a cabo con el programa Microstation SE, se comenzó la adaptación de las capas digitalizadas a un formato que permitiera trabajar con el componente de Visual Basic llamado MapObjects, en nuestro caso a *shapefile* (SHP).

Un *shapefile* es un formato de archivo de datos que sirve para almacenar características geográficas en formato vectorial. Estos archivos representan las características geográficas estableciendo la posición en X y en Y. El sistema de coordenadas que utilizan es el sistema cartesiano.

La geometría de cada dato espacial está almacenada como una *shape* (forma o elemento). Los atributos para cada *shape* están guardados en una base de datos asociada con el archivo de forma; a cada *shape* le pertenece un registro y el conjunto de estos registros se encuentra en el campo *FeatureId*.

Número de punto	Sistema Base		Sistema Incorrecto		Residuos		
	X	Y	X	Y	X	Y	XY
1	409295	572445	358,316,55	571,267,981	-1,033	1,874	2,139
2	387975,21	578785,37	337,086,124	577,528,897	-0,126	0,129	0,18
3	414590,58	578785,37	363,594,136	577,532,188	0,674	-1,124	1,31
4	414590,58	565275,79	363,584,062	564,189,059	0,153	-0,377	0,407
5	387975,21	565275,79	337,074,175	564,192,789	0,331	-0,502	0,601
ERROR CONJUNTO DE LOS 5 PUNTOS DE CONTROL					0,345	0,628	0,714

Tabla 1. Errores de la transformación de la imagen (m)

AHORA PAGUE SUS COMPRAS EN 6 o 12 MESES
SIN INTERESES

6 meses
12 meses

Financiamos el 85% IVA incluido
Financiamos el 75% IVA incluido
C.E. 1% - C.A. 1%

Oferta de lanzamiento Medidor de Distancia Láser
Trimble HD-360 y Nivel Automático+Trípode de Aluminio+Mira
Telescópica

Disponemos de servicio de alquiler de GPS TRIMBLE

Consulta nuestros precios y te sorprenderás

OFERTA ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE 3306DR
+ COLECTOR DE DATOS DATA V50

5.430 € + IVA



Estación Total Trimble 3600DR con ACU
Precisión angular: 10"o
Precisión en distancias: 2mm + 2ppm
Alcance: 2.500 m
Controlador ACU: con software Trimble Survey Controller
Medición en prisma
Disponible en 1000 y 1500



Trimble 3303
1000-1.500 m - 3mm+ 3ppm
Trimble 3305
1500-1.300 m - 5mm+ 3ppm
Trimble 3306
1500-1.300 m - 5mm+ 3ppm



Medidor de Distancia Láser
Trimble HD-360



Colector de datos DATA V50 bajo Pison Workabout:
Introducción y salidas de datos en formatos:
CLIP, ISTRAM, ISPOL, ficheros ASCII, etc
Taquimetría - Replanteo - Perfiles

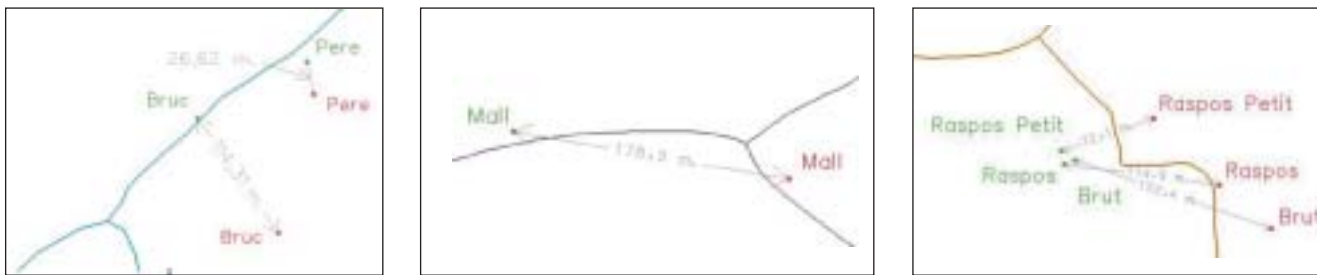


Figura 3. Comparativa de resultados entre el GPS (verde) y la Diputación (rojo).

carácter	símbolo	descripción	carácter	símbolo	descripción
B		Deposito Nivela	K		Cercos del Natural
C		Camping	L		Punto de Información
D		Casas y Sitios	M		Vértice (Des. Ter. Ordo)
E		Vista Panorámica	N		Vértice (Des. Ordo Inferior)
F		Restos Históricos	O		Cota de Pico
G		Castillo	P		Casa, Morir
H		Edificio Religioso	Q		Punto de Cruz
I		Lugar Turístico	R		Barra
J		Puerto Deportivo			

Figura 4. Fuente Garraf.ttf

se necesitaban para representar la información puntual, como son las cavidades, los vértices o los iconos de información turística, mediante un programa llamado *Font Creador Program 3.0*, que permite diseñar tu propio alfabeto.

La fuente se llama *garraf.ttf*, y consta de 17 caracteres, que van desde la B (mayúscula) hasta la R (mayúscula).

6. DISEÑO DEL SIG

Como herramienta para realizar el SIG se utilizó el lenguaje de programación Visual Basic 6.0 y un conjunto de componentes de éste llamado MapObjects 2.1. Cabe destacar que la aplicación ha sido programada completamente por los autores, desde los menús hasta las opciones más complicadas.

6.1. Diseño de la Fuente

Después de analizar todas las posibilidades que ofrecía MapObjects a la hora de introducir iconos o imágenes en el plano mediante la propiedad *Style* (estilo), se decidió crear una fuente con los diferentes símbolos que

6.2. Diseño de la pantalla

A continuación se explican los diferentes elementos que componen la pantalla y parte del código que los hace funcionar:

Todos los elementos mostrados en la figura 5 no podrán cerrarse durante la ejecución del programa, porque forman parte del *form Mapa*, y serán sólo los formularios cargados a partir de la *Barra de Menús* y de la *Barra de Herramientas* los que se podrán abrir y cerrar tantas veces como desee el usuario.

En un principio se cargaron todas las capas en la leyenda general, pero llegado el momento de crear las capas relacionadas con la toponimia y con la información turística, se decidió hacer tres leyendas más, para poder tener mayor accesibilidad a las diferentes capas sin tener que desplazarse constantemente por la leyenda.

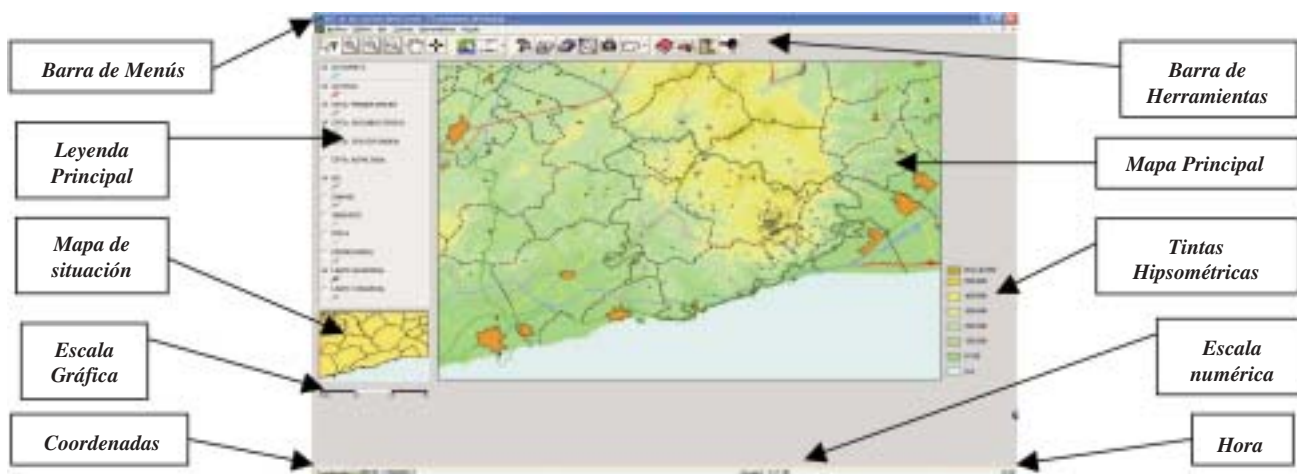


Figura 5. Pantalla de presentación

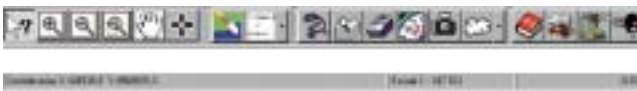


Figura 6. Barra de Herramientas y Barra de Estado

En la pantalla se pueden diferenciar dos mapas, el *mapa principal*, en el que se muestran inicialmente unas cuantas capas y en el que posteriormente se puede implementar en su totalidad, y el *mapa de situación*, en el cual se muestra la misma zona del Garraf que aparece en el mapa principal al iniciarse el programa, dividida por los límites municipales, y un rectángulo que se irá minimizando o maximizando en función de si se hace un zoom que se acerque o se aleje, es decir, que el rectángulo delimitará, en todo momento, lo que vemos en el mapa principal.

Para mayor conocimiento de la geometría del plano, se decidió incluir tanto la escala gráfica como la numérica, las cuales se van actualizando a medida que se va cambiando la vista del mapa.

En la pantalla de presentación aparece también la *Barra de Herramientas*, que permite acceder a algunas de las funciones que hay en los menús, y la *Barra de Estado*, que muestra las coordenadas del puntero del ratón al situarse sobre el mapa, la hora, y el factor de escala.

6.3. Diseño de las fichas de las cavidades

Al acceder a la información de las cavidades por las distintas vías que ofrece el programa, aparece la ficha en formato reducido, mostrando información sobre su ubicación y sus dimensiones. Si se pulsa sobre *más datos* aparece la ficha ampliada con toda la información disponible, entre la que cabe destacar una fotografía de la boca de la cavidad y su topografía, así como la ficha de material necesario para su realización, siempre que estén disponibles.

7. HERRAMIENTAS PRINCIPALES DEL PROGRAMA

7.1. Introducción

En este apartado se profundiza en el programa, mostrando las posibilidades que ofrece para poder sacarle el máximo partido. Estas herramientas pueden ser útiles para planificar las salidas, decidir qué cavidad realizar, conocer cavidades nuevas, saber qué material hay que llevar, etc. En definitiva, será más fácil preparar las salidas.

7.2. Ir a...

Esta aplicación permite, mediante la entrada de las coordenadas, la localización de un punto del mapa. El usuario debe introducir las coordena-



Figura 7. Fichas de las cavidades

das de un punto conocido y pulsar el botón de *Ir a...* A continuación el mapa mostrará el lugar escogido, con la materialización de un punto y haciendo un zoom para ver la zona.



Figura 8. Formulario de *Ir a ...*

Si las coordenadas no están dentro de los rangos correctos, aparecerá un mensaje de advertencia mostrando los valores extremos.

7.3. Diccionario

Se ha introducido un pequeño diccionario porque gracias a él se facilita la comprensión de algunos tecnicismos que aparecen en las fichas de las cavidades. Algunas de las palabras están acompañadas de una imagen para facilitar la comprensión de su significado.



Figura 9. Diccionario

7.4. Cálculo de distancias

Esta herramienta permite calcular la distancia que hay entre una sucesión de puntos. Se puede acceder a ella desde el menú *Herramientas->Calcular distancias*.

En primer lugar se debe presionar el botón de *distancia* y a continuación dibujar una línea en la pantalla. Si se desea la distancia entre dos puntos, debe dibujarse la línea que los une y en el punto final hacer doble *click*. Si se quiere averiguar el recorrido que hay entre varios puntos, deberá irse pulsando sobre estos y hacer doble *click* en el último punto.

7.5. Cálculo de la ruta óptima

Una de las herramientas más importantes que se ha programado en esta aplicación ha sido la del *cálculo de la ruta óptima entre dos puntos*. Esta

función permite saber cuál es el camino más corto, en tiempo o en distancia, entre el nodo origen y el nodo destino seleccionados, ayudando a elegir qué camino se debe seguir para llegar al destino elegido.

En la literatura podemos encontrar diversos algoritmos para resolver este problema, sin embargo se han elegido el algoritmo Dijkstra y el A* que son los más conocidos.

La ruta óptima puede verse afectada por muchos factores, como son el tipo de vehículo, la velocidad de la vía por la que se circula, el número de vehículos que circulan, los semáforos, etc. Debido a la complejidad que esto supone, sólo se ha tenido en cuenta el recorrido entre nodos y la velocidad a la que se puede ir en cada tramo. El coste de los tramos es el recorrido entre nodos o el tiempo que se tarda en ir de un nodo a otro, dependiendo del resultado que queramos conseguir.

Se han colocado nodos en las intersecciones de camino a mismo nivel (p.e. en los pasos subterráneos no hay nodo), en los finales de camino, en todas las cuevas y en las salidas de municipios. De estos nodos se conocen las coordenadas, con qué nodos están conectados y qué recorrido hay entre los nodos conectados. Se ha considerado que todos los tramos entre nodos conectados son bidireccionales: estos tramos pueden ser líneas, arcos, polilíneas o esplines.

Aunque el código permite calcular la ruta óptima entre cualquier pareja de nodos, las rutas óptimas tendrán como nodo destino y origen las cuevas o las salidas que han puesto en las poblaciones, ya que se ha considerado que son las búsquedas más razonables y las que puede solicitar el usuario de esta aplicación.

En 1956, Edsger Wybe Dijkstra publicó su algoritmo de **caminos mínimos**.

Se necesita un conjunto F con los vértices de los cuales se conoce la distancia más corta al nodo inicial, y un vector D que contiene la distancia desde el inicial a cada nodo. Al principio F solo contiene al nodo inicial, y D el coste de los arcos que parten del nodo inicial.

En cada paso se elige el vértice V que no esté en F, que tenga el menor valor en D, nodo actual, y se actualizan todos los valores de D para aquellos vértices W, nodos sucesores, que no están en F de la siguiente manera:

$$D(w) = \min[D(w), D(v) + Coste(v),w] \quad (1)$$

Si además del coste se quiere saber la ruta, se debe guardar el último nodo de donde se ha calculado esa distancia, así una vez que se llegue al nodo destino se puede ir retrocediendo hasta el nodo origen, quedando definida la ruta.

(1) Página de internet www.tutorialmate.galeon.com/grafos.html

El algoritmo Dijkstra no funciona con costes negativos, problema que no se dio, ya que las distancias y los tiempos entre nodos siempre son positivos.

Dijkstra muestra el recorrido más corto a cada nodo. Modificándolo un poco el algoritmo se detendrá cuando encuentre la solución deseada.

El problema del algoritmo Dijkstra es el tiempo de cálculo, demasiado elevado en algunos casos. Por eso se ha añadido un algoritmo que utiliza una búsqueda heurística: el A*.

El algoritmo A* ha sido el algoritmo de búsqueda heurística más popular para el cálculo de las rutas óptimas.

Un algoritmo heurístico toma ciertos supuestos del problema que está tratando de resolver. Estos supuestos le permiten reducir el tiempo de cálculo y sigue produciendo resultados relativamente buenos. Por su naturaleza, un resultado que produce un algoritmo heurístico no tiene la garantía de ser la mejor solución posible. Cuando un programa (o una persona) hace suposiciones, está destinado a cometer errores. En muchos casos, un algoritmo heurístico propondrá una solución a un problema que está muy cerca de la solución óptima, pero no hay garantía de que éste será el caso.

El motivo de que haya que hacer la búsqueda es que no se sabe cómo ir de un punto a otro. Se obtendría antes el resultado si se supiera de antemano por dónde está la solución. Añadiendo una información heurística se puede ayudar al programa a decidir qué nodos sucesores pueden ser más prometedores que otros, reduciendo así el número de cálculos y, por tanto, el tiempo de ejecución. En este caso, para ir de un nodo a otro el camino más corto sería una línea recta, por lo tanto consideramos que los nodos que estén más cerca del nodo destino serán probablemente mejores que los que estén más alejados.

El Algoritmo A* funciona igual que el de Dijkstra, pero su función para asignar los costes es la siguiente:

$$f(n) = g(n) + h'(n) \quad (2)$$

donde:

$f(n)$ es el coste del nodo, el recorrido hasta él o el tiempo que ha durado el recorrido, según estemos calculando el camino más corto o el más rápido.

$g(n)$ es el coste del camino de menor coste encontrado hasta el momento del nodo sucesor; es decir, el coste del nodo actual más el recorrido, o el tiempo entre el nodo actual y el nodo sucesor n .

$h'(n)$ es la expresión heurística que nos ayuda a determinar qué nodo es mejor. En el caso que nos ocupa $h'(n)$ es la distancia en línea recta

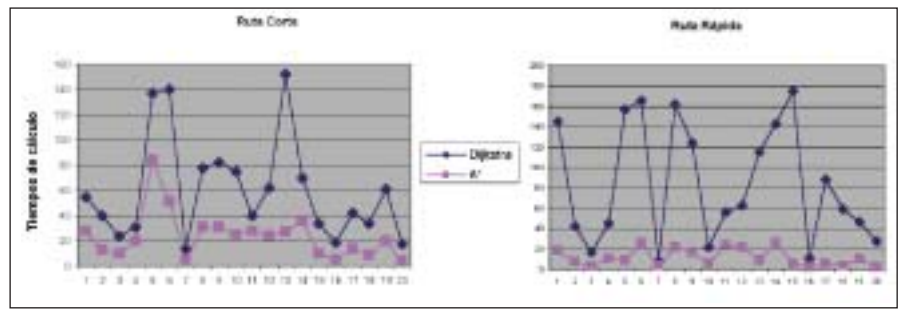


Figura 10. Comparativa de tiempo de cálculo entre ambos algoritmos

entre el nodo sucesor y el nodo destino. Si $h'(n)$ es cero tenemos el algoritmo Dijkstra, lo que permite fácilmente pasar del algoritmo Dijkstra al A*, según lo desee el usuario, sólo cambiando levemente el código.

Como se aprecia en la figura 10, A* es más rápido que Dijkstra.

Las rutas obtenidas se pueden guardar como imagen (en formato BMP o JPEG), imprimir o copiar para luego pegarlas en otra aplicación que soporte esta opción.

La aplicación creada para el programa permite escoger el origen, el destino, el tipo de ruta, rápida, si queremos que tenga en cuenta el tiempo, o corta, si queremos que tenga en cuenta la distancia al destino. Por último, se puede escoger el algoritmo que utiliza el cálculo: Dijkstra o A*. Al finalizar los cálculos, en la parte inferior aparece un texto indicando el coste total de la ruta, en metros y en hh:mm:ss. A su vez, en el formulario principal saldrá dibujada la ruta resultante. Se pueden ver al mismo tiempo la última ruta más corta y la más rápida consultada, para poder comparar los resultados y así poder elegir la que se crea más conveniente.

7.6. Zooms

Ésta ha sido una de las funciones que hubieran sido complicadas de programar sin la utilización de las herramientas que nos proporciona MapObjects. Gracias al *Objeto Mapa* estas funciones se pueden realizar con relativa facilidad.

Se han utilizado cinco tipos de zooms: *Zoom Ventana*, *Zoom +*, *Zoom -*, *Zoom Pan*, y *Zoom Todo*. El *Zoom Pan*, un método del Objeto Mapa, y los otros cuatro utilizan un objeto de tipo rectángulo, del que definimos un tamaño u otro en función del zoom que pretendemos, ajustando a continuación el tamaño del mapa a ese rectángulo.

7.7. Buscar

Este código se ha utilizado para buscar la ficha de una cueva por el nombre o por el municipio al que pertenece. Se ha usado un objeto *ADODC* para relacionar los elementos del formulario con la base de datos.

(2) Yilin Zhao, "Vehicle location and navigation system", Artech House, Inc.

Lo que se ha hecho es buscar el texto guardado en el campo *Nombre* o *Término* de una base de datos de Access, en la que se tiene la información de las cuevas. Para ello se busca el registro que satisfaga la expresión especificada.

7.8. Consultas

Con esta rutina se ha pretendido conseguir una herramienta similar a la que ofrece Arc View para hacer consultas en las tablas y que el programa muestre los resultados gráficamente.

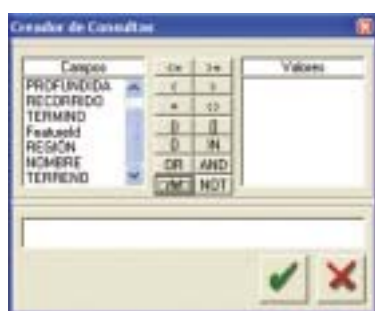


Figura 11. Formulario de consultas

Al iniciar esta utilidad desde la *Barra de herramientas* o desde el menú *Cuevas-> Consultas* aparecerá el formulario de consultas. En él se encontrará, en la parte superior izquierda, una lista con todas las características disponibles para las consultas. Al pulsar sobre alguna de éstas características aparecerán, en la lista de la derecha, los valores que pueden adoptar. En el centro aparecen los operadores que se pueden utilizar para realizar las consultas. Abajo aparece un cuadro de texto en que se puede introducir la expresión de búsqueda.

En el formulario se han puesto botones con los comandos de ANSI SQL más comunes y al pulsar sobre ellos aparecen en el texto de consulta. Una vez tengamos la expresión escrita correctamente, pulsamos el botón de aceptar y, si existen resultados, nos los mostrará, cambiando el color de las cuevas seleccionadas.

8. FORMATOS DE SALIDA

8.1. Exportar vista actual

Esta herramienta permite exportar la vista actual del plano a dos tipos de formato. Las opciones disponibles son JPG y BMP. En el apartado *Calidad de Imagen* se decide el tipo de resolución que se quiere para la exportación. Las opciones serán tres: *baja*, *media* o *alta* resolución. La selección de uno u otro caso conllevará un mayor o menor tamaño de la imagen guardada.

8.2. Imprimir vista actual

La elección de este caso da la posibilidad de escoger la orientación que se quiere que tenga el mapa en la inminente salida en papel. El resultado se imprimirá en un DIN A-4.

8.3. Imprimir en archivo

Esta aplicación permite la posibilidad de guardar la vista del mapa actual en un archivo PRN. Se ha introducido esta posibilidad por considerarla de gran utilidad, por ejemplo en el caso de no tener instalado el programa en el ordenador en el que esté instalada la impresora. Ante esta situación, se podrá hacer desde MS-DOS.

8.4. Imprimir ficha

Esta opción permite imprimir las fichas de las cavidades, pudiendo seleccionar la impresora, las fichas que queremos imprimir, el tamaño del papel, la orientación y el número de copias.

9. CONCLUSIONES

SIGKARST 1.0 es el resultado de compilar toda la información relacionada con las cavidades ubicadas en el *Macizo del Garraf* mediante una herramienta que interactúe con el usuario, resolviendo sus dudas.

Por lo que se refiere a la programación, se puede decir que Visual Basic es una herramienta potente y fácil de utilizar por un usuario inexperto. Por el contrario, crea problemas a la hora de distribuir el programa, necesitando otros componentes para su correcto funcionamiento.

Después de realizado el proyecto, se puede asegurar que MapObjects es una herramienta muy útil, que facilita la programación de aplicaciones que utilicen las funciones del SIG. MapObjects ha permitido conseguir resultados satisfactorios, impensables sin su ayuda.

10. BIBLIOGRAFÍA

- *Els Mapes dels Parcs Naturals de Catalunya*. Massís del Garraf (6). Escala 1:30000.
- Serveis dels Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona, Area de Espais Naturals. *Pla Especial de Protecció del Medi Físic i del Paisatge de l'Espai Natural del Garraf (Inventari de cavitats)*. Escala 1:20000.
- Borrás, Juan. *Catálogo Espeleológico del Macizo del Garraf (Tomos I-III)*.
- Cevallos, Fco. Javier. *Visual Basic. Curso de Programación*, Editorial RA-MA.
- ESRI. *Building Applications with MapObjects*, 1996 Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Gisbert Roger, Lluís. *Diccionario de técnica espeleológica*, Federación Española de Espeleología y Federación Valenciana de Espeleología.
- Puch, C. *Cuevas y simas: Como representarlas y localizarlas*.
- Yilin Zhao. *Vehicle location and navigation system*, Artech House, Inc.
- Páginas de Internet:

www.diba.es

www.guille.costasol.net

www.forums.esri.es

www.espeleo-cat.org ■

No se puede negar...



Hemos crecido

Crecer es un proceso imparable. Nuestra organización es un organismo vivo, en continuo movimiento. Desde su nacimiento hace ahora dos años, no hemos dejado de proponernos nuevas metas. Ahora damos un paso adelante para alcanzar el futuro que deseamos crear: **Una nueva sede, casi 3.000 m² para crecer como personas, para desarrollar nuestra profesión y dar lo mejor de nosotros, con una meta muy clara: "Mejorar la calidad del servicio"**

Desde el día **10** de septiembre nos encontrará en las nuevas instalaciones de Tres Cantos.

GRUPO EMPRESARIAL

land

www.inland.es

No lo olvide, tome nota

Nueva sede INLAND

AV DE LA INDUSTRIA, 35
28760 TRES CANTOS MADRID
APARTADO DE CORREOS 63

Tel: 902 103 930

Fax: 902 152 795



INTRAC
LÁSER, AGRICULTURA Y CONTROL DE MAQUINARIA

ISSA
Iñaki Sánchez S.A.
SOLUCIONES TOPOGRÁFICAS

GEORACK
GESTIÓN DE FLOTAS - GIS

LASER RENT
CONSTRUCCIÓN, EXCAVACIONES E INTERIORISMO

Estimación del Contenido Total de Electrones Ionosférico (TEC) mediante observaciones GPS bifrecuencia en el Suroeste de Europa

A. Javier Raimundo Valdecantos
Tutor: Juan Francisco Prieto Morín
E. U. DE I. T. TOPOGRÁFICA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

II Premio San Isidoro 2002 3^{er} Premio

I. INTRODUCCIÓN

La mayor fuente de errores en mediciones monofrecuencia GPS es el retardo variable provocado por la ionosfera. Para observaciones diarias cercanas al máximo solar, este efecto puede llegar a exceder en varias partes por millón la longitud de la línea base. La corrección por retardo ionosférico es transmitida en el mensaje de navegación, pudiendo corregirse el error, pero su efectividad es sólo del 60%, debido a que estos parámetros de corrección son estimados a escala global. Los receptores GPS bifrecuencia eliminan la mayor parte de los efectos de los retardos ionosféricos, pero los residuos todavía existen. Se ha demostrado que este retardo depende del Contenido Total de Electrones (TEC) contenido en la ionosfera. En este proyecto se ha estimado un modelo ionosférico regional basado en la distribución del TEC, adaptado a España y Portugal, mediante el empleo de observaciones GPS bifrecuencia procedentes de diversas estaciones permanentes distribuidas por el suroeste europeo.

Se define el TEC entre el punto A y el punto B como el número total de electrones libres contenidos en una columna, cuya base tiene de área 1 metro cuadrado, que una A y B. Es decir,

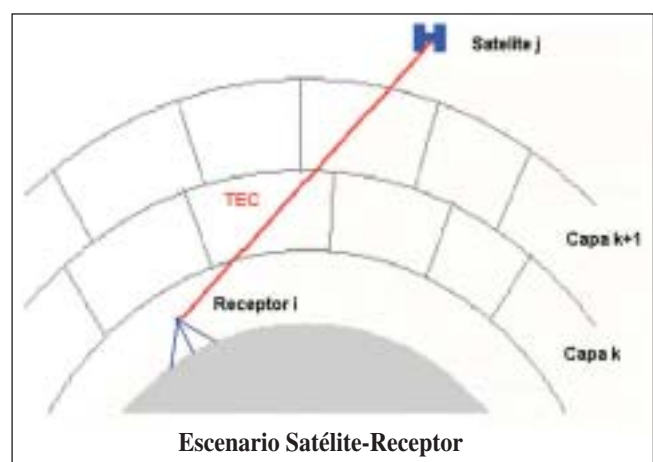
$$TEC = \int_B^A N \, dh$$

donde N es la densidad electrónica, dh es el incremento de altura, y la integral se calcula a lo largo del camino que une los puntos A y B.

Varias de las aplicaciones de la prospección ionosférica son:

- Calibración de observaciones geodésicas (VLBI, GPS)

- Detección de saltos de ciclo y estimación de ambigüedades (*rapid static survey*)
- Aplicación a redes locales GPS con un receptor dual y el resto monofrecuencia
- Creación de bases de datos de retardos ionosféricos.



2. CONCEPTOS TEÓRICOS

Para la estimación de este parámetro ionosférico se ha adoptado el modelo desarrollado por el grupo de Astronomía y Geodesia (gAGE) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Entre otras particularidades, este modelo divide la ionosfera en celdillas o *pixels*, considerando la densidad electrónica constante en cada una de ellas (modelo tomográfico).

La señal GPS viaja entre la posición del satélite $\vec{r}^T(t^T)$ y la posición del receptor $\vec{r}^R(t^R)$ cruzando las distintas regiones de la ionosfera con densidades electrónicas N_e . En primer lugar, se deberá formar la

denominada combinación ionosférica de las fases de las portadoras $L_1 = L_1 - L_2$, que también puede ser expresada como:

$$L_1 = k \int_{\vec{r}^T (t^T)}^{\vec{r}^R (t_R)} N_e(\vec{r}, t) ds + \lambda_1 b_1 - \lambda_2 b_2$$

donde $k \approx 1,05 \text{ m de } \frac{L_1}{10^{17} \text{ e}^- \cdot \text{m}^{-2}}$, $N_e(\vec{r}, t)$ la densidad

electrónica en cada punto \vec{r} del camino del rayo observado en el instante t donde la integral es considerada

\vec{r}^T es la posición del satélite T en el instante de transmisión t^T
 \vec{r}^R la posición del receptor R en el instante de recepción t_R .

El término que incluye ambigüedades y retardos instrumentales, $\lambda_1 b_1 - \lambda_2 b_2$, puede ser considerado constante para cada arco de medida de fase continua, es decir, sin pérdidas de ciclo.

A partir de aquí, la observación principal que será objeto de nuestro estudio son las diferencias en la fase referidas al primer punto al cual nuestro arco de medida de fase continua está referido

$$\frac{\Delta L_1}{k} = \int_{\vec{r}^T (t^T + \tau)}^{\vec{r}^R (t_R + \tau)} N_e ds - \int_{\vec{r}^T (t^T)}^{\vec{r}^R (t_R)} N_e ds$$

En este momento, nos encontramos con el problema de estimar la densidad electrónica $N_e(\vec{r}, t)$. Para hacer esto, la ionosfera se descompondrá en celdillas donde la densidad electrónica se asume constante. Se debe elegir un modelo de distribución acorde con el problema a resolver.

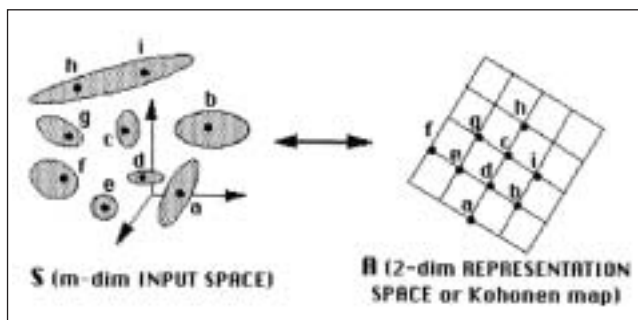
Una vez analizados los pros y los contras de los distintos modelos de distribución, se optó por realizar una descomposición de la ionosfera de forma adaptativa, donde los centros de cada celda son obtenidos aplicando un clasificador no supervisado, conocido como **Mapa Auto-organizativo de Kohonen** (*Self-organizing map* – SOMA). Este algoritmo también es conocido como **Red Neuronal de Kohonen**, pues, como producto del entrenamiento, se consiguen estructuras semejantes a la disposición de las neuronas en el cerebro: las neuronas tienden a agruparse, siendo las conexiones con las pertenecientes a un mismo grupo más numerosas que con las neuronas del resto de grupos.

Las características principales de este algoritmo de entrenamiento son:

- Se trata de un aprendizaje no supervisado
- Produce mapas topológicos, es decir, el espacio de salida mantiene la relación de vecindad (estructura topológica) del espacio origen.

El objetivo principal de este clasificador es descubrir la estructura subyacente de los datos. En otras palabras, obtener un pequeño conjunto $\{\vec{w}_1, \dots, \vec{w}_c\}$ de c centroides que presenten una buena aproxima-

ción al conjunto original S de n objetos (espacio objeto), con m atributos, codificados como vectores $\vec{x} \in S$. Intuitivamente, esto significa que para cada vector $\vec{x} \in S$ la distancia $\|\vec{x} - \vec{w}_{f(x)}\|$ entre x y el centroide más cercano $\vec{w}_{f(x)}$ debe ser pequeña.



Ordenación producida por la Red de Kohonen. Después del entrenamiento, los centroides que son cercanos entre sí en el espacio de salida A, también lo son en el espacio objeto S

Con todo ello, la ecuación anterior para cada arco de fase continua entre el satélite T y el receptor R , pasa a ser:

$$\frac{\Delta L_1}{k} = \sum_i \sum_j \sum_k (N_e)_{i,j,k} [\Delta s_{i,j,k}^{t+\tau} - \Delta s_{i,j,k}^t]$$

donde i, j, k son los índices de cada celda, correspondiendo en hora local, latitud geodésica y altura respectivamente; $(N_e)_{i,j,k}$ es la correspondiente densidad electrónica, y $\Delta s_{i,j,k}^t$ es la longitud del rayo que cruza las "celdas iluminadas" en el instante t .

3. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DE ESTE PROYECTO

3.1. Obtención de datos

Como datos de partida son necesarias medidas de pseudodistancia y fase de portadora GPS en largos periodos de tiempo. Debido a la gran calidad de las observaciones GPS que producen, así como a su continuidad, se han empleado estaciones permanentes pertenecientes a diversas redes: IGS, EUREF, ERGPS.

- Estación permanente GPS de A CORUÑA: ACOR
- Estación permanente GPS de CAP DE CREUS: CREU
- Estación permanente GPS de ALICANTE: ALAC
- Estación permanente GPS de BELMUNT DE SEGARRA: BELL
- Estación permanente GPS de CASCAIS: CASC
- Estación permanente GPS de ROQUETAS: EBRE
- Estación permanente GPS de SAN FERNANDO: SFER



Estación permanente GPS en la E.U. de I.T. Topográfica. UPM



Red de Estaciones Permanentes GPS EUREF

- Estación permanente GPS de la ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA TOPOGRÁFICA (UPM): MERC

El *International GPS Service for Geodynamics* (IGS) y otros organismos disponen de redes de estaciones permanentes, que proveen de observaciones GPS en modo continuo al usuario. A partir de ellas se generan una serie de productos, tales como efemérides precisas, parámetros de rotación terrestre, etc. El IGS también se encarga de la regulación de los distintos formatos en los cuales se presentan tanto observaciones como productos, dirigiéndose todo ello hacia la estandarización: RINEX, Compact RINEX, SP3, etc. Gracias a esta estandarización se tiene un acceso rápido y eficaz a la información.

Con el objeto de poder determinar con mayor fiabilidad el comportamiento de la ionosfera, se decidió utilizar datos del periodo comprendido entre los años 2000 y 2001, correspondientes éstos a un Máximo Solar, factor determinante a la postre en la obtención de los resultados.

Debido al distinto origen de los datos, así como su distribución heterogénea en los distintos sites de Internet donde éstos se alojan, se diseñaron rutinas, de forma que se automatizó todo el proceso de descarga y obtención de las observaciones. Estas rutinas se desarrollaron en forma de proceso por lotes (MS-DOS), lle-

vando a cabo la conexión, descarga y descompresión de los ficheros automáticamente.

Los datos "brutos" se encuentran en un formato desarrollado por Yuki Hatanaka (Geographical Survey Institute, 1998) denominado Compact RINEX. El empleo del formato Compact RINEX de forma conjunta a la compresión ZIP, hace posible una reducción de hasta el 85 % del tamaño del fichero RINEX original, siendo este último de excesivo tamaño.

A su vez, también son necesarias coordenadas de los satélites en cada instante, es decir, sus efemérides. Para ello se obtuvieron las efemérides precisas procedentes del IGS, expresadas en formato SP3, gracias a un proceso por lotes similar al desarrollado para la obtención de las observaciones.

Como producto de esta primera parte del proyecto se obtuvieron más de 9 Gigabytes de información, distribuidos en observaciones y efemérides.

Registro observación	Estación Estación	Fecha Fecha	Hora Hora	Satélite Satélite	Status Status	L1 L2 P1 P2 C1 L1 L2 P1 P2 C1
Registro efeméride	Satélite Satélite	Fecha Fecha	Hora Hora	X Y Z X Y Z		

3.2. Tratamiento de ficheros de observaciones y efemérides

El siguiente paso era manejar las observaciones y efemérides, expresándolas en un formato que facilitara los procesos posteriores. Las características, tanto del formato RINEX como del SP3, ayudaron en gran medida a conseguir este objetivo. Ambos formatos constan de una cabecera con toda la información general necesaria, seguida de la parte de observaciones y efemérides propiamente dicha.

Estas rutinas, desarrolladas en lenguaje C, obtenían la información general de cada observación (receptor, número y tipo de observables, etc.) de la cabecera, en el caso de los ficheros RINEX, o propiamente de los registros en ambos casos, RINEX y SP3.

3.3. Detección de pérdidas de ciclo (cycle-slips)

La parte fundamental de este pre-análisis de las observaciones está provocado por la suposición inicial que tiene el modelo teórico, antes desarrollado, de actuar sobre arcos de medida de fase continua, sin pérdidas de ciclo. Esto obligaba a implementar algún tipo de algoritmo que las detectara de forma rápida y eficiente.

La edición de datos GPS se componía, en su mayoría, de una variedad de métodos heurísticos, los cuales operaban, como es habitual cuando se procesan datos GPS, en diferencias de datos entre pares de estaciones y pares de satélites, con el objetivo de reducir los errores instrumentales. Los analistas realizaban la inspección visual, usando gráficos interactivos, para encontrar y corregir allá donde los algoritmos habían fallado. Esta labor era el mayor obstáculo, en la fase de preprocesamiento, para conseguir eficiencia y uniformidad en los datos.

Por todo ello, nos decantamos por el algoritmo de detección de pérdidas de ciclo desarrollado por Blewitt en 1990. Sus particularidades lo hacen aplicable a receptores bifrecuencia con capacidad para medida de código en ambas frecuencias. Esta técnica es especialmente atractiva, ya que no requiere diferencias de datos entre receptores y satélites.

Parámetros escogidos para el cálculo del modelo

Altura de las capas (límites): 60 km - 740 km - 1420 km
2 Capas

Intervalo de cálculo: 2 horas

Solución estación por estación

Distribución adaptativa

Este test actúa sobre la combinación *wide-lane* de los datos y, mediante unos estadísticos, discrimina cuándo se ha producido una pérdida de ciclo o no. Se desarrolló el algoritmo de detección de pérdidas de ciclo en lenguaje C, obteniendo como producto final de su aplicación el mismo registro de observación GPS formado en la fase del proyecto anterior, con un identificador añadido de pertenencia a un único arco de medida de fase continua.

3.4. Implementación del modelo tomográfico

Una vez obtenidos los datos necesarios, se procedió a realizar el diseño de las rutinas en el lenguaje C de programación, para ejecutar todo lo referente al análisis y cálculo de las densidades electrónicas ionosféricas.

Una vez definidos los parámetros que definen nuestro modelo (número de capas, alturas, intervalo entre observaciones, etc.), se procedió al cálculo del mismo. Para ello, el primer paso fue determinar los puntos de intersección de cada rayo con la altura media de cada capa, gracias a las coordenadas de las estaciones y efemérides de los satélites en cada instante. A todos estos puntos se les aplicó el algoritmo auto-organizativo de Kohonen, antes explicado, obteniendo la distribución final de los centroides que definen nuestra rejilla. Gracias a este proceso de entrenamiento se evitaron situaciones de mal condicionamiento del modelo, al no existir celdas que no fueran atravesadas por ningún rayo.

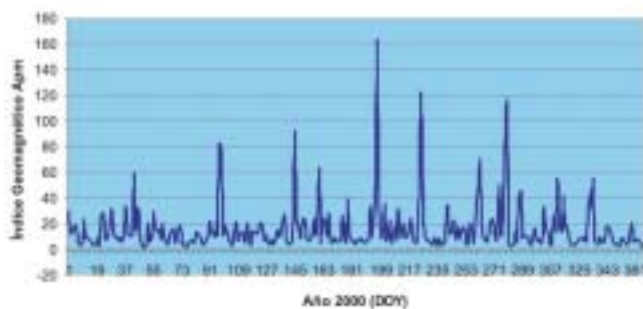
Ya sólo queda plantear las ecuaciones para cada observación y proceder a su resolución por mínimos cuadrados, cuya solución será la densidad electrónica de cada celda en un momento determinado. También se realizó esta rutina en lenguaje C y el resultado se presentó en archivos de texto, donde quedaron almacenadas las densidades electrónicas de cada celda así calculadas junto a sus coordenadas.

4. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos, se observó que éstos no concordaban con las suposiciones iniciales; esto es, no se mantenían ni los ciclos día-noche ni los estacionales. Sin embargo, sí hubo una correspondencia directa entre los índices de actividad ionosférica y las densidades electrónicas calculadas.

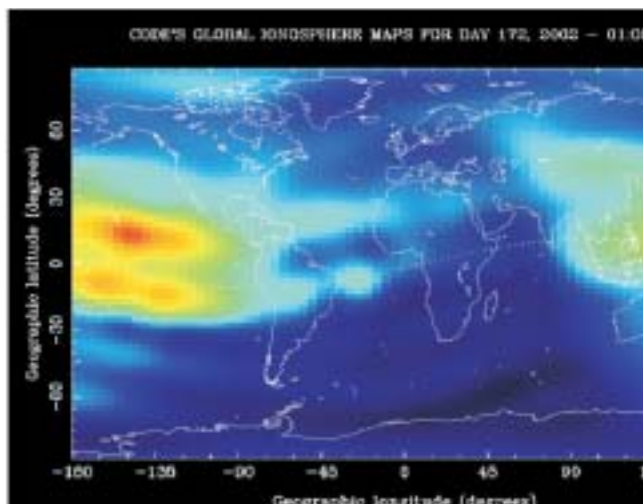
Las conclusiones obtenidas con la realización de este proyecto son:

- Las altas resoluciones conseguidas en el tamaño de la celda, aceptables para el establecimiento de un modelo regional, no permiten establecer la condición inicial de que el contenido electrónico se mantenga constante en cada celda, sobre todo considerando que en épocas de máximo solar (año 2000) aparecen gradientes importantes. Es por ello que no se aconseja el empleo de este modelo ionosférico a escala regional, considerándose apto para escalas globales.



Evolución del índice geomagnético A_p_m correspondiente al año 2000. Este índice expresa las condiciones geomagnéticas medias a escala global a lo largo del día. A partir del valor 20 existe una actividad moderada, considerándose una tormenta geomagnética a partir de 60.

- Sería aconsejable realizar un cálculo multiestación, obteniendo así una solución más homogénea en el área de estudio. En ciertas ocasiones una solución estación por estación presenta zonas con falta de datos, provocada por una deficiente densidad de receptores GPS, resolviéndose por medio de una interpolación entre las distintas soluciones obtenidas, con el objeto de obtener una solución global. En una solución multiestación, estos "agujeros" se completan gracias a un algoritmo de filtrado de Kalman, consiguiéndose así una solución continua.
- A modo de mejora del modelo, cabría la posibilidad de combinar los datos GPS típicos con aquellos procedentes de satélites geoestacionarios, así como otros valores del TEC obtenidos mediante otras técnicas (polarímetros, ionosondas, etc.) que completarían el estudio aquí iniciado.



Estudios similares a éste se verán relanzados con el desarrollo de los GNSS: modernización del actual sistema GPS e implantación del futuro GALILEO. Estos sistemas, a su vez, deberán ser amparados por dichos

estudios, que ganarán en eficacia y precisión. Numerosas instituciones internacionales se encuentran en la actualidad desarrollando distintos modelos con el objetivo de poder conocer con mayor exactitud el comportamiento de la ionosfera.

BIBLIOGRAFÍA

- Blewitt, G. *An Automatic Editing Algorithm for GPS Data*. Geophysical Research Letters, Vol. 17, No. 3 199-202. 1990
- Bilitza, D., Hernández-Pajares, M., Juan, J. M. *Comparison between IRI and GPS-IGS Derived Electron Content during 1991-97*. Phys. Chem. Earth. Vol 24, No. 4, 311-319. 1999
- Hernández-Pajares, M., Juan, J. M., y Sanz, J. *High resolution TEC monitoring meted using permanent ground GPS receivers*. Geophysical Research Letters, Vol. 24, No.13 1643-1646. 1997
- Hernández-Pajares, M., Juan, J. M., y Sanz, J. *Precise Ionospheric Determination and its Application to Real-Time GPS Ambiguity Resolution*.
- Hernández-Pajares, M., Juan, J. M., y Sanz, J. *New Approaches in global ionospheric determination using ground GPS data*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 1237-1247. 1999
- Hernández-Pajares, M., Juan, J. M., y Sanz, J. *Neural Network modeling of the ionospheric electron content at global scale using GPS data*. Radio Science, Vol. 32, No. 3, 1081-1089. 1997
- Rius, A., Hernández-Pajares, M., Juan, J. M., y Sanz, J. *A two layer model of the ionosphere using Global Positioning System data*. Geophysical Research Letters, Vol. 24, No. 4, 393-396. 1997
- Kees de Jong, Jr. *The International GPS Service. A global Tracking Network*. Geo-Informatics. Vol. 5, 12-13, 2002
- Sardón M. E. *Calibración de Efectos Ionosféricos en Geodesia Espacial con GPS*. Tesis Inédita. Facultad de Matemáticas. Universidad Complutense de Madrid, 1993
- Hofmann-Wenllenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J. *GPS: Theory and Practice*. Fifth, revised edition. Springer Verlag, 2001.
- Gurtner, W. *Access to IGS Data*. Astronomical Institute, University of Berne
- Hatanaka, Y. *Compact Rinex Format*. Geographical Survey Institute. 1998
- Gurtner, W. *RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Versión 2.10*. Astronomical Institute, University of Berne. 2001
- Spofford, P. *The National Geodetic Survey Standard GPS Format SP3*. National Geodetic Survey. ■



Conózcenos.



Botarull 14 08027 Barcelona Tel. 93 340 05 73
Fax 93 351 95 18 www.al-top.com al-top@al-top.com

Conozca NUESTRA WEB. Conozca NUESTRO
SERVICIO TÉCNICO. Conozca NUESTRAS
NUEVAS INSTALACIONES. Conozca NUESTRA
EXTENSA GAMA DE PRODUCTOS. Conozca
NUESTRO EQUIPO HUMANO. Conozca
NUESTROS NUEVOS PUNTOS TOPOCENTER.



AL-TOP
TOPOGRAFIA, S.A.
TOPO CENTER

Novedades Técnicas

NUEVAS ESTACIONES TOTALES CON SEGUIMIENTO AUTOMÁTICO PARA UNA SOLA PERSONA, EQUIPO ROBOTIZADO Y MEDICIÓN SIN PRISMA DE TOPCON



TOPCON ha lanzado las series de estaciones totales GTS-810A y GPT-8000A, que ofrecen mejoras sustanciales a la serie anterior GTS-800A. Al añadir el controlador remoto y de comunicación por láser RC-II, los

de la cual está activado el seguimiento automático se ha incrementado cinco veces de 1° a 5°. Tanto la serie GTS-810A como la serie con medición sin prisma GPT-8000A se pueden utilizar junto con el dispositivo de control remoto RC-2II, la controladora FC-1000 en Windows-CE y el software TopSurv.

instrumentos de la serie GTS-810A y GPT-8000A se convierten en sistemas TOPCON para *Una Sola Persona*. La serie GTS-810A consiste en cuatro modelos: GTS-811A, GTS-812A, GTS-813A y GTS-815A. Todos ellos tienen las mismas funciones y especificaciones, con precisiones angulares de 3 cc, 6 cc, 10 cc y 15 cc respectivamente.

La máxima velocidad de seguimiento del prisma es 10°/segundo, que es el doble de la velocidad de la antigua serie GTS-800A. El área alrededor



NUEVAS OPCIONES PARA LOS PROGRAMAS PROTOPO Y GPSAT

Siguiendo con su filosofía de trabajo, basada en el continuo desarrollo de sus productos y proporcionando al usuario las mejoras integradas en los programas en periodos de tiempo muy cortos (mensualmente), MICROGESA ha lanzado al mercado las nuevas opciones para sus programas PROTOPO y GPSAT.

PROTOPO (Programa de Cálculo Topográfico y Trazado Lineal de Carreteras)

ProtoPO ya está operativo para AutoCAD 2004, así como sus nuevas opciones de ámbito agrícola, catastral y topográfico.

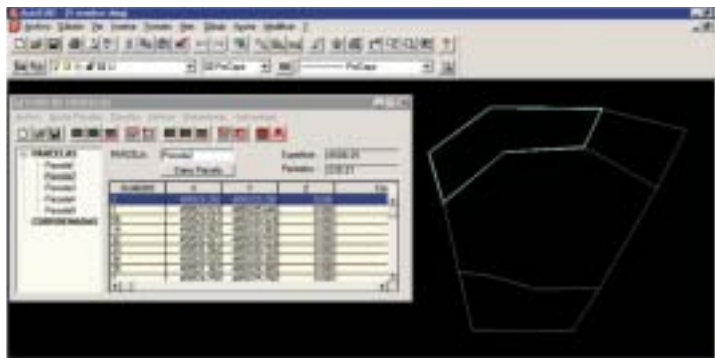
Se ha creado una nueva opción, *Gestor Parcelario*, con la que se pueden generar y estructurar parcelas a partir de polilíneas, líneas y puntos de Autocad. Esta nueva opción estructura las parcelas para calcular superfi-

cies y perímetros e incluye información adicional, para su posterior dibujo. La estructura es dinámica con AutoCAD y permite realizar desde operaciones sencillas, como medidas de superficies, hasta aplicaciones de división de parcelas en varias partes, siguiendo criterios geométricos (límite común, punto común, dirección común). Esta estructura sirve de base para futuras aplicaciones catastrales que los usuarios podrán ir adquiriendo posteriormente.

Con las nuevas modificaciones del *Gestor de Observaciones* o *Cálculo Topográfico*, se pueden confeccionar estadillos, informes elegantes, cálculos de poligonales, intersecciones mixtas, radiaciones, etc., controlando en todo momento las precisiones gracias a la librería de instrumentos que posee y que es personalizable y ampliable. Todos los datos topográficos están estructurados de tal manera que el usuario acceda de forma rápida y cómoda a los datos y a las herramientas.



El usuario ve en pantalla un bloque de AutoCAD que se va moviendo, atendiendo a la posición que le llega del GPS, todo en tiempo real. La principal utilidad del programa GPSat es la de realizar levantamientos batimétricos, levantamientos terrestres y replanteos en los que se necesite ver la cartografía en campo (tal como actualizaciones cartográficas).



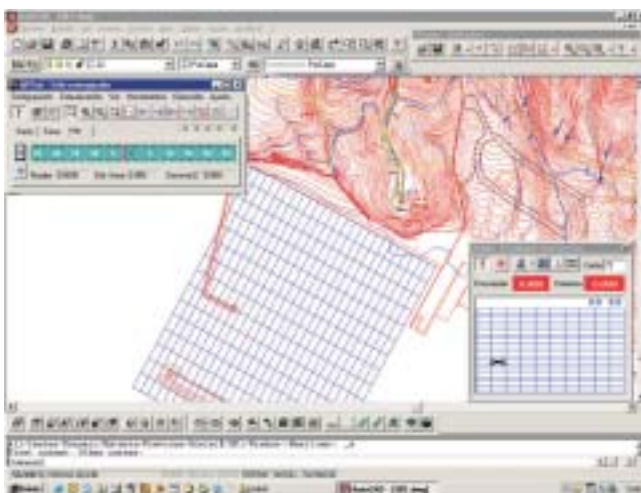
Con la aplicación complementaria GANGUIL, podremos recoger la posición de una o dos antenas GPS, posicionarlas mediante un bloque de AutoCAD (por ejemplo

También se han creado nuevas aplicaciones para los campos agrícola y medioambiental, incluidas en la opción de *Triangulación y Curvado*. Entre estas nuevas herramientas se encuentran *Volumen Dinámico sobre un Plano*, que permite calcular la cota o cotas que debe tener un plano horizontal o inclinado para que cumpla una condición de volumen (p.e., desmonte = terraplén, desmonte = 200.000 m³), utilizada para el cálculo de límites de vertederos, aprovechamiento máximo en el movimiento de tierras en un terreno agrícola, zona de inundaciones, etc.

Programa de ayuda para Obras Portuarias

GANGUIL es una aplicación complementaria a GPSat y que está integrada en Autocad. GPSat es un programa que se encarga de la comunicación con receptores GPS y demás instrumentos, como sondas o distanciómetros, y su representación en AutoCAD.

un barco), y proporcionamos toda la información para realizar los vertidos o dragados en la celda definida en nuestro proyecto. Esta aplicación contiene herramientas para la generación de la malla, dimensionamiento del barco y un control total en la navegación y posicionamiento del barco en la celda de la malla elegida para realizar el vertido. El programa proporciona unos informes, impresos o por pantalla, en los que se tiene controlada toda la información realizada del vertido (hora, posición real, posición teórica, material vertido, comentarios, etc.).



GPSat-GANGUIL funciona en cualquier PC o Portátil, bajo AutoCAD 14 o superior.

Para más información sobre estos productos, dirigirse a MICROGESA, C/ Jacometrezo 15, 4º, 28013, Madrid, Tfno. 91 5422471, Fax: 91 5741457, e-mail: info@microgesa.com, o visitar la página web www.microgesa.com

MOBILE MAPPER: NUEVO COLECTOR DE DATOS GIS BASADO EN GPS DE THALES NAVIGATION

Thales Navigation ha lanzado al mercado el receptor MobileMapper, un colector de datos portátil basado en GPS, para la adquisición de datos utilizados en Sistemas de Información Geográfica (SIG).



Con un coste de aproximadamente un tercio de los sistemas competitivos y sin embargo con una precisión de 2 a 3 metros, el MobileMapper ofrece la posibilidad de carga y descarga directa de datos, lo que se espera que aumente notablemente el número de usuarios que utilizarán este instrumento basado en GPS para la gestión de activos y generación de cartografía de campo. El MobileMapper permite a los usuarios localizar y describir los atributos, que se añaden a la base geográfica, para después pasar toda la información con facilidad y rapidez a un SIG.

El sistema MobileMapper está compuesto de dos elementos principales: El receptor portátil MobileMapper propiamente dicho y el programa MobileMapper Office, que se usa sobre un ordenador personal. El sistema está diseñado para poder gestionar una amplia gama de aplicaciones cartográficas y SIG, con el fin de facilitar el trabajo al personal de campo en los Gobiernos Locales, compañías de Telecomunicaciones y oficinas de recursos naturales, así como a otras empresas y organizaciones que desean mejorar la gestión y la producción cartográfica que afecta a sus actividades en el campo.

“Thales Navigation ofrece, en solitario, varias líneas completas de soluciones GPS tanto para usuarios en el campo del ocio como para profesionales de la topografía, cartografía y otros negocios”, comentó Neil Vancans, Director General de la Unidad de Negocios de Productos Profesionales de Thales Navigation. *“El MobileMapper combina toda nuestra experiencia como líderes industriales en los campos del deporte así como en los campos de topografía y cartografía para traer al mercado un producto específicamente diseñado para el mayor segmento del mercado de la adquisición de datos GIS; aquellos operadores que necesitan tomar y formatear datos SIG con precisión de 2 a 3 metros, pero que han estado limitados por el alto coste impuesto por la precisión. Esta limitación ha significado que este grupo de operadores no hayan tenido acceso a un eficiente colector de datos; han tenido que utilizar un navegador deportivo de bajo coste y totalmente*

inadecuado o bien un sistema de alta calidad que rompía su presupuesto”.

En oposición a los receptores GPS de uso deportivo, usados a veces para la toma de datos SIG, el MobileMapper es un sistema de toma de datos que elimina la entrada manual de información y permite la descarga directa, bien a través de una tarjeta de Datos Seguros (SSD) o a través de una conexión de puerto serie a la mayor parte de los Sistemas de Información Geográfica. Se espera que la posibilidad de descarga directa del MobileMapper reduzca a la mitad el tiempo exigido para entregar los datos al sistema SIG principal, comparado con el uso de navegadores GPS deportivos. Su capacidad para la adquisición de datos de forma sencilla y su transformación directa a datos digitales en tiempo real, permite a los usuarios registrar con facilidad los atributos de interés, así como distinguir entre diferentes capas de datos.

Su pantalla a todo color permite un claro visionado incluso bajo intensa luz solar. Además, el MobileMapper ofrece, también como parte del conjunto, una perfecta capacidad de navegación y referencia, muy fácil de usar, complementada con la posibilidad de cargar fácilmente cartografía de fondo de la mayor parte de Europa.

“El MobileMapper es muy fácil de usar y proporciona a los operadores un interfase muy simple y fácil de dominar. No hay nada en el MobileMapper que provoque una reserva por parte del usuario. Como el MobileMapper es no solamente asequible, sino fácil de usar, será particularmente atractivo a una amplia variedad de usuarios, incluso para aquellos para los que la toma de datos es una tarea ocasional y no una actividad a jornada completa” dijo Vancans. El MobileMapper permite un flujo de datos real bidireccional. No solamente puede ser usado para posicionar y describir nuevas características SIG (del campo a la oficina), sino que también permite actualizar la información previamente obtenida. Los operadores de campo equipados con MobileMapper cargados con los datos GIS apropiados, pueden navegar en el campo, actualizar los datos e identificar los obje-



tos, incluso los que cambian con el tiempo: por ejemplo, farolas fundidas y que tienen que ser remplazadas o atendidas, carreteras nuevas en una promoción, o nuevas cosechas (de la oficina al campo).

El programa MobileMapper Office es una herramienta lógica que, cargada en el PC, permite al receptor MobileMapper tomar o descargar datos a un Sistema de Información Geográfica. Permite la entrada de tareas SIG, incluyendo la creación de librerías de características y los

ficheros de puntos de paso, la confección de cartografía de fondo partiendo de datos tomados en el campo y la gestión de esta información. El programa MobileMapper Office importa y exporta datos SIG en diferentes formatos, ya sean SHP, DXF o MIF.

Para obtener más información sobre este producto, ponerse en contacto con Grafinta S.A., Avda. Filipinas, 46, 28003 Madrid, Tel.: 91 553 7207, Fax: 91 533 6282, E-mail: grafinta@grafinta.com

NUEVO RECEPTOR HIPER GGD GPS+GLONASS DE TOPCON



baterías internas, recargables de Lítio-Ion, permiten trabajar de forma continua durante 14 horas. Dispone de 40 canales.

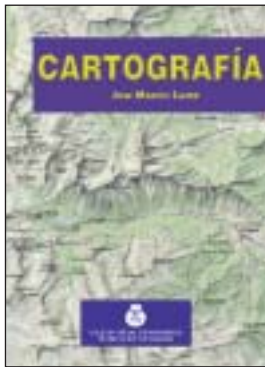
El equipo puede utilizarse, además de como equipo móvil en RTK, como equipo base en postproceso. Como todos los receptores TOPCON, está capacitado para recibir EGNOS. La controladora TOPCON FC-1000 y el programa TopSurv de topografía en Windows-CE, es posible utilizarlos indistintamente como controladora del receptor GPS+Hiper o como libreta de campo de las estaciones totales robotizadas para una sola persona de TOPCON.

TOPCON ha introducido el nuevo receptor Hiper GGD, un receptor GPS integrado, que incorpora receptor y antena con la tecnología de TOPCON GPS+. El sistema puede combinarse con la comunicación interna opcional RTK y la libreta de campo o controladora externa como la nueva TOPCON FC-1000. El receptor se rosca en un jalón, eliminando los cables y la mochila de los antiguos sistemas. La eliminación de los cables puede ser total utilizando la tecnología *bluetooth* (modelo Hiper+). GPS+ es la tecnología de posicionamiento global de TOPCON para seguimiento de las dos constelaciones (GPS L1+L2 y GLONASS). Esta tecnología elimina el tiempo perdido debido a una cobertura de satélites pobre o a las obstrucciones del cielo visible.

Dentro de las características del Hiper GGD están la opción de un radiomodem interno UHF (PDL) o un modem interno GSM y soporte de modem externo CDPD o GSM celular. Otras características incluidas son una interfase de cuatro luces que muestran el estado de los satélites captados, estado de las baterías, de la radio y del modo de grabación. La capacidad de almacenamiento de datos es de 96Mb. Opcionalmente, la actualización de posición en RTK puede alcanzar los 20Hz. Las



Libros Técnicos



Título: Cartografía
Autor: José Martín López

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



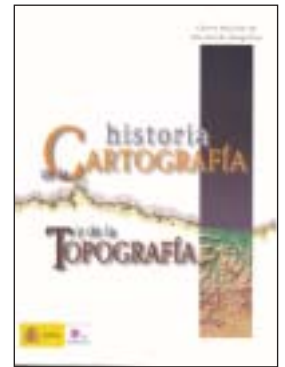
Título: Las series del mapa topográfico de España a Escala 1:50.000
Autores: Luis Urteaga y Francesc Nadal

21,03 € Ref.: 038



Título: Cartógrafos Españoles
Autor: José Martín López

27,10 € Ref.: 021



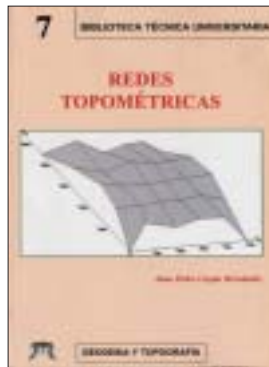
Título: Historia de la Cartografía y de la Topografía
Autor: José Martín López

41,60 € Ref. 039



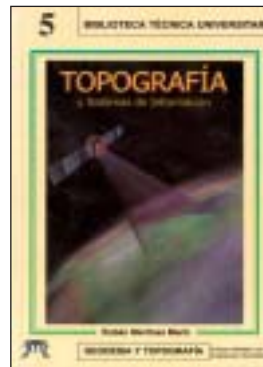
Título: Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital
Autor: José Luis Lerma García

43,34 € Ref. 5006



Título: Redes Topométricas
Autor: Juan Pedro Carpio Hernández

22,83 € Ref. 6008



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

18,10 € Ref.: 6006



Título: Fotogrametría analítica
Autores: Felipe Buill - Amparo Núñez - Juan José Rodríguez

11,54 € Ref.: 804



Título: Problemas de Fotogrametría I
Autor: José Lerma García

10,20 € Ref.: 5001



Título: Problemas de Fotogrametría II
Autor: José Lerma García

11,75 € Ref.: 5003



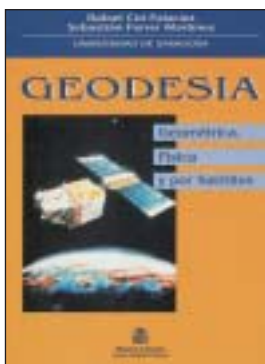
Título: Problemas de Fotogrametría III
Autor: José Lerma García

8,70 € Ref.: 5002



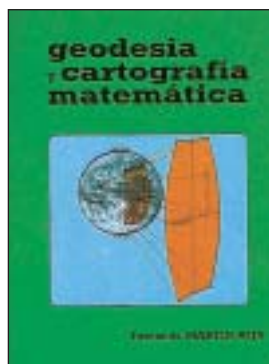
Título: Aerotriangulación: Cálculo y Compensación de un bloque fotogramétrico
Autor: José Lerma García

18,54 € Ref.: 5004



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

24,10 € Ref.: 030



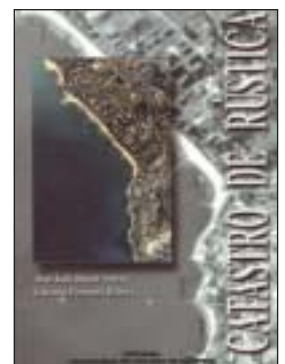
Título: Geodesia y Cartografía Matemática
Autor: Fernando Martín Asín

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

31,68 € Ref. 5005



Título: **Sistemas de Información Geográfica Prácticas con ArcView**
 Autores: N. Lantada Zarzosa y M. A. Núñez Andrés
19,00 € Ref. 803



Título: **Topografía de obras**
 Autor: Ignacio de Corral Manuel de Villena
25,00 € 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



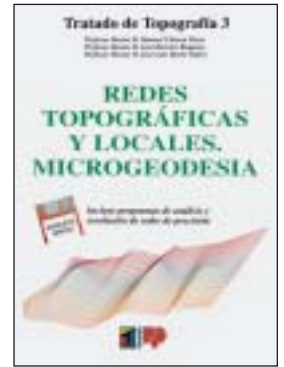
Título: **Introducción a las Ciencias que estudian la Geometría de la Superficie Terrestre**
 Autores: J.J. de San José, J. García y M. López
30,10 € Ref. 6001



Título: **Tratado de Topografía 1**
 Autores: M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné
42,10 € (36,10 € coleg.) Ref. 2001

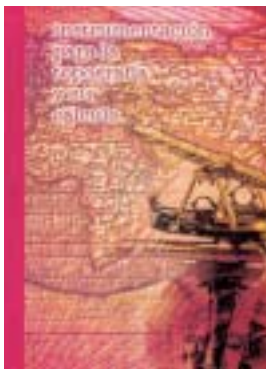


Título: **Tratado de Topografía 2**
 Autores: M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné
51,10 € (42,10 € coleg.) Ref. 2002



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: **Instrumentación para la Topografía y su cálculo.** Autor: Antonio Santos Mora
26,75 € (+CD por 33,70 €) Ref. 7001



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 CARTOGRAFIA

Avda. de la Reina Victoria, 66, 2.º C - 28003 Madrid
 Teléfono: 91 553 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 C/C: 2032-0037-50-3300010988

Remitir justificante de giro o transferencia.

NOTA: Estos precios son con IVA incluido.

Bibliografía

Atlas Nacional de España

Imagen y Paisaje

IGN

Madrid, 2002

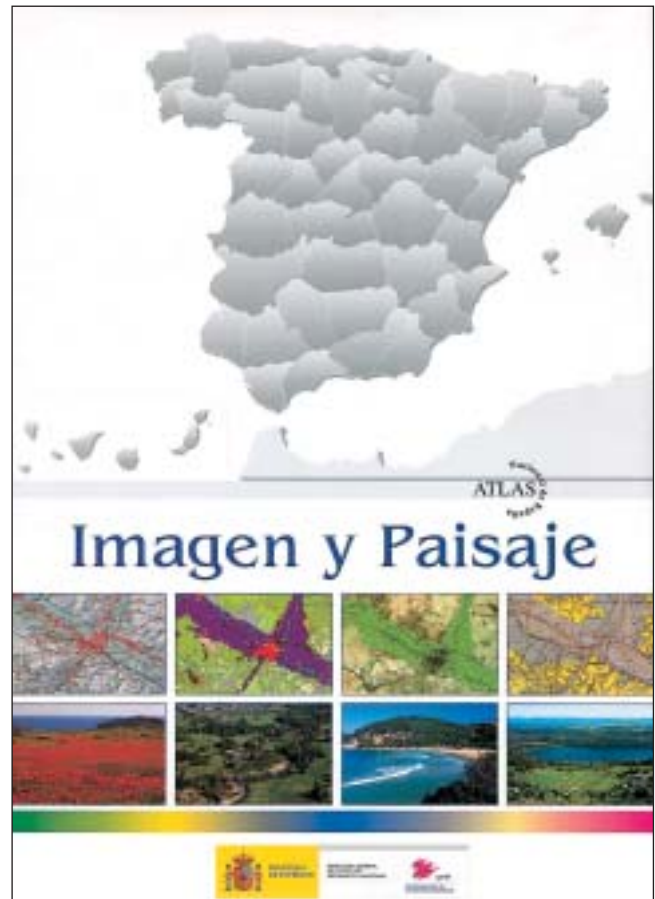
231 págs. 35,36 € (IVA incluido)

En 1986, por acuerdo del Consejo de Ministros se encomendó al Instituto Geográfico Nacional la realización del Atlas Nacional de España. Dicha obra, que fue culminada en 1993, se presentó en su momento en formato grande y compuesta por una serie de 47 cuadernillos independientes, agrupados en temas y con un total de más de 2.200 páginas.

Con el fin de satisfacer todos los sectores posibles de demanda de este producto, el IGN ha publicado ya en dos tomos y formato medio, el tema *El Medio Físico* de dicho Atlas Nacional de España, estando ambos a la venta y que en su momento fueron reseñados en esta revista (TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA, Vol. XVIII nº 103, marzo-abril 2001 y Vol. XIX nº 113, noviembre-diciembre 2002). Ahora hace su aparición el tercer tomo en formato medio del Atlas Nacional de España, titulado *Imagen y Paisaje*.

En este tercer tomo se hace una descripción de los paisajes de España, divididos por Comunidades Autónomas, profusamente ilustradas con fotografías. Igualmente, se estudia la Dinámica de Paisajes en cuatro capítulos, titulados: *Paisajes Rurales en Transformación*, *Grandes Obras Civiles en el Paisaje*, *Paisajes Construidos* y *Paisajes de Turismo*. Cada uno de estos capítulos estudia los diferentes paisajes característicos que se dan en España de cada tipo, ilustrándolo con fotografías aéreas tanto en color como en blanco y negro, que facilitan la comprensión del texto.

Los colaboradores de este tomo han sido: D. Josep Vicent Boira i Maiques y Dña. Ana Camarasa Belmonte (Universidad de Valencia), D. Miguel Panadero Moya (Universidad de Castilla-La Mancha), D. Valentín Cabero Diéguez (Universidad de Salamanca), D. Josep Maria Panareda i Clopes (Universidad de Barcelona), D. José Luis Calvo Palacios y D. Ángel Pueyo Campos (Universidad de Zaragoza), Dña. Emma Pérez-Chacón Espino y D. Luis Francisco Hernández Calvento (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria), Dña. Leonor de la Puente Fernández (Universidad de Cantabria), D. Antonio José Campesino Fernández (Universidad de Extremadura), D. Manuel Carbajo Ruiz (IGN), D. Fermín Rodríguez Gutiérrez y D. Rafael Menéndez Fernández



(Universidad de Oviedo), D. Alejandro Crespo Rodrigo (STMA de Soria), D. Eugenio Ruiz Urrestarazu y Dña. Rosario Galdós Urrutia (Universidad del País Vasco), D. Pere Salvá i Tomas (Universidad de las Islas Baleares), D. Eusebio García Manrique (Universidad de Málaga), D. José Sancho Comins y Dña. Elena Zapatero Cabañas (Universidad de Alcalá de Henares), D. José Luis González Ortiz (Universidad de Murcia), D. Fernando Vera Rebollo (Universidad de Alicante), Dña. Montserrat Villarino Pérez (Universidad de Santiago de Compostela), Dña. María Ángeles Lizarraga Lizaún (Universidad de Navarra), Dña. María José Viñals Blasco (Universidad Politécnica de Valencia), Dña. Asunción Martín Lou y D. Javier Martínez Vega (CSIC), D. Florencio Zoido Naranjo (Universidad de Sevilla).

La coordinación general y la producción han corrido a cargo del personal del Área de Cartografía Temática y Atlas Nacional de la Subdirección General de Producción Cartográfica del IGN.



TopCart 2004

**TOP
CART VIII** Congreso Nacional de
Topografía y Cartografía
19 a 22 de octubre 2004

Vida Profesional

CURSO ISTRAM/ISPOL EN LA DELEGACIÓN TERRITORIAL DE ANDALUCÍA



Asistentes al turno de mañana del curso ISTRAM/ISPOL

Dentro de las actividades organizadas por la Delegación Territorial de Andalucía en Sevilla, se ha celebrado, durante la primera semana de diciembre de 2003, un curso sobre el software de ingeniería civil **ISTRAM / ISPOL**, impartido por personal docente de Buhodra Ingeniería.

El curso tuvo una duración de 20 horas lectivas y se desarrolló en dos turnos, de mañana y tarde, de diez alumnos cada uno, disponiendo cada participante de un PC portátil y entregándose manual y diploma acreditativo a la finalización del mismo.

El nivel impartido ha sido de iniciación, con un primer módulo de Cartografía Digital y un segundo de Diseño de Obras Lineales, habiéndose superado las expectativas previstas, tanto por el número de solicitudes de inscripción, como por las muestras de apoyo de los alumnos participantes.



Asistentes al turno de tarde del curso ISTRAM/ISPOL



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS EN TOPOGRAFÍA

III Premio «San Isidoro» a Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica

El Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía convoca el Tercer Premio «San Isidoro» para Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica con la finalidad de reconocer y estimular el ingenio y la creación técnica entre los alumnos premiando los mejores proyectos del curso académico que se presenten de acuerdo a las siguientes bases:

1. Aspirantes

Podrán concurrir todos los Ingenieros Técnicos en Topografía que hayan presentado el Proyecto Fin de Carrera durante el año 2003 en cualquier Escuela de Ingeniería Técnica Topográfica de España.

2. Documentación, plazo y lugar de presentación

Para participar, los alumnos deberán presentar en la sede del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía (Avenida de Reina Victoria 66, 2.º C, 28003 Madrid), antes del 6 de febrero de 2004, la siguiente documentación:

- Una copia del Proyecto Fin de Carrera en soporte papel, copia fiel del presentado en su defensa en la Escuela
- Un resumen-artículo del Proyecto
- Hoja de Solicitud debidamente cumplimentada.

Una vez finalizado el proceso de valoración y concluido el Premio, los solicitantes podrán retirar del Colegio las copias de los proyectos presentados a concurso, exceptuando los premiados, que quedarán depositados en la biblioteca del Colegio.

3. Jurado

El jurado estará compuesto por:

- Presidente: El Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.
- Secretario: El Secretario del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.
- Vocales: Cinco vocales designados por la Junta de Gobierno del Colegio, representantes de los ámbitos de la Universidad, Empresa Privada e Instituciones Oficiales.

El fallo del jurado se dará a conocer antes del 15 de abril

4. Valoración

El premio estará sujeto a un baremo de 1 a 10 puntos según el cual se fijarán los criterios de valoración en los siguientes apartados:

- Creatividad y Originalidad del Proyecto
- Innovación tecnológica
- Rigor Técnico y Científico
- Viabilidad Técnica y Económica del Proyecto con la documentación aportada
- Presentación (memoria, modelos, programas informáticos...)
- Resultados obtenidos y aplicabilidad práctica o interés industrial en el área.

5. Premios

Se establecen tres premios para los ganadores, dotados económicamente con las siguientes cantidades:

Primer Premio:	1.500 €
Segundo Premio:	900 €
Tercer Premio:	450 €

Asimismo, a los profesores o tutores que hayan dirigido el Proyecto ganador se les hará entrega de una Placa Acreditativa.

La entrega de los Premios será pública y coincidirá con la celebración de la Fiesta de San Isidoro 2004 en Madrid.

6. Normas Complementarias

La participación en el Premio supone la plena aceptación de estas bases. El fallo del Jurado será inapelable, pudiendo declarar desierto cualesquiera de los tres premios que se otorgan, si así lo estima conveniente en función de la calidad de los Proyectos presentados. Cualquier incidencia no prevista en las presentes bases será resuelta por la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.

El jurado o el Colegio podrán requerir a los participantes en cualquier momento del proceso, la documentación acreditativa que se expresa en las bases.

Los trabajos premiados serán publicados en la Revista del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, *Topografía y Cartografía*, pudiéndose requerir de los autores la realización de las modificaciones en el artículo-resumen presentado que

ACTO CULTURAL EN LA DELEGACIÓN PROVINCIAL DE JAÉN

El pasado 22 de noviembre, organizada por la Delegación en Jaén del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, se llevó a cabo una visita guiada por las calles del antiguo barrio judío de Jaén. Este encuentro representa la primera actividad cultural de este tipo realizada por dicha Delegación, que para la ocasión congregó a un buen número de personas entre colegiados, familiares y amigos.

Para el desarrollo de la visita se contó con la colaboración de la Asociación Cultural IUVENTA, cuyo secretario, D. Rafael Cámara Expósito, ilustró, con sus documentadas explicaciones y curiosas anécdotas, el recorrido por la Judería de Jaén.



Finalizada la visita y como agradecimiento, el delegado Provincial, D. Antonio Castillo, hizo entrega a la Asociación Cultural IUVENTA de una placa conmemorativa de este encuentro.

Como colofón a esta interesante jornada, se sirvió un ágape en la sede de la Peña Flamenca, local con solera del Casco Antiguo de la ciudad de Jaén. Los numerosos asistentes mostraron su satisfacción al tiempo que se interesaron por la continuidad en la celebración de este tipo de actos culturales y de sana convivencia.

El Delegado Provincial del COITT en Jaén, D. Antonio Castillo, haciendo entrega de la placa conmemorativa al Presidente de la Asociación Cultural IUVENTA, D. Rafael Cámara

Los asistentes al acto degustando una copa de vino en los salones de la Peña Flamenca de Jaén



MANIFIESTO DEL INSTITUTO DE INGENIEROS TÉCNICOS DE ESPAÑA (INITE) SOBRE LA INTEGRACIÓN DEL SISTEMA UNIVERSITARIO ESPAÑOL EN EL ESPACIO EUROPEO DE FORMACIÓN SUPERIOR (EEES)

El Instituto de Ingenieros Técnicos de España (INITE), en su condición de entidad representativa de la Ingeniería Técnica y la Arquitectura Técnica, que agrupa al colectivo más numeroso de las profesiones técnicas estatales, reitera su apoyo pleno al Documento Marco presentado en el mes de febrero por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD), en el cual se recogía el respaldo a su contenido de todas las profesiones que integran la Ingeniería Técnica y la Arquitectura Técnica, y lamenta la erosión que viene sufriendo el mismo con los sucesivos borradores de proyectos de titulaciones de grado y postgrado.

La respuesta de la mayor parte de las Entidades Profesionales y de la propia Universidad al Documento Marco ha sido también favorable, lo cual lleva a la consideración de que la filosofía, líneas de actuación y acciones específicas previstas en el mismo cuentan con un apoyo mayoritario de quienes tienen responsabilidades en la formación superior y la tutela del ejercicio profesional.

El MECD hizo público en su día el calendario para el desarrollo normativo de la Ley Orgánica de Universidades (LOU), que preveía la elaboración de un conjunto de Reales Decretos que habrían de regular los aspectos específicos de la adaptación de nuestro sistema universitario al Espacio Europeo de Formación Superior (EEES). Aquel calendario se ha venido cumpliendo hasta la fecha, de tal forma que durante el mes de octubre se publicaron en el Boletín Oficial del Estado (BOE) algunos Reales Decretos, como los relativos al suplemento al título, sistema de créditos europeos, condiciones para la declaración de equivalencia de títulos, etc.

En el marco de ese proceso normativo, la Ministra de Educación y Cultura dio a conocer el 3 de junio de 2003 los borradores de otros proyectos de Reales Decretos, entre ellos los referidos a la estructura de las enseñanzas universitarias y la formación de Grado, y el de estudios universitarios de Postgrado. Respecto a aquellos borradores, el INITE presentó en la audiencia concedida el 24 de julio de 2003 por el Secretario de Estado de Educación y Universidades una propuesta de redacción alternativa de diversos artículos, que incidía en la participación de las Organizaciones Colegiales en la definición de los perfiles profesionales y en la evaluación de la calidad de la formación.

Durante el mes de septiembre se elaboraron por parte del MECD nuevos borradores que modificaron sustancialmente los de junio. Así, se eliminó la correspondencia entre el nivel de formación de Grado y los títulos de Ingeniero, Licenciado y Arquitecto, y se devaluó la definición de los criterios sobre troncalidad, tanto en lo referente al concepto mismo como a los porcentajes mínimos exigibles de materias troncales.

Los borradores de septiembre han sido objeto de una nueva modificación realizada el pasado 15 de octubre, en la cual se incluyen nuevos conceptos que introducen incertidumbre. De ello es muestra la inclusión en uno de los proyectos de Real Decreto de la posibilidad de elaboración por parte del Gobierno de directrices generales para "algunos" tipos de master, así como la posibilidad de dotarles de competencias profesionales.

El resultado final de estas modificaciones sucesivas es un proyecto normativo que entra en contradicción con los borradores elaborados en junio y con el propio Documento Marco, generando dudas sobre el sistema de implantación de la nueva estructura de la educación superior y las nuevas titulaciones. En ese sentido, debe subrayarse que las normas sobre correspondencia entre nivel de formación y título adolecen de vaguedad e imprecisión, lo cual da pie a diversas especulaciones y a que desde las entidades afectadas, surjan planteamientos divergentes sobre las características de los niveles y títulos y su trascendencia para el ejercicio profesional. Planteamientos que en ocasiones son radicalmente contrarios a la integración de nuestro sistema universitario en el EEES.

Al respecto de lo anterior, desde el INITE se quiere trasladar a la Administración y la Universidad la posición común de este Instituto y de todas y cada una de las corporaciones integradas en el mismo, que se condensa en los puntos del siguiente manifiesto:

1º- El INITE coincide con el MECD en que la integración del Sistema Universitario Español en el EEES lleva implícito un cambio en la estructura de la educación, que necesariamente deberá adaptarse a los criterios de la Declaración de Bolonia. Así lo corroboró el propio Ministerio mediante el establecimiento de los niveles de Grado y Postgrado en el Documento Marco.

- 2º- El INITE comparte con el MECD, en este momento, la consideración de que los instrumentos esenciales para lograr la integración de nuestro sistema universitario en el EEES son los Reales Decretos de estructura que se concreten en los de formación de Grado y Postgrado.
- 3º- El actual sistema de formación de carreras técnicas en la Universidad española presenta una estructura y unos perfiles académicos que hacen ineludible acometer su reforma en función de nuevos títulos cuyos perfiles cumplan las condiciones de compatibilidad, equiparabilidad y transparencia entre los países de la Unión Europea y con los niveles de competitividad y excelencia que exigen el avance tecnológico y las necesidades de la demanda económica e industrial.
- 4º- Para alcanzar con éxito la integración de nuestro sistema en el EEES (y concretamente de la formación técnica), es necesario que las normas que regulen la estructura (Reales Decretos de Grado y Postgrado) especifiquen de forma concreta la correspondencia entre nivel de formación y título, la obligatoriedad de que los nuevos perfiles cumplan las condiciones de compatibilidad, equiparabilidad y transparencia, y la definición precisa de las competencias profesionales que deberán otorgarse mediante la normativa correspondiente.

El INITE juzga imprescindible recalcar que el nivel competencial en el grado, ha de ser único y pleno para cada perfil profesional.

- 5º- El INITE considera que la formación de Grado para las titulaciones técnicas debe articularse necesariamente en 240 créditos y contar

con una troncalidad mínima del 75%, para así garantizar su reconocimiento a nivel europeo y facilitar la movilidad de alumnos, profesores y profesionales.

- 6º- El INITE estima que es necesario contemplar en los Reales Decretos de Grado y Postgrado la intervención de los Colegios Profesionales en la elaboración de los perfiles profesionales que determinarán los perfiles académicos, así como su participación en la evaluación de la calidad de la formación, de conformidad con lo establecido en las normas reguladoras de dicha evaluación.
- 7º- El INITE considera que la educación de Postgrado debe articularse en función del criterio de especialización académica en un área concreta, y con la flexibilidad suficiente para que las universidades puedan desarrollar diferentes ofertas formativas de aquel nivel, en función de la demanda y de las posibilidades de que dispongan.

Asimismo, estima que la inclusión de directrices generales en algunos tipos de master (de una formación lectiva tan corta) puede fomentar la especulación acerca de la posible dualidad de niveles competenciales, contribuyendo así a una desnaturalización de la esencia misma del master de especialización. No deberán existir competencias específicas en el master.

- 8º- Las propuestas que puedan surgir sobre formación de Postgrado en las comisiones de estudio de cada universidad deberán contar con la participación de los Colegios Profesionales y ser aprobadas por el MECD.

Madrid, 18 de noviembre de 2003

NECROLÓGICA



El pasado 11 de diciembre falleció en Ciudad Real el I. T. en Topografía D. Antonio Plaza Moreno, a los 76 años de edad.

Aquellos que tuvieron la suerte de tenerlo como compañero pudieron apreciar la grandeza de su corazón, que llegaba a todos los rincones.

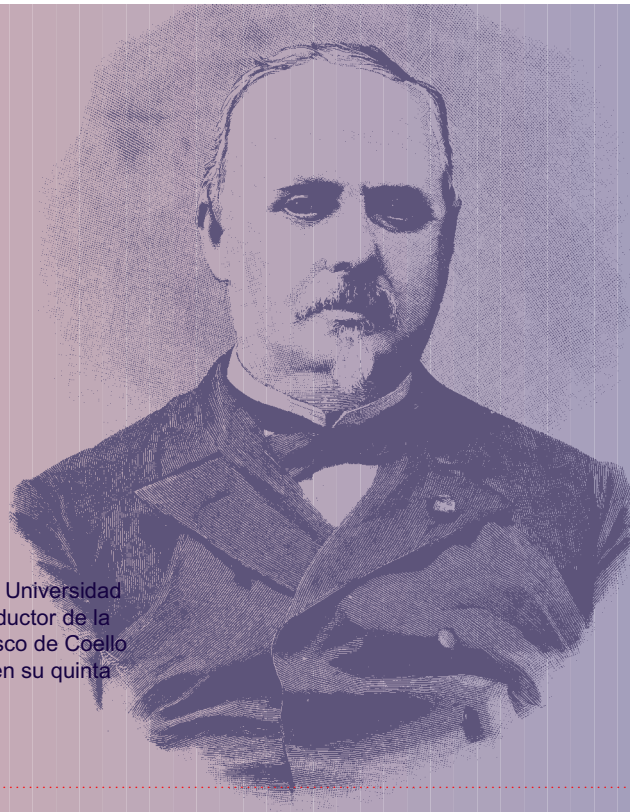
Desde estas páginas queremos transmitir a sus familiares las condolencias de todo el colectivo de I.T. en Topografía.



CONVOCADO POR LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

V PREMIO NACIONAL FRANCISCO COELLO

Para proyectos fin de carrera en el ámbito
de la cartografía y ciencias afines



El Vicerrectorado de Extensión Universitaria y la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén convocan en honor de D. Francisco Coello de Portugal y Quesada, introductor de la cartografía moderna en España y fructífero cartógrafo, el «Premio Nacional Francisco de Coello para Proyectos Fin de Carrera en el ámbito de la Cartografía y Ciencias Afines», en su quinta edición, según las siguientes bases:

ÁMBITO

El ámbito del concurso alcanza a toda la comunidad universitaria nacional. Podrán participar los alumnos de Escuelas Técnicas y Escuelas Técnicas Superiores que hayan acabado sus estudios desde el año 2001 hasta la fecha y que hayan desarrollado Proyectos Fin de Carrera relacionados con la Cartografía (Cartografía, Geodesia, Topografía, Fotogrametría, Sistemas de Información Geográfica, Teledetección, Instrumentación, etc.).

PRESENTACIÓN

El documento a presentar al Concurso será el que sirvió de base para alcanzar la calificación correspondiente. El texto presentado deberá estar redactado en castellano. La memoria del citado documento se presentará escrita en formato DIN-A4 y los documentos gráficos, en su caso, a la escala adecuada y en un anejo propio. El documento que se presente podrá llevar el nombre del autor, lugar de procedencia, tutoría, la escuela o cualquier dato aclaratorio que figurase en el original.

PREMIOS

Se establecen dos modalidades. En la primera concursarán aquellos Proyectos que han servido para la obtención de un título de grado medio y en la segunda concursarán aquellos Proyectos que han servido para la obtención de un título de grado superior. Se establece para cada modalidad un premio con una dotación económica de 900 euros así como diversa bibliografía, bases cartográficas digitales, equipamiento informático e instrumentación, aportados por las entidades colaboradoras. (1) El tribunal podrá decidir la concesión de cualquiera de ellos a más de un concursante, cuyo caso, el premio será repartido entre los ganadores. Los premios se otorgarán a los Proyectos, con independencia del número de alumnos autores.

CERTIFICADOS

Todos los participantes recibirán un certificado de participación.

PLAZO

El plazo para la presentación de los documentos finalizará a las 14 horas del día 26 de febrero de 2004.

JURADO

El premio será fallado por dos jurados, uno por modalidad, compuesto cada uno de ellos por cinco miembros, nombrados entre los profesores universitarios y profesionales reconocido prestigio en el mundo de la Cartografía.

FALLO

El resultado del concurso se hará público el día 10 de marzo de 2004. La entrega de premios se llevará a cabo el día 17 de marzo de 2004, en la Universidad de Jaén. El fallo del jurado será inapelable.

PROCEDIMIENTO

- Todos los interesados que cumplan los requisitos del concurso podrán participar en él, remitiendo sus Proyectos a la dirección que se indica en la última Base.
- En el concurso no podrán participar aquellos Proyectos premiados en ediciones anteriores.
- Los trabajos se presentarán junto con un sobre cerrado, en cuyo interior deberá contener la identificación completa del concursante (nombre, dirección y número de teléfono de contacto) y una fotocopia del Título o, en su defecto, del resguardo haber solicitado su expedición.
- Antes de la fecha límite para la presentación de documentos se dará a conocer la configuración del tribunal definitivo que habrá de evaluar los proyectos. Una vez evaluados los proyectos y levantada acta de dicha evaluación, se comunicará por la web de la Universidad de Jaén el resultado de la misma y se les notificará a los ganadores para asistir al acto público de entrega de los premios.
- Todos los originales premiados pasarán a engrosar los fondos de la Biblioteca de la Escuela Politécnica Superior de Jaén. La participación en el Concurso implica la aceptación expresa de estas Bases.

COMUNICACIONES

Dirección para las comunicaciones, remisión de los documentos y cualquier tipo de consulta aclaratoria.

Premio Francisco Coello

Escuela Politécnica Superior • Avda. de Madrid, 31 • 23071-Jaén
Tlf. 953-002424 / 953-002401 • Fax: 953-012343 • eps@ujaen.es

PREMIOS

Los premios aportados por las entidades colaboradoras son:

- CNIG-IGN: 1 BCN y bibliografía
- A-2 INFORMÁTICA JAÉN: 300 euros en material informático
- LEICA GEOSYSTEMS- GIS & MAPPING, S. L.: Software
- LEICA-GEOSYSTEMS 2 metros Láser
- INSTITUTO CARTOGRAFICO VALENCIANO: 1 Colección de hojas temáticas, ortofotos y planos
- INTERGRAPH: Licencias de Geomedia
- INSTITUTO CARTOGRAFICO DE ANDALUCIA: Una BCN y bibliografía.
- CONCEJALÍA DE URBANISMO DEL EXMO. AYTO. DE JAÉN: 2 aportaciones de 150 euros.

Organiza:



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Patrocinan:



CAJA DE JAÉN
QUE PROMUEVE DE BIENES DE JAÉN

Colaboran:



JUNTA DE ANDALUCÍA

Centro Nacional
de Información
Geográfica



INTERGRAPH
Mapping and GIS Solutions



Gerencia Municipal



Instituto Cartográfico



Leica
Geosystems

Índices

Volumen XIX-2002

Número 114 (enero-febrero 2003)

- Estudio de los efectos atmosféricos sobre el Radar de Satélite de Apertura Sintética SAR. Mediciones en regiones tropicales. *Z.W. Li, X.L. Ding, G.X. Liu, Y.Q. Chen, Z.L. Li y J.J. Zhu.* Pág. 4.
- Hojas Kilométricas: Catastro inacabado de Madrid. Imágenes del Pasado con todo el futuro por delante. *Jesús Sastre Domingo.* Pág. 14.
- Definición y ejecución de Sistemas de Referencia Altimétricos. La solución europea EVRS/EVRF 2000. *Wolfgang Augath y Johannes Ihde.* Pág. 27.
- Una propuesta para la nueva docencia de la Fotogrametría en la Ingeniería Cartográfica. *Manuel Álvarez-Claro Irisarri, Javier Gómez Lahoz, Diego González Aguilera, Teresa Mostaza Pérez y Carlos Pérez Gutiérrez.* Pág. 35.
- Datos facilitados por el Observatorio Astronómico Nacional. Pág. 43.
- Informe sobre el posible intrusismo de los Técnicos Superiores en Desarrollo de Proyectos Urbanísticos y Operaciones Topográficas. *Gonzalo Rodríguez Mourullo.* Pág. 50.
- Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Centro Universitario de Mérida (Universidad de Extremadura). Pág. 58.
- Novedades Técnicas. Pág. 63.
- Bibliografía. Pág. 67.
- Vida Profesional. Pág. 70.

Número 115 (marzo-abril 2003)

- Ampliación del Metro de Madrid-Metrosur: Controles Topográficos a efectuar durante la ejecución de los túneles y montaje de vías. *José Manuel Granado López.* Pág. 4.
- Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Universitaria Politécnica de Barcelona (Universidad Politécnica de Cataluña). *M. Amparo Núñez Andrés.* Pág. 10.

- Microgeodesia y Redes Locales de Alta Precisión. RedTop: Una solución informática. *José Luis Berné Valero, Sergio Baselga Moreno y Ana Anquela Julián.* Pág. 16.
- Algoritmo de implementación del Método de Burns para la extracción de líneas rectas. *Ana García de Vicuña Ruiz de Argandoña.* Pág. 28.
- ¿Cuánto les cuesta a los estadounidenses el no disponer de un Sistema de Información Territorial público? *Bengt Kjellson.* Pág. 33.
- Algoritmo de Segmentación de Imágenes basado en texturas. Aplicaciones Cartográficas. *Tomás J. Rubio Campos y Juan J. Ruiz Lendínez.* Pág. 40.
- Fórmulas del Índice de Refracción de las Ondas de Radio. *Jean M. Rüeger.* Pág. 44.
- La influencia española en la Cartografía y la Topografía de América. *Roy Minnick.* Pág. 54.
- Estudio de las tuneladoras y de los sistemas de guiado, con aplicación en diversos túneles, y control dimensional de una tuneladora (y III). Control Dimensional del Escudo de una Tuneladora. *Marc Martí Cardona.* Pág. 59.
- Novedades Técnicas. Pág. 62.
- Vida Profesional. Pág. 66.
- Bibliografía. Pág. 71.

Número 116 (mayo-junio 2003)

- Georreferenciación GPS/INS de Imágenes Aéreas adquiridas con Escáneres Rotacionales: Ejemplo práctico y resultados. *Cristina Portales y José Luis Lerma.* Pág. 4.
- Construcción: Un laberinto de Riesgos y Responsabilidades. *Jesús García Rolo.* Pág. 12.
- Características Físicas de Fincas Rústicas en el Registro de la Propiedad. *Carmen Femenia Ribera.* Pág. 22.
- Determinación de altitudes mediante GPS: Precisión con respecto a diferentes modelos del Geoide en Suecia. *Stig-Göran Martensson.* Pág. 32.
- El balneario terapéutico. *Adolfo Pérez Heras.* Pág. 40.
- Elaboración de un Mapa Topográfico, Temático y Excursionista de Morella. *Pau Fuster Pujig.* Pág. 43.

- Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (Universidad Politécnica de Valencia). *Manuel Chueca Pazos, Francisco García García e Israel Quintanilla García*. Pág. 58.
- Novedades Técnicas. Pág. 70.
- Bibliografía. Pág. 74.
- Vida Profesional. Pág. 76.

Número 117 (julio-agosto 2003)

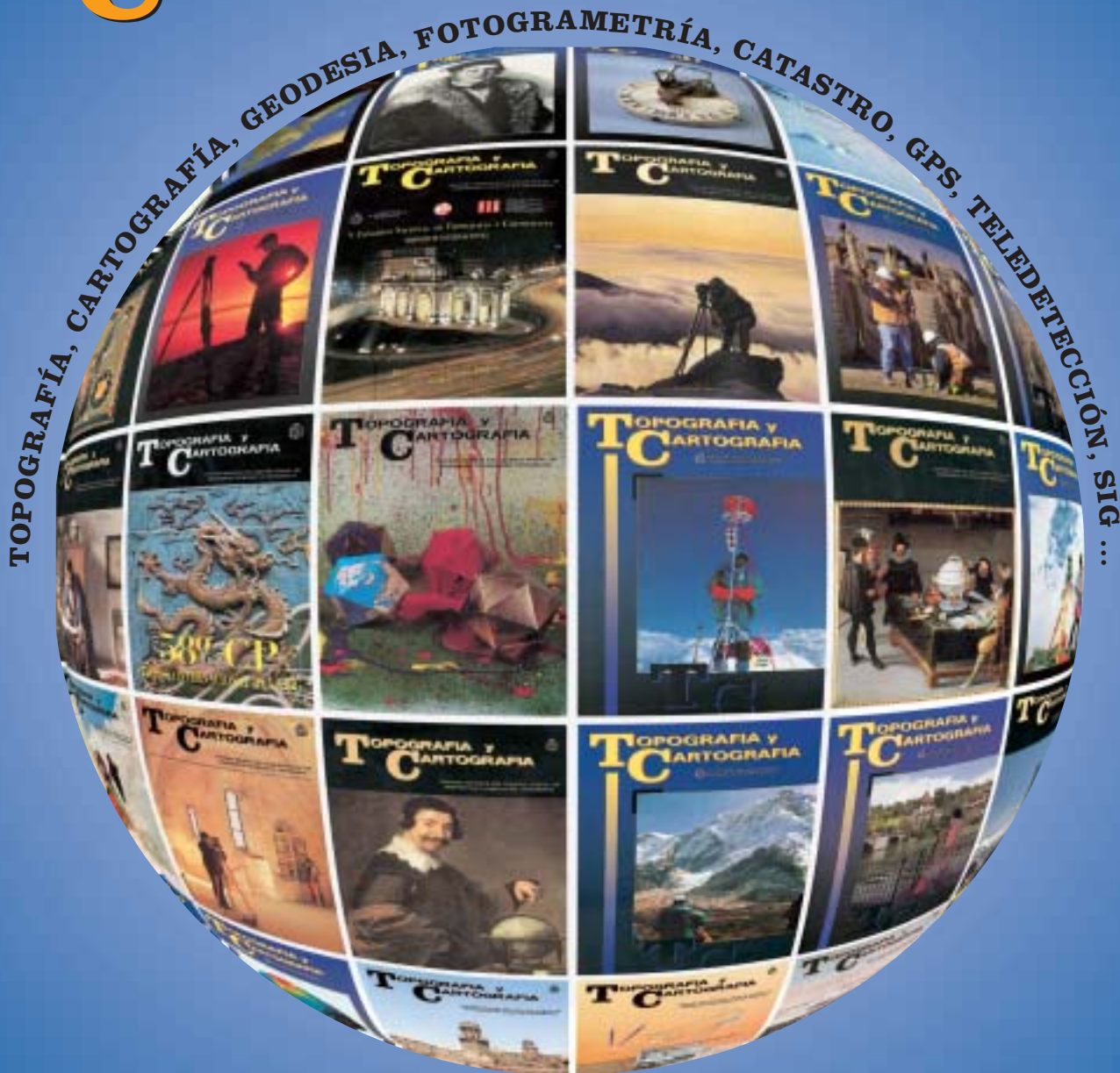
- Atlas de Historia Antigua: Desarrollo de una herramienta docente multimedia adaptable tanto a soportes de ámbito local (CD/Intranet) como general (Intertnet). *David Jiménez Espartero y Javier Moya Honduvilla*. Pág. 4.
- Sistema de Información Geográfica para la poda del arbolado en la ciudad de Valencia. *José Luis Berné Valero, Antonio Samo Lumbreras, Jesús Olivares Belinchón y Rosa Elena Aragonés*. Pág. 15.
- La implantación de la Banqueta de Hormigón en el túnel Zurich-Thalwil. *Ralph Graus, Hilmar Ingensand y Eliseo Pérez-Dueñas*. Pág. 22
- Método de Posicionamiento Cinemático en Tiempo Real (RTK): Fiabilidad y Aplicaciones. *Adriá Batet López, Carlos García Gómez y Sergio González López*. Pág. 30.
- Control y seguimiento del estado del instrumental topográfico del Centro Universitario de Mérida. Aplicación de normativas de verificación de la exactitud instrumental. *M^a Eugenia Polo García, José Antonio Gutiérrez Gallego, José Manuel Nogales Galán, Alonso Sánchez Ríos y Pablo Parejo Texeira*. Pág. 40.
- Investigación del uso de la Normal Elipsoidal para modelar la línea de plomada en un Catastro milimétrico. *Carlton A. Brown*. Pág. 45
- Comprobación de Niveles Digitales. *Hilmar Ingensand*. Pág. 51.
- Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica (Universidad Politécnica de Madrid). *Nicolás Serrano Colmenarejo, Juan Prieto Morín y Mercedes Farjas Abadía*. Pág. 56.
- Vida Profesional. Pág. 68.

Número 118-119

(septiembre-octubre-noviembre-diciembre 2002)

- Carta del Decano. Pág. 3.
- Elementos auxiliares en Fotogrametría de Objeto Cercano. *José Manuel Valle Melón, Ane Lopetegui Galarraga, Amaia Mesanza Moraza y Álvaro Rodríguez Miranda*. Pág. 4.
- Nivelando sobre el puente de Öresund con precisión milimétrica. *Jean Marie Becker*. Pág. 10.
- Empleo de Imágenes Piramidales. *Benjamín Arias Pérez*. Pág. 15.
- Mapas Antiguos y Leyendas Modernas. *José Martín López*. Pág. 26.
- Método basado en la estadística χ^2 para comprobar que el ajuste de bordes de mapas y diagramas de zonas adyacentes sea satisfactorio. *Panos Lolonis*. Pág. 35.
- Un bólido en dos palabras. *Antonio Cepeda García*. Pág. 46.
- Los nuevos niveles digitales DNA03 y DNA10 de Leica. *Felix Schneider y David Nixon*. Pág. 48.
- Correcciones por Efecto de Marea de Observables Geodésicos y Gravimétricos de Alta Precisión. *A. Martín Furones, A. B. Anquela Julián y J. Padín Devesa*. Pág. 56.
- Nueva metodología para realizar el Alta Gráfica Catastral de Urbana de un Proyecto Fin de Obra. *Fernando Cruz Sánchez y Gaspar Mora Navarro*. Pág. 65.
- Bolonia ¿Y después de la titulación? *Javier Gómez Lahoz*. Pág. 69.
- Nuevo método, basado en Redes Neuronales, para obtener la Altitud Normal a partir de la Altitud GPS. *Wusheng Hu, Yuedong Kong, Yongfeng Deng y Shanlong Luang*. Pág. 79.
- SIG de las Cuevas y Simas del Parque Natural del Garraf. *Carlos Matamala y Rafael Fibla*. Pág. 85.
- Estimación del Contenido Total de Electrones Ionosférico (TEC) mediante observaciones GPS bifrecuencia en el Suroeste de Europa. *A. Javier Raimundo Valdecantos*. Pág. 96.
- Novedades Técnicas. Pág. 102.
- Bibliografía. Pág. 108.
- TOP-CART 2004 VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía. Pág. 109.
- Vida Profesional. Pág. 110.

TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

SI DESEA ESTAR AL DÍA Y TENER INFORMACIÓN MUNDIAL SOBRE TOPOGRAFÍA, CARTOGRAFÍA, CATASTRO, GEODESIA, FOTOGRAMETRÍA, GPS, etc., suscríbase

El precio de la suscripción para el año 2004 es de:

Correo ordinario

España.....	33 €	<input type="checkbox"/>	45 €	<input type="checkbox"/>	
Países C.E.E.....	46 €	<input type="checkbox"/>	67 €	<input type="checkbox"/>	
América.....	46 €	<input type="checkbox"/>	74 €	<input type="checkbox"/>	(con suplemento aéreo)
Otros países.....	48 €	<input type="checkbox"/>	75 €	<input type="checkbox"/>	(con suplemento aéreo)

Correo certificado

Estudiantes (remitir justificante de estar matriculado en el curso 2003-2004) 27 €

NOMBRE Y APELLIDOS.....

DIRECCIÓN....., POBLACIÓN.....

PROVINCIA....., CÓDIGO POSTAL....., PAÍS....., TEL. CONTACTO.....

Adjunto cheque o justificante de giro transferencia para la suscripción del año 2004.

c/c n.º 1098-8.- CAJA DE AHORROS PROVINCIAL DE GUADALAJARA-Alcalá, 27 - 28014 MADRID

Remítase este Boletín a **Topografía y Cartografía**. Avenida Reina Victoria, 66, 2.º C - 28003 MADRID - Tel. 91 553 89 65 - Fax 91 533 46 32 - E-mail: topografiaycartografia@top-cart.com

Índice Comercial de Firmas



AL-TOP
TOPOGRAFIA, S.A.
TOPO CENTER®
ALQUILER Y VENTA DE
INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS

SERVICIO TÉCNICO OFICIAL DE:



www.al-top e-mail: al-top@al-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



BERDALA
INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS
Y GEODÉSICOS
SERVICIO TÉCNICO

Balmes, 6 08007 BARCELONA
Tel. 93 301 80 49 Fax 93 302 57 89
e-mail: berdala@berdala.com
www.berdala.com



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**
Geosystems

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: info@santiagoocintra.es



Grafinta
SOCIEDAD ANÓNIMA
Distribuidor en España

PENTAX•ASHTech•THALES•ROLLEI
Topografía, GPS, Fotogrametría, Hidrografía
Avda. Filipinas, 46 - 28003 MADRID
Tel. 91 553 72 07 - Fax 91 533 62 82
E-mail: grafinta@grafinta.com
<http://www.grafinta.com>

ACRE

Alquiler y venta G.P.S.
Instrumentos Topográficos

Autovía Madrid-Toledo
925-490839 617 326454 
www.acre-sl.com Geosystems



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@araxis.es



LASER RENT

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

Ningún equipo
está completo, sin un
buen

GUÍA

Mapas Guía, Series Turísticas
y Espacios Naturales del...

cnig

CENTRO NACIONAL
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



Y además...

Mapa Topográfico Nacional a escalas 1:25.000 y 1:50.000,
Mapas Provinciales a escala 1:200.000, Cartografía Digital,
Mapas Autonómicos, Mapas Serie World, Teledetección,
Fotografía Aérea, Atlas Nacional de España, Mapas en Relieve,
Cartografía Histórica, Libros, etc.

Oficina central: Monte Esquinza, 41 - 28010 MADRID
Comercialización: General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13
e-mail: consulta@cnig.es • webmaster@cnig.es
<http://www.cnig.es>